UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP – DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

“Produção e distribuição temporal de néctar em área de regeneração de cerrado: implicações na polinização e estrutura de comunidade de abelhas”

Elisa Pereira Queiroz

**Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como
parte das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA**

Ribeirão Preto – SP

2015

Elisa Pereira Queiroz

“Produção e distribuição temporal de néctar em área de regeneração de cerrado: implicações na polinização e estrutura de comunidade de abelhas”

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA

Orientador (a): Profa. Dra. Cláudia Inês da Silva

Ribeirão Preto – SP

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Queiroz, Elisa Pereira

Produção e distribuição temporal de néctar em área de regeneração de cerrado: implicações na polinização e estrutura de comunidade de abelhas. Ribeirão Preto, 2015.

70 p. il.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: ENTOMOLOGIA.

Orientador (a): Silva, Cláudia Inês.

1. Espécies nectaríferas. 2. Produção de néctar. 3. Abelhas. 4. Deposição polínica. 5. Cerrado. 6. *Display* floral. 7. Interação.

Nome: Queiroz, Elisa Pereira

Título: Produção e distribuição temporal de néctar em área de regeneração de cerrado:
implicações na polinização e estrutura de comunidade de abelhas

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Ciências, Área: Entomologia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____

Parecer: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____

Parecer: _____

Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____

Instituição: _____

Parecer: _____

Assinatura: _____

Ribeirão Preto _____ de _____ 2015.

**Dedico este trabalho aos meus queridos avós
Maria, Esmeraldino, Adalto (*in memorian*) e
Ieda pelos exemplos de simplicidade, gratidão,
perseverança e bom caráter.**

Agradecimento

À minha querida orientadora Profa. Dra. Cláudia Inês da Silva, pela dedicação, ensinamentos, constante estímulo e aconselhamento;

Ao Prof. Dr. Alípio Pacheco Filho, pela parceria e grande auxílio nas análises estáticas;

Ao Sr. Jair Rodrigues, pela dedicação, ensinamentos e companhia durante as coletas em campo;

Ao Dr. Sidnei Mateus, pelo grande auxílio na identificação das espécies de abelhas;

A todos os especialistas que contribuíram para a identificação das espécies de plantas encontradas na Estação Ecológica de Jataí: Prof. Dr. Milton Groppo (revisão), Profa. Dra. Lucia Garcez Lohmann (Bignoniaceae), Prof. Dr. Alessandro Rapini (Apocynaceae), Prof. Dr. Haroldo Cavalcante de Lima (Fabaceae);

Ao Dr. Edson Montilha de Oliveira, gestor da Estação Ecológica de Jataí, pela atenção e colaboração;

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Garófalo, coordenador do laboratório de Palinoecologia, onde pude realizar minhas análises;

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP, pelas facilidades oferecidas;

Aos funcionários do Departamento de Biologia da FFCLRP/USP, em especial: Renata e Vera pela disposição em ajudar e esclarecer as dúvidas sempre que possível;

Ao programa de Pós-Graduação em Entomologia e seus Profs., pelas ótimas disciplinas cursadas e pelo aprendizado;

À Kátia, Maurício e Letícia, pela troca de experiências e por terem me acolhido no laboratório.

Aos queridos amigos e companheiros de Pós-Graduação, em especial: Maria Juliana, Annelise, Reinanda, Fábio, Juliana, Thiago, Morgana, Patrícia, Diego, Gabriele, Alejandro e Malu, por compartilharem o espaço, pelas discussões produtivas e pelas conversas mais engraçadas que já presenciei.

Aos amigos de longa data Renan, Fernanda, Aline, Paula e Adriano, pelos conselhos, carinho e compreensão.

À toda a minha família, pela paciência, afeto, estímulo e conselhos;

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa.

Queiroz, E.P. **Produção e distribuição temporal de néctar em área de regeneração de cerrado: implicações na polinização e na estrutura de comunidade de abelhas.** 2015. Dissertação - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

A disponibilidade e distribuição espaço-temporal do néctar nos diferentes tipos vegetacionais está relacionada a diversos fatores. Em espécies nectaríferas, o néctar é o recurso principal disponibilizado aos visitantes florais e sua produção pode determinar o sucesso no fluxo de pólen entre indivíduos na população. Nesse estudo, os objetivos foram: (i) avaliar se o display floral e seus caracteres morfológicos estão associados à produção do néctar; (ii) verificar se a distribuição do néctar é concentrada ou uniformemente distribuída ao longo do ano e; (iii) como a produção do néctar atua na atração dos visitantes florais e na deposição intra e interespecífica de pólen no estigma em espécies de plantas nectaríferas. O estudo foi feito em vegetação de cerrado na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), localizada em Luís Antônio, São Paulo. Na EEJ, nós demarcamos duas transeções de 500 m por 10 m de cada lado. As transeções foram percorridas quinzenalmente no período de agosto de 2013 a julho de 2014 e para cada espécie de planta nectarífera em floração, nós contamos o número de indivíduos e de flores produzidas/indivíduo (*display* floral). Nós encontramos que há interação significativa entre o tamanho e a forma da flor na produção do néctar ($F = 40,48$, $p < 0,0001$). Nós observamos que quanto maior o número médio de óvulos de uma dada espécie, maior a produção média de néctar por flor ($R_s = 0,58$; $p < 0,05$). Encontramos que a razão pólen intraespecífico/pólen total depositado no estigma das flores foi influenciada negativamente pela abundância das abelhas ($t = -3,930$; $p = 0,005$). Nós observamos um nível intermediário de especialização ($H_2' = 0,412$) quando analisamos a interação entre as espécies nectaríferas e as abelhas visitantes por meio de observação direta e mais especializado quando analisamos a interação por meio dos grãos de pólen depositados no corpo das abelhas ($H_2' = 0,62$). Nós encontramos uma interação altamente especializada quando avaliamos os grãos de pólen depositados nos estigmas ($H_2' = 0,943$). Nós corroboramos as nossas hipóteses de que a produção e distribuição do néctar na comunidade estão associadas ao número de flores disponíveis e à morfologia floral das espécies nectaríferas e que as plantas que produzem mais flores e um maior volume de néctar, apresentaram mais óvulos e atraem um maior número de abelhas visitantes e consequentemente apresentam uma maior deposição polínica nos estigmas.

Queiroz, E.P. **Production and temporal distribution of nectar in regeneration area of the Brazilian savanna: implications on the pollination and bees community structure.** 2015. Dissertação - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

The availability and the spatial and temporal distribution of nectar in different types of vegetation are related to several factors. In nectariferous species, nectar is the main resource available to floral visitors and its production can determine a successful pollen flow between individuals in the population. The present study aimed to: (i) assess whether the floral display and its morphological traits are associated with nectar production; (ii) verify whether the distribution of nectar is concentrated or evenly distributed throughout the year and; (iii) analyze the influence of nectar production in attracting floral visitors and on intra and interspecific deposition of pollen on the stigma in nectariferous plant species. The study was conducted in cerrado in the Jataí Ecological Station (EEJ), located in Luís Antônio, São Paulo State. Inside the EEJ, two transects measuring 500 m x 10 m were delimited. The transects were run every two weeks from August 2013 to July 2014 and the number of individuals and flowers produced/individual (floral display) were counted for each species of nectariferous plant at flowering. There was a significant interaction between the size and shape of the flower for nectar production ($F = 40.48, p < 0.0001$). The higher the average number of ovules of a given species, the greater the average production of nectar per flower ($R_s = 0.58; p < 0.05$). Also, the ratio intraspecific pollen/total pollen deposited on the stigma of flowers was negatively affected by the abundance of bees ($t = -3.930; p = 0.005$). An intermediate level of specialization ($H2' = 0.412$) was found when analyzing the interaction between nectariferous species and visiting bees through direct observation and a more specialized level when analyzing the interaction by means of pollen grains deposited on the body of bees ($H2' = 0.62$). In turn, considering the pollen grains deposited on stigmas, a highly specialized interaction was recorded ($H2' = 0.943$). Our following hypotheses were confirmed: the production and distribution of nectar in the community are associated with the number of available flowers and with floral morphology of the nectariferous species and plants producing more flowers and a greater volume of nectar present more ovules and attract a higher number of visiting bees and thus show a greater deposition of pollen on stigmas.

Lista de Figuras

Capítulo I

Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio-SP e das áreas estudadas no período de agosto de 2013 à julho de 2014. As linhas em vermelho correspondem às duas transeções, sendo a horizontal a trilha da onça e a vertical a trilha do pequi.....12

Figura 2. Espécies de plantas nectaríferas com o maior número de indivíduos encontrados na área de estudo da Estação Ecológica de Jataí, no município de Luis Antônio. A: *Adenocalymma peregrinum*; B: *Fridericia craterophora*; C: *Periandra mediterranea*; D: *Amphilophium elongatum*.....15

Figura 3. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar encontrados durante os meses de agosto de 2013 à julho de 2014 na Estação Ecológica de Jataí, no município de Luis Antônio.....16

Figura 4. Volume médio de néctar em flores de diferentes formas (T: tubular, Go: goela e E: estandarte) e tamanhos (Grande, média e pequena) encontradas na encontradas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Médias (barras) com letras distintas diferiram estatisticamente ($\alpha=0,05$).....17

Figura 5. Análise circular da distribuição das plantas nectaríferas e do néctar na Estação Ecológica de Luis Antônio (EEJ), durante os meses de agosto de 2013 à julho de 2014. a: Espécies; b: Indivíduos; c: Flores abertas; d: Volume total de néctar (mL).....22

Figura 6. Correlação entre número de espécies e número de indivíduos de plantas nectaríferas (a); número de indivíduos e número de flores (b); número de flores e volume de néctar (c) e; número de indivíduos e volume de néctar (c). Correlação de Pearson (r) (a e d) e Correlação de Spearman (rs) (b e c).....23

Capítulo II

Figura 1. Análise de correlação entre o número médio de óvulos e volume médio de néctar produzidos por flor nas espécies de plantas nectaríferas encontradas em floração na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014.....41

Figura 2. Frequência da deposição de pólen intraespecífico no estigma (círculo branco), número de óvulos (círculo cinza), média de pólen intraespecífico encontrado nos estigmas (barra cinza clara) e média da produção de óvulos (barra preta) produzidos por espécie de planta encontrada na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre os meses de agosto de 2013 à julho de 2014. Sp1: *A. anthelmia*; sp2: *A. elongatum*; sp3: *A.*

peregrinum; sp4: *Crotalaria* sp.; sp5: *F. craterophora*; sp6: *F. florida*; sp7: *F. platyphylla*; sp8: *Hypenia* sp.; sp9: *Jacaranda* sp.; sp10: *P. mediterranea*; sp11: *P. rigida*; sp12: *P. venusta*.....43

Figura 3. Efeito da abundância de visitantes por espécie vegetal sobre a razão pólen intraespecífico/pólen total no estigma de cada espécie nectarífera que floresceram na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre os meses de agosto de 2013 à julho de 2014.....44

Figura 4. Análises da interação abelha e planta nectarífera. A: observação direta das abelhas visitando as espécies de plantas nectaríferas; B: análise do pólen depositado no corpo das abelhas coletadas nas flores das espécies nectaríferas encontradas na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Os vetores em verde representam as espécies de abelhas, os vetores amarelos representam as espécies de plantas nectaríferas estudadas (A) e os tipos polínicos encontrado no corpo das abelhas (B) e as linhas em azul, a proporção dos tipos polínicos em cada espécie de abelha.....46

Figura 5. Interação pólen e estigma das espécies de plantas nectaríferas estudadas na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Os vetores em verde representam as 12 espécies nectaríferas estudadas, os vetores amarelos representam os tipos polínicos depositados nos estigmas das espécies nectaríferas e as linhas em azul, a proporção dos tipos polínicos para cada espécie nectarífera.....47

Lista de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1. Espécies de plantas nectaríferas encontradas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014. E: estandarte; For: forma; G: grande; Go: goela; M: médio; MF/I: média de flores produzidas por indivíduo das espécies de plantas amostradas; mL: mililitro; MG: muito grande; MP: muito pequeno; NTF: número total de flores produzidas na área; NTI: número total de indivíduos que floresceram na área; P: pequeno; Tam: tamanho; T: tubular; μ L: microlitro; VMN/F: volume médio de néctar produzido por flores das espécie de plantas amostrada; VMN/I: volume médio de néctar produzido por indivíduo das espécies de plantas amostradas; VTN/P: volume total de néctar extrapolado na população durante o período amostrado.....18

Tabela 2. Distribuição temporal do néctar produzido pelas espécies de plantas em floração na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014.* Não foi possível medir o volume de néctar. Vol: volume; μ L: microlitro; mL: mililitro.....21

Capítulo II

Tabela 1. Espécies de plantas nectaríferas onde foram observada visitas de abelhas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre o período de agosto de 2013 à julho de 2014. NIP: Número de indivíduos das espécies de plantas; NF: número de flores produzidas; MF/I: média de flores produzidas por indivíduos; VMN/F: volume médio de néctar produzido por flor; μ L: microlitro; N: número total de amostras; MO/F: média de óvulos por flor; Var: Variância; NEA: número de espécies de abelhas; NIA: número de indivíduos de abelhas; MA/F: média de abelhas por flor; MA/I: média de abelhas por indivíduos; PIntra: pólen intraespecífico encontrado no estigma das flores; PInter: número de pólen interespecífico encontrado no estigma das flores; PIntra/O: razão entre número de óvulos e pólen intraespecífico depositado no estigma das flores. * espécie com limitação polínica.....42

Sumário

Introdução geral.....	1
Objetivo e organização geral da dissertação.....	3
Referências bibliográficas.....	4
Capítulo I - Produção e distribuição temporal de néctar no cerrado.....	6
Resumo.....	7
Abstract.....	8
1. Introdução.....	9
2. Material e Métodos.....	10
2.1. Área de estudo.....	10
2.1.1. Caracterização do bioma Cerrado.....	10
2.1.2. Local de estudo.....	11
2.2. Coleta de dados.....	12
2.2.1. Avaliação das espécies nectaríferas em floração.....	12
2.2.2. Avaliação da produção de néctar segundo a forma e o tamanho das flores.....	13
2.2.3. Avaliação da distribuição temporal do néctar.....	13
2.3 Análises estatísticas.....	13
3. Resultados.....	14
3.1. Espécies nectaríferas em floração na EEJ.....	14
3.2. Avaliação da produção de néctar segundo a forma e o tamanho das flores.....	16
3.3. Avaliação da distribuição temporal do néctar.....	20
4. Discussão.....	23
5. Referências bibliográficas.....	27
Capítulo II - A produção do néctar está associada à diversidade de visitantes florais e interação intraespecífica pólen/estigma em espécies de plantas nectaríferas?.....	32
Resumo.....	33
Abstract.....	34
1. Introdução.....	35
2. Material e Métodos.....	36

2.1. Área de estudo.....	36
2.2. <i>Display</i> floral e produção do néctar.....	37
2.3. Avaliação da produção de óvulos por flor.....	38
2.4. Avaliação da deposição de pólen intraespecífico e interespecífico nos estigmas.....	38
2.5. Avaliação das visitas e amostragem das abelhas nas flores.....	39
2.6. Análise das redes de interações.....	39
2.7. Análises estatísticas.....	40
3. Resultados.....	40
4. Discussão.....	48
5. Referências bibliográficas.....	51
6. Anexos.....	55

Introdução geral

A disponibilidade e distribuição espaço-temporal do néctar estão relacionadas a diversos fatores ambientais como temperatura e precipitação pluviométrica (Corbet, 2003), fatores intrínsecos à planta (Leiss e Klinkhamer, 2005), comportamento dos polinizadores (Silberbauer-Gottsberger e Gosttsberger, 1988) e concentração do recurso em um determinado estrato na vegetação ou em um determinado período do ano (Silva et al., 2012, Aleixo et al. 2014). Além disso, a produção e distribuição temporal de néctar entre indivíduos da mesma espécie e entre espécies diferentes muitas vezes contribuem para uma movimentação dos polinizadores na comunidade (Agostini et al., 2014).

Para a atual estimativa de 2400 espécies de abelhas existentes no Brasil, cerca de 34% desse total são encontrados no bioma cerrado (Silveira et al., 2002). Neste bioma, existe um grande número de espécies de plantas distribuídas nas diversas famílias botânicas com as quais as abelhas interagem. O fornecimento de diferentes tipos de recursos por parte dessas famílias botânicas é de extrema importância para a manutenção das abelhas nesses locais. Óleos florais são produzidos pela família Malpighiaceae e são utilizados para a construção de ninhos. Espécies de abelhas solitárias coletoras de óleo usam esse recurso para impermeabilização das células de cria e também na alimentação dos imaturos (Gaglianone, 2002; Aguiar e Gaglianone, 2003). Os grãos de pólen são produzidos como principal recurso pelas famílias botânicas Melastomataceae, Solanaceae, Leg.-Caesalpinioideae (Silva et al., 2010; Aleixo et al., 2014; Silva et al., 2014), entre outras, e são utilizados tanto na alimentação de adultos quanto de imaturos (Silva, 2009; Silva et al., 2012). Nas abelhas sociais os grãos de pólen são coletados por operárias campeiras e estocados em potes de alimento (Ramalho et al., 1990; Faria et al., 2012; Aleixo et al. 2013). Diferentemente das abelhas sociais, as espécies solitárias coletam o pólen e imediatamente aprovisionam os recursos diretamente nas células de cria (Jesus e Garófalo, 2000).

Outro importante recurso explorado pelas abelhas é o néctar, que é a principal fonte de energia, explorado tanto por machos, quanto por fêmeas (Silva et al., 2010). O néctar é o principal recurso floral produzido por diversas famílias botânicas como, Apocynaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae, Heliconiaceae, Convolvulaceae, entre outras (Silva et al., 2010; Aleixo et al., 2014). Diferentemente do pólen, que necessita da utilização do nitrogênio, uma substância encontrada em pouquíssima quantidade na natureza (Westerkamp, 2004), a produção do néctar não exige um gasto energético muito grande pela planta, pois é composto basicamente de água e açúcares (Westerkamp, 1996; Amaral-

Neto, 2011). Espécies nectaríferas são muito importantes para a manutenção das abelhas, pois além dos açúcares em grandes quantidades, oferecem também aminoácidos, vitaminas, ácidos orgânicos, óleos essenciais, flavonóides, compostos nitrogenados, minerais, lipídeos e também substâncias aromáticas que aumenta a capacidade das abelhas de lembrarem do recurso (Coelho et al., 2008; Wright et al., 2013; Brito et al., 2014). Ao mesmo tempo, as abelhas proporcionam a essas espécies de plantas a troca de material genético por meio da dispersão e deposição de pólen nos estigmas de flores da mesma espécie, contribuindo para que ocorra a polinização cruzada (Oliveira e Maruyama, 2014).

Espécies com flores hermafroditas, como é o caso de grande parte das espécies nectaríferas (Gentry, 1974; Torres e Galetto, 1998; Galetto e Bernardello, 2004), estão mais susceptíveis à deposição de grãos de pólen da própria flor no seu estigma. O excesso de pólen depositado no estigma da própria flor (pólen intraespecífico) em espécies autocompatíveis pode causar uma obstrução no tecido transmissor do estilete fazendo com que o crescimento do tubo polínico de grãos de pólen da própria flor seja maior do que aqueles procedentes de polinização cruzada (Richardson e Stephenson, 1989), isso implicaria em uma baixa troca de material genético entre os indivíduos.

A baixa quantidade e/ou qualidade do pólen que chega até o estigma das flores é conhecida como limitação polínica e pode comprometer a reprodução nas angiospermas (Ashman et al., 2004; Aizen e Harder, 2007). O mesmo pode acontecer com grãos de pólen de outras espécies de plantas (pólen interespecífico), que são carregados de forma involuntária pelas abelhas durante a visita e depositados nos estigmas das flores de outras espécies de plantas, como ocorre nas espécies nectaríferas, por exemplo. Desse modo, o número e a qualidade dos grãos de pólen depositados no estigma em uma única visita, ou por unidade de tempo, tem sido frequentemente usado como uma medida de desempenho dos polinizadores (Ne'eman et al., 2010).

As medidas da frequência e da eficácia dos polinizadores são importantes, pois nos fornece a informação se todos os óvulos presentes na flor serão capazes de ser fecundados. Porque, embora os animais sejam eficientes na polinização, apenas uma fração muito pouco representativa do pólen retirado por eles chega até o estigma de flores coespecíficas (Harder e Johnson, 2008; Harder e Aizen, 2010).

Algumas análises como as de redes de interações, têm contribuído para compreender os padrões de exploração de recursos pelas abelhas e podem também nos proporcionar informações sobre como é a especialização da comunidade quanto ao compartilhamento de nicho trófico. Além disso, podem possibilitar fazer análises de redes

mutualísticas, como por exemplo, comparações entre os grãos de pólen depositados no corpo das abelhas e também daqueles encontrados nos estigmas das flores, mostrando se o comportamento das abelhas é eficaz para a deposição polínica nas espécies de plantas. Essas análises nos permitem gerar hipóteses mais coesas sobre a funcionalidade do ecossistema (Bascompte e Jordano, 2007; Bezerra et al., 2009; Pigozzo e Viana, 2010).

Entender as estratégias das plantas relacionadas à atração dos visitantes, bem como as interações estabelecidas entre espécies nectaríferas e seus polinizadores é importante para aplicações em estudos que visam conservar e manejar espécies de abelhas tanto em áreas naturais, como em áreas cultivadas. Tais ações podem garantir o sucesso na manutenção de visitantes que podem atuar como importantes polinizadores para espécies de plantas, como aquelas que produzem o néctar como principal recurso atrativo.

Objetivo e organização da dissertação

Nosso objetivo nesse estudo foi compreender de que maneira as espécies nectaríferas estão distribuídas no cerrado e como a produção e distribuição temporal de néctar atuam na estrutura de comunidade de abelhas e na polinização dessas espécies.

A dissertação foi organizada em dois capítulos como os objetivos específicos:

Capítulo I - Produção e distribuição temporal de néctar no cerrado

I - Avaliar a distribuição temporal do néctar disponível e verificar se a distribuição desse recurso é concentrada ou uniformemente distribuída ao longo do ano;

II – Verificar se há variação na produção de néctar entre as flores e indivíduos das diferentes espécies de plantas nectaríferas.

Capítulo II - A produção do néctar está associada à diversidade de visitantes florais e à interação intraespecífica pólen/estigma em espécies de plantas nectaríferas?

III - Identificar as espécies de abelhas associadas à coleta de recursos florais nas espécies de plantas que fornecem o néctar como principal recurso;

IV - Analisar por meio da identificação dos grãos de pólen a capacidade de transporte de pólen pelas abelhas;

V - Verificar a contribuição das espécies de abelhas na deposição de pólen intraespecífico e interespecífico nos estigmas das flores de espécies visitadas.

Referências bibliográficas

- Aizen MA, Harder LD (2007) Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*, 88(2): 271-281.
- Agostini K, Lopes AV, Machado IC (2014) Recursos Florais. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 136-169. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Aguiar CML, Gaglianone MC (2003) Nesting biology of *Centris (Centris) aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(4): 601-606.
- Aleixo KP, Faria LB, Garófalo CA, Fonseca VLI, Silva CI (2013). Pollen collected and foraging activities of *Frieseomelitta varia* (Lepeletier)(Hymenoptera: Apidae) in an urban landscape. *Sociobiology*, 60(3): 266-276.
- Aleixo KP, Faria LB, Groppo M, Castro MMN, Silva, CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13(4): 689-696.
- Amaral-Neto LP (2011) Forma e funcionamento das flores com quilha invertida em Faboidae e interações comportamentais com abelhas visitantes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 153p.
- Ashman TL, Knight TM, Steets JA, Amarasekare P, Burd PM, Campbell DR, Dudash MR, Mazer SJ, Johnston M, Mitchell RJ, Morgan MT, Wilson WG (2004) Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology*. 85: 2408–2421.
- Bascompte J, Jordano P (2007) Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 38: 567-93.
- Bezerra ELS, Machado IC, Mello MAR (2009) Pollination networks of oil flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. *Journal of Animal Ecology*. 78: 1096-1101.
- Brito V, Telles F, Lunau K (2014) Ecologia cognitiva da polinização. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 417-438. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Corbet SA (2003). Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion rate in the field. *Apidologie*. 34: 1-10.
- Coelho MS, Silva JHV, Oliveira ER, Araújo JA, Lima MR (2008) Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. *Revista Caatinga*. 21(1).
- Faria LB, Aleixo KP, Garófalo CA, Imperatriz-Fonseca VL, Silva CI (2012). Foraging of *Scaptotrigona aff. depilis* (Hymenoptera, Apidae) in an urbanized area: Seasonality in resource availability and visited plants. *Psyche*.
- Gaglianone MC (2002) Uma análise comparativa da nidificação das espécies de *Epichris*, In: *Anais do 5º Encontro sobre Abelhas* (eds. Garófalo CA, Freitas G). p. 47-52. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto.
- Galetto L, Bernardello G (2004). Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea* species (Convolvulaceae) in relation to pollinators. *Annals of Botany*. 94(2): 269-280.
- Gentry AH (1974) Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*. 6: 64-68.
- Harder LD, Aizen MA (2010) Floral adaptation and diversification under pollen limitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365(1539): 529-543.
- Harder LD, Johnson SD (2008) Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. *International Journal of Plant Sciences*, 169(1): 59-78.

- Jesus BMV, Garófalo CA (2000) Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 31: 503-515.
- Leiss KA, Klinkhamer PGL (2005) Spatial distribution of nectar production in a natural *Echium vulgare* population: implications for pollinator behaviour. *Basic and Applied Ecology*. 6: 317-324.
- Ne'eman G, Jürgens A, Newstrom-Lloyd L, Potts SG, Dafni A (2010) A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Reviews*. 85(3): 435-451.
- Oliveira PE, Maruyama PK (2014) Sistemas reprodutivos. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 71-92. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Pigozzo CM, Viana BF (2010) Estrutura da Rede de Interações entre Flores e Abelhas em Ambiente de Caatinga. *Oecologia Australis*. 14: 100-114.
- Ramalho M, Kleinert-Giovannini A & Imperatriz-Fonseca VL (1990) Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and *Trigonini*) and africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie*. 21: 469-488.
- Richardson TE, Stephenson AG (1989) Pollen removal and pollen deposition affect the duration of the staminate and pistillate phases in *Campanula rapunculoides*. *American Journal of Botany*. 532-538.
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G (1988) A polinização das plantas do Cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*. 48: 651-653.
- Silva CI (2009) Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por *Xylocopa* spp. e interação com plantas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. Tese de doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, MG. 287p.
- Silva CI, Araújo G, Oliveira PEAM (2012) Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 56: 748-760.
- Silva CL, Ballesteros PLO, Palmero MA, Bauermann SG, Evaldt ACP, Oliveira PE (2010) Catálogo polínico: Palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro. EDUFU, Uberlândia.
- Silva CI, Imperatriz-Fonseca VL, Groppo M, Bauermann Sg, Saraiva Aa, Queiroz Ep, Evaldit ACP, Aleixo KP, Castro MMN, Faria LB, Ferreira-Caliman MJ, Wolff JL, Paulino-Neto HF, Garofalo CA (2014) Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. 1.ed. Ribeirão Preto, Holos, 153p.
- Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB (2002) Abelhas Brasileiras: Sistemática e identificação. Belo Horizonte, Silveira FA. 253p.
- Torres C, Galetto L (1998) Patterns and implications of floral nectar secretion, chemical composition, removal effects and standing crop in *Mandevilla pentlandiana* (Apocynaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 127(3): 207-223.
- Westerkamp C (1996) Pollen in bee-flower relations: Some considerations on melittophily. *Botanica Acta*. 109: 325-332.
- Westerkamp C (2004) Flores e abelhas na disputa. *Ciência Hoje*. 34(10): 66-68.
- Wright GA, Baker DD, Palmer MJ, Stabler D, Mustard JÁ, Power EF, Borland AM, Stevenson PC (2013) Caffeine in floral nectar enhances a pollinator's memory of reward. *Science*. 339: 1202-1204.

Capítulo I

Produção e distribuição temporal de néctar no cerrado

Resumo

A disponibilidade e distribuição espaço-temporal do néctar nos diferentes tipos vegetacionais está relacionada a diversos fatores ambientais (como temperatura, umidade, precipitação pluviométrica e intensidade da luz), a fatores intrínsecos à planta (como filogenia e hereditariedade), ao conjunto de flores abertas e também a morfologia floral. Nesse estudo, os objetivos foram: 1) avaliar se o número de flores (*display* floral) e seus caracteres morfológicos (tamanho e forma) estão associados à produção do néctar e; 2) verificar se a distribuição do néctar é concentrada ou uniformemente distribuída ao longo do ano. O estudo foi feito em vegetação de cerrado na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), localizada em Luís Antônio, São Paulo. Na EEJ, nós demarcamos duas transeções de 500 m por 10 m de cada lado. As transeções foram percorridas quinzenalmente no período de agosto de 2013 a julho de 2014 e, para cada espécie de planta nectarífera em floração, nós contamos o número de indivíduos e de flores produzidas/indivíduo (*display* floral). Nos indivíduos, nós isolamos flores para medir o volume e estimar a produção de néctar/flor/indivíduo. Para cada espécie amostrada, nós avaliamos a forma e o tamanho de suas flores. Ao todo nós encontramos 23 espécies de plantas em floração, distribuídas em sete famílias, somando um total de 281 indivíduos. *Adenocalymma peregrinum* (Miers) L.G. Lohmann foi a espécie mais abundante (N = 82 indivíduos), *Fridericia florida* (DC.) L.G. Lohmann apresentou o maior número de flores (N = 1818) e *Amphilophium elongatum* (Vahl) L.G. Lohmann a maior produção de néctar/flor ($45,40 \pm 30,59 \mu\text{L}$). Foram identificados três tipos de morfologia floral, tubular, goela e estandarte, com tamanho variando entre muito grande à pequeno. Nós encontramos que há interação significativa entre o tamanho e a forma da flor na produção do néctar ($F = 40,48$, $p < 0,0001$). Observamos espécies nectaríferas em floração ao longo de todo período de estudo, mas, com uma maior concentração entre os meses de fevereiro e abril, período de transição entre a estação chuvosa e seca no cerrado. Nós corroboramos a hipótese de que a produção e distribuição do néctar na comunidade de cerrado estão associadas ao número de flores disponíveis e à morfologia floral das espécies nectaríferas.

Palavras-chave: interação, plantas nectaríferas, *display* floral, abelhas, morfologia floral, sucesso reprodutivo.

Abstract

The availability and the spatial and temporal distribution of nectar in different types of vegetation are related to several environmental factors (e.g. temperature, humidity, rainfall and light intensity), plant intrinsic factors (e.g. phylogeny and heredity), as well to the set of open flowers and floral morphology. The goals of this study were: 1) to evaluate the association between the number (floral display) and morphological traits (size and shape) of flowers and nectar production and; 2) to verify whether the distribution of nectar is concentrated or evenly distributed throughout the year. The study was performed in cerrado in the Jataí Ecological Station (EEJ), located in Luís Antônio, São Paulo State. Inside the EEJ, two transects measuring 500 m x 10 m were delimited. The transects were run every two weeks from August 2013 to July 2014 and the number of individuals and flowers produced/individual (floral display) were counted for each species of nectariferous plant at flowering. Flowers were isolated in the individuals in order to measure the volume and estimate the production of nectar per flower per individual. The shape and size of flowers were examined for each species sampled. In total, it was recorded 23 species of flowering plants distributed into seven families, with a total of 281 individuals. *Adenocalymma peregrinum* (Miers) L.G Lohmann was the most abundant species (N = 82 individuals), *Fridericia florida* (DC.) LG Lohmann had the highest number of flowers (N = 1818) and *Amphilophium elongatum* (Vahl) LG Lohmann presented the highest production of nectar per flower ($45.40 \pm 30.59 \mu\text{L}$). Three types of floral morphology were identified: tubular, gullet and keel, with size ranging from very large to small. Significant interaction was detected between the size and shape of the flower for nectar production ($F = 40.48, p < 0.0001$). Flowering nectariferous species were observed throughout the study period, but with a higher concentration between February and April, the transition period between the rainy and dry season in the cerrado. It was confirmed the hypothesis that the production and distribution of nectar in the cerrado are associated with the number of available flowers and floral morphology of nectariferous species.

Key words: interaction, nectariferous plants, floral display, bees, floral morphology, reproductive success.

1. Introdução

O néctar é a fonte de energia mais importante para os polinizadores e é basicamente composto por sacarose, frutose e glicose (Galetto e Bernardello, 2003; Galetto e Bernardello, 2004). Baker e Baker (1975) acreditavam que as propriedades do néctar poderiam ser semelhantes em plantas visitadas por um determinado grupo de polinizadores e que o volume de néctar produzido poderia estar associado à demanda energética e a preferência de cada espécie de visitante floral. Entretanto, trabalhos atuais mostram que as variações da produção e no volume de néctar podem ocorrer entre indivíduos da mesma espécie, entre inflorescências do mesmo indivíduo e até mesmo entre flores da mesma inflorescência, sem necessariamente necessitarem da influência de visitantes florais (Galetto & Bernardello, 1995; Agostini et al., 2011; Nicolson, 2007).

Flores que apresentam o néctar como principal recurso estão distribuídas em diversas famílias botânicas e apresentam em geral, morfologia bastante característica, por exemplo, forma tubular, estandarte, campânula e goela (Faegri e van der Pijl, 1979). As famílias Bignoniaceae, Convolvulaceae, Lamiaceae, Leg.Papilionoideae e Rubiaceae, são algumas dessas, onde os visitantes florais são atraídos exclusivamente pelo néctar disponibilizado em suas flores (Silva et al., 2012; Aleixo et al., 2014).

As flores sempre produzem algum tipo de estratégia e/ou recurso para atração (Varassin e Amaral-Neto, 2014). O conjunto de flores abertas ou *display* floral, em um dado indivíduo, em um dado intervalo de tempo (Ohashi e Yahara, 2001) pode ser um fator importante associado à atratividade dos polinizadores (Biernaskie e Cartar, 2004; Vamosi et al., 2006; Harder e Johnson, 2009). A maioria das espécies nectaríferas possui guias de néctar que sinalizam visivelmente ao polinizador a sua localização exata na flor (Free, 1970; Varassin e Amaral-Neto, 2014), fazendo com que os polinizadores se tornem mais seletivos a essas espécies de plantas devido à facilidade no encontro do recurso floral (Faegri e van der Pijl, 1979; Lunau et al., 1996; Brito et al., 2014).

Agostini et al. (2011) mostraram que a distribuição do néctar disponível (*standing crop*) dentro do mesmo indivíduo ou dentro da população pode direcionar o movimento de forrageamento dos polinizadores, e isso tem implicação direta no sucesso da polinização e reprodução das plantas.

Algumas espécies de plantas nectaríferas apresentam morfologia floral com variações nos distintos verticilos que impedem a exposição do néctar diretamente aos visitantes florais, outras espécies expõem o néctar diretamente ao ambiente facilitando o acesso ao polinizador para a obtenção desse recurso (Agostini et al., 2014). Os volumes de

néctar produzido nas espécies que não possuem estruturas para proteção comparativamente com aquelas espécies que possuem flores adaptadas para a proteção desse recurso apresentam volumes menores e mais concentrados (Dafni et al., 2005), pois sofrem maior influência de fatores ambientais.

A disponibilidade e distribuição espaço-temporal do néctar nos diferentes tipos vegetacionais está relacionada a diversos fatores ambientais, como temperatura, umidade, precipitação pluviométrica e intensidade da luz (Corbet, 2003), podem também estar relacionados a fatores intrínsecos à planta, como a filogenia e a hereditariedade para produção de quantidades diferentes de néctar (Leiss e Klinkhamer, 2005). Além disso, muitas vezes o comportamento por parte dos polinizadores (Silberbauer-Gottsberger e Gosttsberger, 1988; Rathcke, 1992), podem alterar a dinâmica do néctar na comunidade e atingir diretamente a disponibilidade desse recurso. Por exemplo, quando as espécies nectaríferas encontram-se distribuídas espacialmente de forma agrupada e com floração sincrônica, os visitantes que apresentarem determinada preferência pela quantidade e qualidade do néctar disponível produzido irão se mover apenas em flores vizinhas, enquanto os visitantes que encontrarem pouca quantidade de néctar irão evitar as flores vizinhas e ampliar a área de forrageamento (Hanoteaux et al., 2013). No nível mais amplo da comunidade, a distribuição temporal do néctar pode estar mais ou menos concentrada em um determinado estrato na vegetação ou em um determinado período do ano, dependendo das espécies em floração (Silva, 2009; Aleixo et al., 2014).

Nesse estudo, sabendo que a produção do néctar e a dinâmica são variáveis ao nível populacional (dentro do mesmo indivíduo e entre indivíduos coespecíficos) e ao nível comunitário (entre espécies), nós tivemos como objetivos avaliar o *display* floral, a forma e o tamanho das flores e a produção do néctar em espécies simpátricas que produzem o néctar como principal recurso. Nossa hipótese é que a produção e distribuição do néctar na comunidade estão associadas ao número de flores disponíveis, além de estarem associadas à morfologia floral.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

2.1.1. Caracterização do bioma cerrado

O cerrado é o segundo maior bioma do País, ocupando mais de 2.000.000 km², o que representa 23% do território nacional. São descritos onze tipos principais de vegetação

para o bioma, enquadrados em formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), savânicas (sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral e vereda) e campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) (Oliveira, 2008). Esse bioma está distribuído principalmente nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais e em áreas menores nos Estados de São Paulo, Paraná, Maranhão, Piauí e Bahia (Toledo-Filho, 1984). O Cerrado ocorre em altitudes que vão de 300 m (Baixada Cuiabana-MT), a mais de 1.600 m (Chapada dos Veadeiros-GO) (Oliveira, 2008).

O clima é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen (1948), ou seja, com temperaturas mais elevadas no período chuvoso (outubro a abril) em relação ao período seco (maio a setembro). A sazonalidade climática do cerrado afeta a fenologia de floração funcionando como um gatilho, sinalizando a ocorrência de floração (Oliveira, 2008). A dinâmica de floração implica diretamente na disponibilidade de recursos utilizados por visitantes florais, como no caso das abelhas, que dependem desses recursos (pólen, néctar, resinas e óleos florais) para sua sobrevivência (Mincley e Roulston, 2006; Michener, 2007).

No cerrado, ao menos 85% das espécies de plantas pode ser polinizada por abelhas de forma exclusiva, primária ou secundariamente (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1988; Silva et al., 2012). As plantas nesse bioma mantêm uma riqueza de apifauna que pode variar de 51 a 196 espécies de abelhas (Carvalho e Bego, 1996; Santos et al., 2004; Anacleto e Marchini, 2005; Andena et al., 2005).

2.1.2. Local de estudo

Nós desenvolvemos o presente estudo na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), localizada no município de Luís Antônio, São Paulo. Na EEJ nós demarcamos duas transeções de 500 m por 10 m de cada lado, sendo a primeira chamada de “trilha do pequi” (21°36'23.9" S e 47°47'28.6" W) e a segunda “trilha da onça” (21°35'32.1" S e 47°47'8.10" W) totalizando 2 ha de área amostrada (Figura 1). A distância entre as transeções foi de aproximadamente 700 m.

A vegetação original da EEJ é predominantemente de cerradão, ocupando 60,72% da sua área total com 4.532,18 ha (Toppa, 2004). As duas áreas onde estão localizadas as trilhas encontram-se em processo de regeneração natural há mais de 20 anos. Essas áreas foram ocupadas por décadas com cultivo de *Eucalyptus* sp.

Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio-SP e das áreas estudadas no período de agosto de 2013 à julho de 2014. As linhas em vermelho correspondem às duas transeções, sendo a horizontal a trilha da onça e a vertical a trilha do pequi.

2.2. Coleta de dados

2.2.1. Avaliação das espécies nectaríferas em floração

Nós percorremos as transeções quinzenalmente no período de agosto de 2013 a julho de 2014 e nessas, amostramos as plantas nectaríferas em floração, preparamos as exsicatas para posterior identificação por especialistas. Nós depositamos os vouchers no Herbário do Departamento de Biologia da FFCLRP-USP (Herbário SPFR). Nós usamos o sistema (Angiosperm Phylogeny Group) APG III (Chase e Reveal, 2009) para o posicionamento das famílias e para espécies seguimos a Flora Brasiliensis (CRIA, 2015).

Para cada espécie de planta nectarífera amostrada nós avaliamos a produção do néctar. Para isso, nós ensacamos botões florais em pré-antese com sacos de filó e no final do dia seguinte medimos o volume de néctar produzido e acumulado em cada flor aberta com o auxílio de microcapilares graduados de 1 a 50 μ L (Dafni et al., 1992).

Nós calculamos o volume médio do néctar produzido por flor para cada espécie amostrada na área estudada dividindo a soma do volume total retirado das flores pelo

número de flores disponíveis. Nós também avaliamos o volume médio do néctar produzido para cada indivíduo amostrado na área estudada dividindo a soma do volume total de néctar retirado das flores analisadas pelo número de indivíduos amostrados para cada espécie.

Os dados climáticos foram obtidos do Departamento de Agricultura de Luis Antônio - SP. Para análise climática, nós calculamos a precipitação pluviométrica média, a temperatura média mínima e máxima e a umidade relativa do ar produzida para cada um dos meses durante o período de estudo.

2.2.2. Avaliação da produção de néctar segundo a forma e o tamanho das flores

Para avaliar se a forma e o tamanho da flor influenciam a produção de néctar, nós separamos as espécies nectaríferas em duas variáveis determinadas pela: 1) forma, onde consideramos flores tubulares, goela e estandarte e; 2) tamanho, onde agrupamos as espécies com flores muito pequenas, pequenas, médias, grandes e muito grandes. Os tamanhos e as formas das espécies nectaríferas encontradas foram estabelecidos através da literatura existente (Silva et al., 2010; Barbosa, 1997; Barbosa e Sazima, 2008).

2.2.3. Avaliação da distribuição temporal do néctar

Durante o período de estudo, nós avaliamos mensalmente nas transeções as espécies das plantas nectaríferas em floração e contabilizamos o número de indivíduo em floração e de flores produzidas para cada uma das espécies encontradas.

2.3 Análises estatísticas

Nós empregamos modelos lineares generalizados (GLM – *Generalized linear models*) para verificar como a forma e o tamanho da flor influenciam o volume do néctar. Deste modo, utilizamos a forma da flor, o tamanho floral e a interação desses fatores como variáveis independentes e o volume de néctar como variável dependente. Por inserir a interação entre tamanho e forma floral, fomos capazes de perceber como o volume de néctar de uma dada forma (tubular, goela ou estandarte) varia de acordo com o tamanho da flor (grande, média e pequena). Nesta análise, agrupamos as flores da classe ‘muito pequena’ dentro da classe ‘pequena’ devido ao reduzido número de flores muito pequenas. Similarmente, agrupamos as flores classificadas como ‘muito grande’ dentro da classe ‘grande’. A variável volume de néctar sofreu uma transformação box-cox (com $\lambda = 0,3030$)

para se adequar ao modelo empregado. A significância de cada variável independente foi avaliada pelo teste F (Crawley, 2005). Empregamos o teste a *post-hoc* de Tukey para verificar quais grupos dentro de cada variável independente diferem entre si.

Nós utilizamos estatísticas circulares para identificar a ocorrência de concentração (sazonalidade) em quatro eventos estudados, a saber: (i) o número de espécies em floração na área; (ii) a distribuição dos indivíduos em floração das plantas nectaríferas; (iii) a produção média mensal de flores; e (iv) o volume médio de néctar produzido mensalmente por flor. Nós utilizamos o teste de Rayleigh (Z) para verificar se a ocorrência de um dado evento se concentra em um dado período do ano (Morellato et al. 2000). Esta estatística testa a hipótese de que o evento de interesse apresenta uniformidade em sua expressão. Caso seja rejeitada essa hipótese, é aceita a hipótese alternativa de unimodalidade, i.e., a hipótese que um mês se destaca na expressão de um dado evento (Jammalamadaka e Sengupta, 2001). Para essas análises, nós convertimos as datas de coletas em graus, de modo que janeiro equivale a 15° e dezembro equivale a 330° . A partir dessa conversão, a data média e a concentração (r) de cada evento foram calculadas.

Nós utilizamos correlação de Pearson (R) para analisar a relação entre o número de espécies e o número de indivíduos de plantas nectaríferas e a relação entre o número de flores e o número de indivíduos, dado que essas variáveis apresentaram distribuição normal. Empregamos a correlação de Spearman (R_s) para analisar a relação entre o volume de néctar total (mL) e o número de flores e entre o volume de néctar total e o número de indivíduos encontrados na área. As análises circulares foram realizadas com auxílio do software Oriana 3.21 (Kovach, 2012). As demais análises foram realizadas no software R 3.1.3 (R Core Team, 2015).

3. Resultados

3.1. Espécies nectaríferas em floração na EEJ

Nós identificamos 23 espécies de plantas nectaríferas em floração, distribuídas em sete famílias, somando um total de 281 indivíduos. A família mais representativa em riqueza foi Bignoniaceae ($N = 10$) (Tabela 1). Nós verificamos que *Adenocalymma peregrinum* (Miers) L.G. Lohmann foi a espécie mais abundante ($N = 82$), seguida por *Fridericia craterophora* (DC.) L.G. Lohmann (44), *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (31) e *Amphilophium elongatum* (Vahl) L.G. Lohmann (27) (Tabela 1; Figura 2).

Com relação ao número de flores, nós verificamos que *Fridericia florida* (DC.) L.G. Lohmann foi a mais representativa, produzindo 1818 flores durante o período estudado, com uma média de $363,60 \pm 283,06$ por indivíduo, seguida por *A. elegantum* com 429 flores e média de $15,93 \pm 21,20$ por indivíduos e *F. craterophora*. com 399 e média de $9,0 \pm 4,01$ por indivíduo (Tabela 1).

Nós verificamos que *A. elongatum* e *Odontadenia lutea* (Vell.) Markgr. (Apocynaceae) foram as espécies que apresentaram em média a maior produção de néctar por flor, com $45,4 \pm 30,59 \mu\text{L}$ (N = 32, variação de 10 a 100) e $41,04 \pm 8,20 \mu\text{L}$ (N = 24, variação de 20 a 55), respectivamente (Tabela 1).

Figura 2. Espécies de plantas nectaríferas com o maior número de indivíduos encontrados na área de estudo da Estação Ecológica de Jataí, no município de Luis Antônio. A: *Adenocalymma peregrinum*; B: *Fridericia craterophora*; C: *Periandra mediterranea*; D: *Amphilophium elongatum*.

Quanto à precipitação, encontramos que houve uma concentração ao redor dos meses de setembro a janeiro (Figura 3) sendo o mês de novembro aquele com maior precipitação pluviométrica produzida (20,78 mm). As menores temperaturas estiveram presentes nos meses de agosto de 2013 e maio a julho de 2014 (Figura 3), com pico de menor temperatura encontrada no mês de agosto ($14,16^{\circ}\text{C}$) e as maiores temperaturas estiveram concentradas entre os meses de outubro a abril (Figura 3), com pico de maior temperatura média no mês de fevereiro ($37,68^{\circ}\text{C}$). Os maiores índices de umidade relativa

do ar estiveram presentes entre os meses de março a julho, com pico de maior umidade encontrada no mês de junho (69,13%) (Figura 3).

Figura 3. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima e umidade relativa do ar encontrados durante os meses de agosto de 2013 à julho de 2014 na Estação Ecológica de Jataí, no município de Luis Antônio.

3.2. Avaliação da produção de néctar segundo a forma e o tamanho das flores

Na área estudada nós encontramos flores de três tipos florais distintos, tubular ($n=13$ spp.), goela ($N=6$ spp.) e estandarte ($N=4$ spp.) (Tabela 1). Nós verificamos que plantas com flores tubulares foram as mais comuns entre as espécies nectaríferas identificadas na EEJ (56,52%; $N=23$), entretanto as espécies em forma de goela produziram juntas mais flores (54,57%; $N=2412$), quando comparada às demais. Somente *F. florida* produziu 41,10% (Tabela 1) do total de flores registradas no período estudado.

Com relação ao tamanho, nós encontramos espécies com flores muito grandes até muito pequenas. Nós identificamos apenas um indivíduo com uma flor disponível de tamanho muito grande pertencente à espécie *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl.) K. Schum., que produziu um volume de 40 μL (Tabela 1). As espécies com flores grandes foram mais representativas, quando comparada aos demais tamanhos, correspondendo a 47,82% ($N=23$) do total de flores abertas na área estudada (Tabela 1).

A análise de GLM mostrou que a interação entre o tamanho floral e a forma floral foi significativa ($F=40,48$, $p<0,0001$), sugerindo que o volume de néctar de uma dada forma (tubular, goela ou estandarte) variou de acordo com o seu tamanho floral. As espécies com flores grandes em forma de goela, seguida por espécies com flores grandes e

tubulares produziram um volume médio de néctar por flor maior do que aquele observado nos demais tamanhos e formas (Figura 4). As flores pequenas contribuíram com menos néctar disponível na área, dentre essas, as espécies com flores do tipo estandarte produziram o menor volume de néctar por flor (Figura 4). Nós não encontramos néctar nas flores de tamanho muito pequeno das espécies *Lepidaploa cotoneaster* (Willd. ex Spreng.) H. Rob. e *Hyptis* sp.

Figura 4. Volume médio de néctar em flores de diferentes formas (T: tubular, Go: goela e E: estandarte) e tamanhos (Grande, média e pequena) encontradas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Médias (barras) com letras distintas diferiram estatisticamente ($\alpha=0,05$).

Para o volume anual de néctar, nós verificamos que flores de tamanho grande produziram 48,02 mL de néctar, mais do que as de tamanho médio e pequeno, que produziram 12,54 mL e 3,07 mL, respectivamente (Tabela 1). Quando analisamos a produção anual de néctar, considerando as formas, flores em forma de goela contribuíram com 30,69mL, enquanto que as tubulares produziram 28,55 mL e as estandartes 4,39 mL (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de plantas nectaríferas encontradas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014. E: estandarte; For: forma; G: grande; Go: goela; M: médio; MF/I: média de flores produzidas por indivíduo das espécies de plantas amostradas; mL: mililitro; MG: muito grande; MP: muito pequeno; NTF: número total de flores produzidas na área; NTI: número total de indivíduos que floresceram na área; P: pequeno; Tam: tamanho; T: tubular; μ L: microlitro; VMN/F: volume médio de néctar produzido por flores das espécie de plantas amostrada; VMN/I: volume médio de néctar produzido por indivíduo das espécies de plantas amostradas; VTN/P: volume total de néctar extrapolado na população durante o período amostrado.

Família	Espécie	TAM	FOR	NTI	NTF	MF/I	VMN/F (μ L)	VMN/I (μ L)	VTN/P (mL)
Apocynaceae	<i>Odontadenia lutea</i> (Vell.) Markgr.	G	T	12	69	5,75	41,04 $\pm$ 8,20 (24)	246,25 $\pm$ 6,48 (4)	2,83
	<i>Tabernaemontana</i> sp.	M	T	1	7	7,00	*	*	*
	<i>Temnadenia violacea</i> (Vell.) Miers	G	T	1	2	2,00	*	*	*
Asteraceae	<i>Lepidaploa cotoneaster</i> (Willd. ex Spreng.) H.Rob.	MP	T	2	156	78,00	*	*	*
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma peregrinum</i> (Miers) L.G. Lohmann	G	T	82	383	4,67	29,4 $\pm$ 9,50 (9)	44,16 $\pm$ 11,14 (6)	10,50
	<i>Amphilophium elongatum</i> (Vahl) L.G. Lohmann	G	Go	27	429	15,88	45,40 $\pm$ 30,59 (32)	43,24 $\pm$ 29,48 (12)	19,47
	<i>Anemopaegma acutifolium</i> DC.	G	T	1	8	8,00	21,25 $\pm$ 12,37 (2)	21,25 $\pm$ 12,37 (1)	0,17
	<i>Fridericia craterophora</i> (DC.) L.G. Lohmann	G	T	44	399	9,06	16,62 $\pm$ 12,23 (8)	14,83 $\pm$ 10,10 (6)	6,63
	<i>Fridericia florida</i> (DC.) L.G.Lohmann	M	Go	5	1818	363,60	5,6 $\pm$ 5,12 (5)	5,6 $\pm$ 6,5 (2)	10,18
	<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G. Lohmann	G	T	1	88	88,00	20,11 $\pm$ 10,95 (9)	20,11 $\pm$ 10,95 (1)	1,76
	<i>Jacaranda decurrens</i> Cham.	G	T	1	66	66,00	*	*	*
	<i>Jacaranda</i> sp.	G	T	23	200	8,69	20,02 $\pm$ 9,60 (20)	23,43 $\pm$ 9,34 (6)	4,00
	<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	G	T	17	48	2,82	40 $\pm$ 0 (1)	40 $\pm$ 0 (1)	1,92
	Bignoniaceae sp 1	G	T	1	40	40,00	17,5 $\pm$ 0,5 (4)	17,5 $\pm$ 0 (1)	0,7
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	P	Go	4	29	7,25	9,58 $\pm$ 1,02 (6)	9,68 $\pm$ 0,44 (2)	0,27
	<i>Hyptis</i> sp.	MP	Go	4	98	24,50	*	*	*
Leguminosae	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	P	E	1	105	105	3,1 $\pm$ 2,6 (9)	3,1 $\pm$ 2,6 (1)	0,32
	<i>Crotalaria</i> sp.	P	E	15	182	12,13	10 $\pm$ 0 (1)	10 $\pm$ 0 (1)	1,82
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	M	E	31	147	4,74	10,88 $\pm$ 2,04 (36)	10,07 $\pm$ 2,07 (13)	1,59
Polygalaceae	<i>Bredemeyera hebeclada</i> (DC.) J.F.B.Pastore	P	E	2	295	147,50	2,25 $\pm$ 0,5 (4)	2,25 $\pm$ 0,35 (2)	0,66

Continuação da Tabela 1

Família	Espécie	TAM	FOR	NTI	NTF	MF/I	VMN/F (μL)	VMN/I (μL)	VTNE/P (mL)
Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.	M	Go	1	5	5	15 $\pm$ 0 (1)	15 $\pm$ 0 (1)	0,07
	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	M	Go	4	33	8,25	20 $\pm$ 0,5 (4)	20 $\pm$ 0 (1)	0,70
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	MG	T	1	1	1,00	40 $\pm$ 0 (1)	40 $\pm$ 0 (1)	0,04

3.3. Avaliação da distribuição temporal do néctar

Nós observamos espécies de plantas nectaríferas em floração ao longo de todo período de estudo (Tabela 2; Figura 5), com uma concentração entre os meses de fevereiro a abril, e pico nesse evento no mês de fevereiro (Figura 5A). Apesar da baixa concentração ($r = 0,228$), a data média mostrou uma sazonalidade na floração ($N = 73$; $Z = 3,802$; $p < 0,05$), estando o vetor posicionado em fevereiro (Figura 5A).

Nós também verificamos uma sazonalidade na floração dos indivíduos das espécies nectaríferas ($N = 467$; $Z = 53,56$; $p < 0,05$), com baixa concentração ($r = 0,33$), estando o vetor posicionado em janeiro e o pico nesse evento em fevereiro (Figura 5B). O pico de indivíduos em floração observado em fevereiro ocorreu em razão da floração de *A. peregrinum* e *F. craterophora*, que representaram juntas 67% do total de indivíduos amostrados nesse mês ($N = 102$).

Para o número de flores abertas, nós observamos uma concentração durante os meses de fevereiro e março (Figura 5C). A data média foi significativa, mostrando uma sazonalidade ($N = 4608$; $Z = 1019,61$; $p < 0,05$), com concentração ($r = 0,47$) ao redor de fevereiro, onde está posicionado o vetor. O pico de flores abertas foi em março, sendo *F. florida* a espécie mais representativa ($N = 1150$).

Nós observamos que a distribuição do néctar também foi sazonal ($N = 64$; $Z = 18,25$; $p < 0,05$), com concentração ($r = 0,53$). A data média foi significativa, com o vetor posicionado em janeiro. Nós observamos que a maior disponibilidade de néctar foi durante a estação chuvosa (janeiro a março), com um pico no mês de fevereiro (Figura 5D), sendo *A. peregrinum*, *F. craterophora*, *Crotalaria* sp. e *F. platyphylla* as espécies que disponibilizaram o maior volume de néctar, respectivamente (Tabela 2).

Nós encontramos que o maior número de espécies em floração está positivamente associado com maior número de indivíduos em florescimento ($R = 0,88$; $p = 0,0001$). Associação similar foi observada entre o número de indivíduos em florescimento e o número total de flores abertas ($R_s = 0,8441$; $p = 0,0005$). Também observamos que quanto maior o número de flores ($R_s = 0,93$; $p = 0,0001$) ou o número de indivíduos em floração ($R = 0,8324$; $p = 0,0008$), maior o volume médio de néctar por flor disponível (Figura 6).

Tabela 2. Distribuição temporal do néctar produzido pelas espécies de plantas em floração na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), no período de agosto de 2013 à julho de 2014.* Não foi possível medir o volume de néctar. Vol: volume; µL: microlitro; mL: mililitro.

Família	Espécies	Meses 2013-2014											
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Apocynaceae	<i>Odontadenia lutea</i>							410,1	2050,5	205,2	82,08	82,08	
	<i>Tabernaemonatana</i> sp.				*								
	<i>Temnadenia violacea</i>					*		*					
	<i>Lepidaploa cotoneaster</i>										*		
Asteraceae	<i>Adenocalymma peregrinum</i>			1501,44	1381,8	764,4	2998,8	2557,8	911,4	1087,8	58,8		
Bignoniaceae	<i>Amphilophium elongatum</i>			181,6	4040,6	5538,8	8671,4	862,6		181,6			
	<i>Anemopaegma acutifolium</i>							85	63,75			21,25	
	<i>Fridericia craterophora</i>					132,96	83,1	4819,8	914,1	648,18			33,24
	<i>Fridericia florida</i>							3360	6440	380,8			
	<i>Fridericia platyphylla</i>							663,63	864,73	241,32			
	<i>Jacaranda decurrens</i>		*										
	<i>Jacaranda</i> sp.	2262,26	1001	340,34	10,1					300,3			
	<i>Pyrostegia venusta</i>	1920											
	Bignoniaceae sp 1	700											
	<i>Hypenia</i> sp.			153,28	76,64					38,32	9,58		
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.			*	*		*	*	*				
	<i>Andira anthelmia</i>	262,4	73,6										
Leguminosae	<i>Crotalaria</i> sp.							1370	450				
	<i>Periandra mediterranea</i>	565,76						163,2	174,08	500,48	65,28	32,64	76,16
	Polygalaceae sp 1	663,75											
Polygalaceae	<i>Palicourea</i> sp.				75								
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>					580	40		80				
	<i>Tocoyena formosa</i>					40							
Número de espécies		6	3	6	7	6	5	11	10	9	5	3	2
Número de indivíduos		54	14	30	43	52	43	102	50	57	12	3	5
Número de flores		630	139	106	168	187	324	1239	1401	230	167	6	9
Vol. total de néctar (µL)		6374,17	1074,6	2176,66	5584,14	7056,16	11793,3	14292,13	11948,56	3584	215,74	135,97	109,4
Vol. total de néctar (mL)		6,37	1,07	2,17	5,58	7,05	11,79	14,29	11,94	3,58	0,21	0,13	0,1

Figura 5. Análise circular da distribuição das plantas nectaríferas e do néctar na Estação Ecológica de Luis Antônio (EEJ), durante os meses de agosto de 2013 à julho de 2014. a: Espécies; b: Indivíduos; c: Flores abertas; d: Volume total de néctar (mL).

Figura 6. Correlação entre número de espécies e número de indivíduos de plantas nectaríferas (a); número de indivíduos e número de flores (b); número de flores e volume de néctar (c) e; número de indivíduos e volume de néctar (d). Correlação de Pearson (R) (a e d) e Correlação de Spearman (R_s) (b e c).

4. Discussão

As espécies com maior número de indivíduos encontrados nesse estudo, *A. peregrinum*, *A. elongatum*, *P. mediterranea*, *Crotalaria* sp., são comumente encontradas nas fitofisionomias de cerradão e cerrado *strictu sensu* (Junior et al., 2010; Machado e Romero, 2014). Por se tratarem de espécies de pequeno porte e que necessitam de luz direta e intensa, essas espécies são as primeiras a crescerem durante o processo de regeneração (Richards, 1996; Damasceno, 2005). Isso pode explicar a representatividade dessas espécies na área estudada, pois, se trata de uma área com pouco mais de 20 anos em regeneração natural. Espécies pioneiras em áreas de sucessão muitas vezes possuem um

importante papel para atração de polinizadores e diversificação de espécies de abelhas (Garcia et al. 2015).

Espécies de plantas que investem na produção de um grande número de flores para atração de polinizadores, podem em um curto prazo ter um maior sucesso do que aquelas espécies com poucas flores (Robertson e Macnair, 1995), mas muitas vezes isso pode implicar em uma alta taxa de geitonogamia (Ohashi e Yahara, 2001). Nesse estudo vimos que as espécies *F. florida*, *A. elegantum* e *F. craterophora* foram as espécies que mais investiram na produção de flores durante o período de estudo. A espécie *F. florida* investiu no *display* floral de maneira que grande parte de suas flores abriram ao mesmo tempo, uma provável estratégia para atração de um maior número de polinizadores, talvez como forma compensatória pelo pequeno volume de néctar produzido por flor (5,6 μ L) e pelo curto período de floração.

Diferentemente do que encontramos para as espécies nectaríferas *A. elegantum* e *F. craterophora*, que produziram um grande número de flores, porém com poucas flores disponíveis ao mesmo tempo durante o período em que essas espécies de plantas se encontravam floridas. Além disso, o volume de néctar produzido por *A. elegantum* e *F. craterophora* foi maior (45,40; 16,62, respectivamente), quando comparado à *F. florida*. De acordo com Thomson (1986) as espécies de plantas que produzem grande volume de néctar, como foi o caso das espécies *A. peregrinum* e *A. elegantum*, muitas vezes podem ser aquelas que receberam uma melhor qualidade de visitas pelas abelhas, pois elas podem passar mais tempo nas flores e assim garantir que uma maior deposição de grãos de pólen nos estigmas.

Quando se trata da forma e tamanho das flores que fornecem o néctar, a tubular foi a mais comum encontrada nesse estudo, assim como foi verificado por Júnior e Santos, (2006), que significou 37% do total de espécies analisadas, resultado semelhante também ao trabalho de Araújo et al. (2011) onde as flores tubulares corresponderam 66,90% do total de espécies observadas para a mesma fitofisionomia. A família Bignoniaceae, representada pelo maior número de espécies analisadas, contribuiu para que a maior quantidade de flores com forma tubular, quando comparado aos dois outros tipos florais encontrados na área, estandarte e goela. Aqui o tamanho e a forma das flores estiveram relacionados com a produção de néctar e consequentemente com a disponibilidade desse recurso, assim como observado por Araújo et al. (2013) para espécies de plantas ornitófilas.

Apesar de espécies nectaríferas serem capazes de interagirem com espécies de abelhas generalistas e especialistas (Silva et al. 2007) o tamanho e a forma das flores são importantes para definir o tipo e eficácia dos polinizadores (Faegri e van der Pijl, 1979).

As espécies encontradas nesse estudo apresentam características morfológicas especializadas que restringem a capacidade de polinização de todos os visitantes capazes de explorarem esses recursos. Espécies que possuem forma em estandarte, como foi encontrado para 17,39% das espécies, precisam de polinizadores capazes de moverem o complexo alas-quilha para exposição das partes reprodutivas. Similarmente, as flores tubulares e de goela, que representaram 56,52% e 26,08% respectivamente do total de espécies analisadas, precisam de polinizadores com capacidade de alcançarem o néctar armazenado na base da corola ao mesmo tempo que tocam estigma e anteras. Para todas as espécies estudadas com as três distintas morfologias que apresentaram a maior produção de néctar por flor, o principal agente polinizador são as abelhas de porte médio a grande como, por exemplo, *Bombus* sp., *Euglossa* sp., *Xylocopa* sp e *Epicharis* sp. (Yanagizawa, 1985; Amaral-Neto, 2011).

As espécies de plantas com flores em formato de goela foram as que mais contribuíram com a produção de néctar ao longo do ano na comunidade, provavelmente pelo grande número de flores encontradas com essa forma. Porém, mesmo que as espécies tubulares tenham contribuído com uma menor produção anual de néctar, elas apresentaram um maior volume de néctar produzido por flor. Flores estandarte produziram o menor volume de néctar tanto por flor quanto para o volume total na comunidade, isso pode estar relacionado com o tamanho das flores dessas espécies, que são pequenas quando comparadas as outras formas, afirmando que a produção de néctar realmente está relacionada com o tamanho da flor e consequentemente com a capacidade de armazenamento de néctar (Heinrich, 1983; Plowright, 1987; Galetto et al., 2000; Dafni et al., 2005; Amaral-Neto, 2011). Flores grandes, como as de *A. elegantum* e *O. lutea*, claramente conseguem armazenar um maior volume de néctar quando comparado com espécies que produzem flores pequenas, como as espécies *L. cotoneaster* e *Hyptis* sp. (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger, 1975; Galetto, 1995; Torre e Galetto, 2002; Araújo et al., 2013).

Nesse estudo nós conseguimos mostrar variações na produção e disponibilidade de néctar nas 23 espécies nectaríferas encontradas na EEJ, sendo que a média anual de néctar produzido por flor foi de 40,48 μ L, maior do que o encontrado por Araújo (2010), para as 40 espécies de plantas estudadas, onde a média foi de 15,30 μ L por flor durante um ano e

oito meses de coleta. Vale ressaltar ainda que *Palicourea rigida* foi a única espécie comum ao estudo feito por Araújo (2010), mostrando que dessa forma que composição florística atua na disponibilidade deste recurso floral (Silva et al., 2012; Silva, 2009).

A distribuição do néctar foi sazonal, e coincidiu exatamente com o maior número de espécies, indivíduos e flores disponíveis. Isso já era esperado, uma vez que em outros trabalhos de levantamento floral ocorreram o mesmo padrão (Yanagizawa, 1985; Lenza e Klink, 2006; Tannus et al., 2006; Silva, 2009).

A concentração da produção do néctar que houve entre os meses de dezembro e março foi diferente para cada uma das espécies que se encontravam disponíveis. Nos meses de dezembro e janeiro a produção de néctar esteve distribuída mais uniformemente entre as espécies, possibilitando que a retirada de uma das espécies poderia não afetar a disponibilidade de néctar para esses meses. Porém, para os meses de fevereiro e março a produção esteve relacionada principalmente a duas espécies, *A. elegantum* e *A. peregrinum*, para ambos os meses, fazendo com o que néctar seja muito restrito a poucas espécies, podendo comprometer a comunidade na falta dessas duas espécies nectaríferas.

O número de flores e de indivíduos foram as variáveis mais importantes para a disponibilidade de néctar ao longo do ano. O volume de néctar produzido esteve correlacionado com o número de flores, resultado encontrado também em trabalhos de levantamento de espécies nectaríferas tanto para o cerrado quanto para outros tipos vegetacionais (Silva, 2009; Araújo et al., 2013; Aleixo et al., 2014), indicando que o número de indivíduos, pode ser uma variável a ser considerada na análise da distribuição de recursos em uma escala espaço-temporal (Silva, 2009; Castro, 2013, Aleixo et al., 2014 Costa, 2015).

Espécies de plantas simpátricas, que conseguem conviver de maneira eficiente, podem ser facilitadoras e se beneficiar da visita dos mesmos polinizadores, mas para isso, precisam apresentar floração sincrônica (ver Otárola e Rocca, 2014). Como o que ocorreu para as espécies de plantas que produziram o maior número de flores: *F. florida*, *A. elegantum*, *F. craterophora* e *A. peregrinum* que estiveram disponíveis durante os mesmos meses, embora cada uma dessas espécies tenha apresentando o seu pico de floração e disponibilidade de maior produção de néctar de forma assincrônica.

A produção de néctar variável dentro da mesma espécie e entre espécies na comunidade pode ser uma estratégia reprodutiva de espécies de plantas simpátricas, uma vez que floração intensa e altamente sincrônica pode reduzir a probabilidade de visitação de uma flor, caso os polinizadores sejam um recurso limitante (Kudo, 2006; Otárola e

Rocca, 2014). Segundo Agostini et al. (2014), as plantas precisam ajustar os recursos para manter os visitantes florais o mais próximo do lucro líquido para assegurar que o polinizador forrageará entre o máximo de flores possível.

Por outro lado, os polinizadores podem muitas vezes influenciar diretamente a dinâmica da floração das espécies e dos recursos florais disponíveis, mesmo para aquelas espécies que não necessitam diretamente de polinizadores para a sua reprodução (Devaux e Lande, 2009 e citações). Otárola e Rocca (2014) mostraram que os estudos sobre a fenologia de floração, evento onde são disponibilizados os recursos florais aos polinizadores (Gentry, 1974; Silva, 2009; Aleixo et al., 2014), é geralmente estudada separadamente da biologia floral e da polinização. Contudo é importante conhecer a fenologia de floração e os eventos florais para compreender a dinâmica das interações planta-polinizador nas comunidades e o néctar é um importante recurso floral que mantém os polinizadores.

O presente estudo apresentou contribuições importantes sobre a dinâmica da produção de néctar no cerrado em regeneração em uma escala mais ampla, para aquelas espécies que produzem o néctar como principal recurso e apresentam flores com diferentes tamanhos e forma floral, corroborando nossa hipótese de que esses fatores, além do número de flores disponíveis, influenciariam a disponibilidade de néctar na comunidade.

5. Referências bibliográficas

- Agostini K, Sazima M, Galetto L (2011) Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (Leguminosae Faboideae) with different specialized pollinators. *Naturwissenschaften*. 98(11): 933-942.
- Agostini K, Lopes AV, Machado IC (2014) Recursos Florais. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 136-169. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Aleixo KP (2014) Sazonalidade na disponibilidade de alimento e dinâmica de forrageamento em *Scaptotrigona* aff. *depilis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação. Universidade de São Paulo, FFCLRP. 104p
- Aleixo KP, Faria LB, Groppo M, Castro MMN, Silva CI (2014) Spatiotemporal distribution of floral resources in a Brazilian city: Implications for the maintenance of pollinators, especially bees. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13(4): 689-696.
- Amaral-Neto LP (2011) Forma e funcionamento das flores com quilha invertida em Faboideae e interações comportamentais com abelhas visitantes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 153p.
- Anacleto DA, Marchini LC (2005) Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Biological Sciences*. 27: 277-284.

- Andena SR, Bego LR, Mechi MR (2005) A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*. 7: 55-91.
- Araújo FP (2010) A comunidade de plantas utilizadas e suas interações com beija-flores em uma área de cerrado, Uberlândia-Minas Gerais. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 154p.
- Araújo FB, Barbosa AAA, Oliveira PE (2011). Floral resources and hummingbirds on an island of flooded forest in Central Brazil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 206(9): 827-835.
- Araújo FP, Sazima M, Oliveira PE (2013) The assembly of plants used as nectar sources by hummingbirds in a cerrado area of Central Brazil. *Plant Systematics and Evolution*. 299(6): 1119-1133.
- Barbosa AAA (1997) *Biologia Reprodutiva de uma Comunidade de Campo Sujo, Uberlândia – MG*. Tese, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brazil.
- Barbosa AAA & Sazima M (2008) *Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de campo sujo de cerrado*. In: *Cerrado, Ecologia e Flora* (eds. Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF), p. 291-318. Embrapa Cerrados, Brasília – DF.
- Baker HG, Baker I (1975) Studies of nectar-constitution and pollinator-plant coevolution. In: *Coevolution of animals and plants* (eds. Gilbert LE, Raven PH), p. 126-152. Columbia University Press, New York.
- Biernaskie JM, Cartar RV (2004) Variation in rate of nectar production depends on floral display size: a pollinator manipulation hypothesis. *Functional Ecology*. 18: 125-129.
- Brito V, Telles F, Lunau K (2014) *Ecologia cognitiva da polinização*. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 417-438. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Carvalho AMC, Bego LR (1996) Studies on Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 40: 147-156.
- Castro MMN (2013) *Diversidade, amplitude e sobreposição do nicho alimentar em abelhas solitárias em Floresta Higrófila no município de Guataporá, SP*. Dissertação, Pós-Graduação em Entomologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP.
- Chase MW, Reveal JL (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 161(2): 122-127.
- Corbet SA (2003). Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion rate in the field. *Apidologie*. 34: 1-10.
- Costa CCA (2015) *Distribuição espaço-temporal de recursos florais que mantém as populações de Melipona subnitida e Plebeia aff. flavocincta (Apidae, Meliponini) em ambiente de Caatinga*. Tese UFERSA, Mossoró, RN.
- Crawley MJ (2005) *Statistics: An Introduction using R*. Chichester: John Wiley & Sons. 327p.
- Dafni A (1992) *Pollination ecology - a practical approach*. Oxford University Press, Oxford.
- Dafni A, Kevan PG, Husband BC (2005) *Practical pollination ecology*. Enviroquest, Cambridge. Ontario, Canada.
- Damasceno ACF (2005). *Macrofauna edáfica, regeneração natural de espécies arbóreas, lianas e epífitas em florestas em processo de restauração com diferentes idades no Pontal do Paranapanema*. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 108p.

- Devaux C, Lande R (2009). Displacement of flowering phenologies among plant species by competition for generalist pollinators. *Journal of Evolutionary Biology*. 22(7): 1460-1470.
- Faegri K, van der Pijl L (1979) The principles of pollination ecology. Pergamon, Oxford.
- Free JB (1970) Effect of flower shapes and nectar guides on the behaviour of foraging honeybees. *Behaviour*. 37(3): 269-285.
- Galetto L & Bernardello G. (1995) Characteristics of nectar secretion by *Lycium cestroides*, *L. ciliatum* (Solanaceae), and their hybrid. *Plant Species Biology*. 11: 157-163.
- Galetto L, Bernardello G (2003) Nectar sugar composition in angiosperms from Chaco and Patagonia (Argentina): an animal visitor's matter? *Plant Systematics and Evolution*. 238: 69-86.
- Galetto L, Bernardello G (2004) Floral Nectaries, Nectar Production Dynamics and Chemical Composition in Six Ipomoea Species (Convolvulaceae) in Relation to Pollinators. *Annals of Botany*. 94(2): 269-280.
- Galetto L (1995). Nectary structure and nectar characteristics in some Bignoniaceae. *Plant Systematics and Evolution*. 196(1-2): 99-121.
- Galetto L, Bernardello G, Isele IC, Vesprini J, Speroni G, Berduc A (2000) Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 87: 127-145.
- Garcia L C, Cianciaruso MV, Ribeiro, DB, dos Santos, FAM., Rodrigues R.R. (2015). Flower functional trait responses to restoration time. *Applied Vegetation Science*.
- Gentry AH (1974) Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*. 6:64-68.
- Hanoteaux S, Tielbörger K, Seifan M (2013) Effects of spatial patterns on the pollination success of a less attractive species. *Oikos*. 122: 867-880.
- Harder LD, Johnson SD (2009) Darwin's beautiful contrivances: evolutionary and functional evidence for floral adaptation. *New Phytologist*. 183(3): 530-545.
- Heinrich B (1983) Insect foraging energetics. In: *Handbook of Experimental Pollination Biology* (eds. Jones CE, Little RJ), p. 187-213. Scientific and Academic Press, New York.
- Jammalamadaka SR, Sengupta A (2001) Topics in Circular Statistics, Sections 3.3.2 and 3.4.1. World Scientific Press, Singapore.
- Junior JMC, Carvalho DA, Mansanares ME (2010). A Família Bignoniaceae Juss (Ipês) no Município de Lavras, Minas Gerais. *Cerne*. 16(4): 517-529.
- Junior JEQF & Santos ML (2006) Recursos florais e síndromes de polinização e dispersão de espécies de campo rupestre no Parque Estadual da Serra dos Pirineus, Goiás. Relatório do Programa de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás.
- Koppen W (1948) *Climatologia*. Ed. Fondo Cultura Economica, Mexico City.
- Kovach W (2012) Oriana 3.21. Anglesey, Wales: Kovach Computing Services.
- Kudo G (2006) Flowering phenologies of animal-pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. In: *Ecology and Evolution of Flowers* (eds. Harder LD, Barrett SCH). p. 139-158. Oxford University Press, New York, United States.
- Leiss KA, Klinkhamer PGL (2005) Spatial distribution of nectar production in a natural *Echium vulgare* population: implications for pollinator behaviour. *Basic and Applied Ecology*. 6: 317-324.
- Lenza EDDIE, Klink CA (2006). Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica*. 29(4): 627-638.

- Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015) Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 22 Abr.
- Lunau K, Wacht S, Chittka L (1996) Colour choices of naive bumble bees and their implications for colour perception. *Journal of Comparative Physiology*. 178: 477-489.
- Machado AIMR, Romero R (2014) Bignoniaceae from mountains of Capitólio and Delfinópolis municipalities, Minas Gerais state. *Rodriguésia*, 65(4): 1003-1021.
- Michener CD (2007) *The bees of the world*. 2nd edition. Baltimore MD: The Johns Hopkins, University Press, United States. xvi + p 953.
- Mincley RL, Roulston TH (2006) Incidental mutualisms and pollen specialization among bees. In: *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions* (eds. Waser NM, Ollerton J), p. 69-98. The University of Chicago Press, Chicago.
- Morellato LPC, Talora DC, Takahasi A, Bencke CC, Romera EC, Zipparro VB. (2000) Phenology of Atlantic rain forest trees: A comparative study. *Biotropica* 32: 811-823.
- Nicolson SW, Thornburg RW (2007) Nectar chemistry. In: *Nectaries and Nectar* (eds. Nicolson SW, Nepi M, Pacini W) p. 215–264. Dordrecht: Springer-Verlag.
- Ohashi K, Yahara, T (2001) Behavioural responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits. *Cognitive Ecology of Pollination: Animal Behavior and Floral Evolution* (eds. Chittka L, Thomson JD) p. 274–296. Cambridge University Press, New York.
- Oliveira PE, Gibbs PE (2008) Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of the central Brazil. *Flora*. 195: 311-329.
- Otárola MF, Rocca MA (2014) Flores no tempo: a floração como uma fase de fenologia reprodutiva. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC) p.113-126. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Plowright RC (1987) Corolla depth and nectar concentration: an experimental study. *Canadian Journal of Botany*. 65(5): 1011-1013.
- R Core Team (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rathcke BJ (1992) Nectar distributions, pollinator behavior, and reproductive success. In: *Effects of Resource Distribution on Animal–Plant Interactions* (eds. Hunter MD, Ohgashi T, Price PW) p. 113–138. Academic Press, New York, United States.
- Richards PW (1996) *The tropical rainforest: an ecological study*. 2.ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Robertson AW, MACNAIR MR (1995) The effects of floral display size on pollination service to individual flowers of *Myosotis* and *Mimulus*. *Oikos* 72: 106-114.
- Santos FM, Carvalho CAL, Silva RF (2004). Diversidade de abelhas (hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. *Acta Amazônica*, 34:319-328.
- Silberbauer-Gottsberger I & Gottsberger G (1975) Über sphingophile angiospermen Brasiliens. *Plant Systematics and Evolution*. 123(3): 157-184.
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G (1988) A polinização das plantas do Cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*. 48: 651-653.
- Silva CI (2009) Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por *Xylocopa* spp. e interação com plantas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. Tese. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. 287p.

- Silva CI, Araújo G, Oliveira PEAM (2012) Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 56: 748-760.
- Silva CI, Augusto SC, Sofia SH, Moscheta IS (2007) Bee diversity in *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae): Importance for pollination and fruit production. *Neotropical Entomology*. 36(3): 331-341.
- Silva CI, Ballesteros PLO, Palmero MA, Bauermann SG, Evaldt ACP, Oliveira PE (2010) Catálogo polínico: Palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro. EDUFU, Uberlândia.
- Tannus JL, Assis MA, Morellato LPC. (2006). Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. *Biota Neotropica*, 6(3): 1-27.
- Thomson JD (1986) Pollen transport and deposition by bumble bees in *Erythronium*: influences of floral nectar and bee grooming. *The Journal of Ecology*, 329-341.
- Toledo-Filho DV (1984) Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado do município de Luis Antônio (SP). Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas, Campinas. 173p.
- Toppa RH (2004) Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 124p.
- Torres C, Galetto L (2002) Are nectar sugar composition and corolla tube length related to the diversity of insects that visit Asteraceae flowers?. *Plant Biology*. 4(3): 360-366.
- Vamosi JC, Knight TM, Steets JA, Mazer SJ, Burd M, Ashman TL (2006) Pollination decays in biodiversity hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences, United States*. 103: 956-961.
- Varassin IG e Amaral-Neto LP (2014) Atrativos. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC) p.151-168. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Yanagizawa Y (1985) Aspectos da biologia floral de espécies de *Arrabidaea* e *Jacaranda*, no município de Botucatu, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 130p.

Capítulo II

A produção do néctar está associada à diversidade de visitantes florais e à interação intraespecífica pólen/estigma em espécies de plantas nectaríferas?

Resumo

A manutenção dos visitantes florais é de extrema importância para plantas alógamas. Em espécies nectaríferas, o néctar é o recurso principal disponibilizado aos visitantes florais e sua produção pode determinar o sucesso no fluxo de pólen entre indivíduos na população. Nosso objetivo nesse estudo foi verificar, ao nível de comunidade, como a produção do néctar atua na atração dos visitantes florais e na deposição intra e interespecífica de pólen no estigma em espécies de plantas nectaríferas. O estudo foi feito no cerrado na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), em Luís Antônio, São Paulo. Na EEJ nós demarcamos duas transeções de 500 m por 10 m de cada lado. Entre agosto de 2013 a julho de 2014, percorremos quinzenalmente as transeções, contabilizando o número de flores por indivíduo e o número de indivíduos para cada espécie nectarífera em floração. Nesses indivíduos, nós avaliamos: o volume médio de néctar produzido por flor; a média da produção de óvulos para cada espécie amostrada e; a deposição polínica por meio da porcentagem dos grãos intra e interespecíficos identificados nos estigmas para cada espécie encontrada. Nós observamos e amostramos as abelhas nas flores no período de 08:00 às 16:00 horas e dessas, retiramos os grãos de pólen aderidos ao corpo para a identificação das espécies de plantas correspondentes. Ao todo, nós obtivemos dados sobre a produção de néctar e interação para 12 espécies de plantas nectaríferas. Nós observamos que quanto maior o número médio de óvulos de uma dada espécie, maior a produção média de néctar por flor ($R_s = 0,58$; $p < 0,05$). Nessas espécies nós amostramos 262 abelhas, distribuídas em 42 espécies. Encontramos que a razão pólen intraespecífico/pólen total depositado no estigma das flores foi influenciada negativamente pela abundância das abelhas ($t = -3,930$; $p = 0,005$). Nós observamos um nível intermediário de especialização ($H2' = 0,412$) quando analisamos a interação entre as espécies nectaríferas e as abelhas visitantes por meio de observação direta e mais especializado quando analisamos a interação por meio dos grãos de pólen depositados no corpo das abelhas ($H2' = 0,62$). Nós encontramos uma interação altamente especializada quando avaliamos os grãos de pólen depositados nos estigmas ($H2' = 0,943$) e verificamos que há uma eficiência das abelhas na deposição de pólen intraespecífico. Nossos resultados corroboraram a hipótese de que espécies de plantas que produzem mais flores e um maior volume de néctar, apresentaram mais óvulos e atraem um maior número de abelhas visitantes e consequentemente apresenta uma maior deposição polínica nos estigmas.

Palavras-chave: *display* floral, deposição polínica, abelhas, cerrado e razão pólen/óvulo.

Abstract

The maintenance of floral visitors is of utmost importance for allogamous plants. In nectariferous species, nectar is the main resource available to floral visitors and its production can determine a successful pollen flow between individuals in the population. This study aimed to verify, at the community level, the influence of nectar production in attracting floral visitors and intra- and interspecific deposition of pollen on the stigma in nectariferous plant species. The study was conducted in the Jataí Ecological Station (EEJ), located in Luís Antônio, São Paulo State. Inside the EEJ, two transects measuring 500 m x 10 m were delimited. The transects were run every two weeks from August 2013 to July 2014 and the number of individuals and flowers produced/individual (floral display) were counted for each species of nectariferous plant at flowering. In these individuals, it was investigated: the average volume of nectar produced per flower; the average production of ovules for each species sampled and the pollen deposition through the percentage of intra- and interspecific pollen grains identified on stigmas for each species registered. In addition, bees were observed and sampled on flowers from 08:00 to 16:00 hours, and of these, the pollen grains attached to the body were collected to identify the plant species. It was obtained data on nectar production and interaction for 12 species of nectariferous plants. The higher the average number of ovules of a certain species, the greater the average production of nectar per flower ($R_s = 0.58$; $p < 0.05$). In these species, there were collected 262 bees of 42 species. The ratio intraspecific pollen/total pollen deposited on the stigma of flowers was negatively affected by the abundance of bees ($t = -3.930$; $p = 0.005$). An intermediate level of specialization ($H2' = 0.412$) was found when analyzing the interaction between nectariferous species and visiting bees through direct observation and a more specialized level when analyzing the interaction by means of pollen grains deposited on the body of bees ($H2' = 0.62$). In turn, considering the pollen grains deposited on stigmas, a highly specialized interaction was recorded ($H2' = 0.943$) besides the efficiency of bees in the deposition of intraspecific pollen. Our results confirmed the hypothesis that plants producing more flowers and a greater volume of nectar also produce more ovules and attract a higher number of visiting bees and thus show a greater deposition of pollen on stigmas.

Key words: floral display, pollen deposition, bees, cerrado, pollen/ovule ratio.

1. Introdução

Estima-se que 90% das angiospermas dependam de animais para a sua polinização (Ollerton et al., 2011), sendo a maioria desses animais também são dependentes das plantas para a sua sobrevivência. Apesar dos animais serem eficientes na polinização, apenas uma fração muito pouco representativa do pólen retirado por eles, chega até o estigma de flores coespecíficas (Harder e Johnson, 2008; Harder e Aizen, 2010). Grande parte do pólen coletado, ou depositado acidentalmente no corpo dos visitantes florais é utilizado na alimentação, como ocorre, por exemplo, nas abelhas (Michener, 2007).

Para a polinização, as flores precisam atrair os polinizadores, muitas vezes utilizando sinais visuais para indicar a presença de algum tipo de recurso (Varassin e Amaral-Neto, 2014). A cor das flores e os guias de néctar podem ser alguns deles, pois sinalizam claramente ao polinizador a presença e localização de recurso na flor (Free, 1970; Varassin e Amaral-Neto, 2014) e isso faz com que os polinizadores selecionem essas espécies de plantas devido à facilitação no encontro do recurso (Faegri e van der Pijl, 1979; Lunau et al., 1996). Além disso, o *display* floral também pode (Ohashi e Yahara, 2001), estar diretamente relacionado à percepção dos polinizadores e consequentemente uma detecção mais fácil da disponibilidade de recursos (Varassin e Amaral-Neto, 2014).

Além do *display*, a quantidade disponível e a qualidade dos recursos florais coletados pelos polinizadores, também podem atuar no efeito da polinização. Por exemplo, a distribuição do néctar disponível (*standing crop*) no indivíduo ou na comunidade pode direcionar o movimento de forrageamento dos polinizadores entre as flores disponíveis (Agostini et al., 2011).

A atração que uma espécie de planta nectarífera exerce sobre o polinizador e a constância de visitas na espécie pode estar relacionada com o total de energia fornecida (Torres e Galetto, 2002). Animais como beija-flores e morcegos apresentam uma alta demanda energética preferindo flores ricas em sacarose, diferentemente dos insetos, como por exemplo, as formigas, moscas e abelhas que não exigem uma demanda energética muito alta e parecem preferir flores ricas em frutose e glicose (Galetto e Bernardello, 2003; Baker e Baker, 1983; Carpenter et al., 1983).

Espécies de plantas nectaríferas são mais generalistas do que aquelas poliníferas e mantém interações com abelhas especialistas e generalistas ao mesmo tempo (Silva, *com.pess.*). As visitas das abelhas nessas espécies de plantas podem contribuir de forma significativa para o sucesso reprodutivo das mesmas. Para as espécies alógamas, dentre elas as alógamas obrigatórias, que são aquelas onde é necessária a fecundação cruzada, a

manutenção das visitas pelos polinizadores é de extrema importância para propiciar o fluxo de pólen entre indivíduos e assim garantir boa produção de frutos (Varassin et al., 2012).

Espécies alógamas produzem mais grãos de pólen, sem uma variação sistemática da quantidade de óvulos (Gibbs e Vargos-Carillo, 1975). Cruden (1977) mostrou que a razão pólen/óvulo (P/O) reflete a probabilidade de que um número suficiente de grãos de pólen alcance os estigmas das flores, resultando em um conjunto máximo de sementes. O autor também afirma que, quanto mais eficiente à transferência de pólen menor deve ser o valor para a razão P/O.

Por outro lado, o excesso da deposição de grãos de pólen intraespecífico pelos visitantes contribui para que possam ocorrer problemas como obstrução dos pistilos ou interferência química, causando um comprometimento na fecundação dos óvulos (Larso et al., 2006). A baixa quantidade e/ou qualidade genética do pólen que chega até o estigma das flores é conhecida como limitação polínica e pode comprometer a reprodução nas angiospermas (Ashman et al., 2004; Aizen e Harder, 2007). Desse modo, o número e a qualidade dos grãos de pólen depositados no estigma em uma única visita, ou por unidade de tempo, tem sido muitas vezes utilizado como uma medida de desempenho dos polinizadores (Ne'eman et al., 2010).

Levando em consideração a importância de compreender como as plantas atuam na atração dos visitantes florais e a participação deles na polinização, o nosso objetivo nesse estudo foi verificar, ao nível de comunidade, como a produção do néctar atua na diversidade dos visitantes florais e na interação e deposição intra e interespecífica de pólen no estigma em espécies de plantas nectaríferas.

Aqui nossa hipótese é que a produção do néctar está associada a uma estratégia para aumentar o êxito reprodutivo em espécies nectaríferas. Nós esperávamos encontrar na comunidade estudada, espécies de plantas nectaríferas com diferenças no *display* floral e no volume do néctar produzido, e que aquelas espécies que produzissem um maior número de flores e maior volume de néctar na comunidade apresentariam também maior quantidade de óvulos e maior frequência de interação e deposição de pólen no estigma.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

Nós desenvolvemos o presente estudo na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), localizada no município de Luís Antônio, São Paulo. Na EEJ foram demarcamos duas

transeções de 500 m por 10 m de cada lado, sendo a primeira chamada de “trilha do pequi” (21°36’23.9” S e 47°47’28.6” W) e a segunda “trilha da onça” (21°35’32.1” S e 47°47’8.10” W) totalizando 2 ha de área amostrada (Figura 1 do capítulo 1). A distância entre as transeções foi de aproximadamente 700 m.

A vegetação original da EEJ é predominantemente cerradão, ocupando 60,72% da sua área total com 4.532,18 ha (Toppa, 2004). As duas áreas onde estão localizadas as trilhas encontram-se em processo de regeneração. Essas áreas foram ocupadas por décadas com o cultivo de *Eucalyptus* sp. a mais de vinte anos e estão em processo de regeneração natural.

O clima da região é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen (1948), com temperaturas mais elevadas durante o período chuvoso (outubro a abril) e mais amenas durante o período seco (maio a setembro).

2.2. Display floral e produção do néctar

Nós percorremos quinzenalmente as transeções demarcadas na área de estudo no período de agosto de 2013 a julho de 2014 e contamos o número de flores produzidas por indivíduo e o número de indivíduos em floração para cada espécie nectarífera amostrada. Para avaliar a produção de néctar nós ensacamos os botões florais em pré-antese com sacos de filó sempre no final da tarde do dia anterior à coleta do néctar. Para avaliar a contribuição de cada espécie na disponibilidade de néctar, nós padronizamos os dados marcando na população botões florais em pré-antese disponíveis a cada 15 dias ao longo de um ano. Portanto, não houve um número fixo de flores estudadas. Nós coletamos o néctar 24 horas depois dos botões florais serem ensacados e para isso usamos microcapilares graduados de 1 a 50µL (Dafni, 1992). Nós avaliamos o volume médio do néctar (µL) produzido por flor para cada espécie e o volume médio de néctar produzido para cada indivíduo (µL) das espécies amostradas na comunidade. Para isso, nós dividimos a soma do volume total retirado das flores pelo número de indivíduos para uma dada espécie. Também estimamos a produção de néctar através da soma do volume de néctar produzido pelas flores para cada uma das espécies, por mês e por ano (mL), para cada uma das espécies nectaríferas amostrada nas transeções.

Para todas as espécies amostradas, nós preparamos as exsicatas para a identificação e depositamos os *vouchers* no Herbário do Departamento de Biologia da FFCLRP-USP (Herbário SPFR). Nós usamos o sistema proposto pelo Angiosperm Phylogeny Group,

APG III (Chase e Reveal, 2009) para o posicionamento das famílias botânicas e para a nomenclatura das espécies seguimos a Flora Brasiliense (CRIA, 2015).

2.3. Avaliação da produção de óvulos por flor

Para avaliar a produção de óvulos por ovário nós coletamos em até 5 indivíduos, 20 botões florais intactos, para cada espécie que se encontravam em pré-antese e esses foram mantidos em álcool 70%. Posteriormente, com o auxílio de estereomicroscópio, nós dissecamos os ovários e contamos o número de óvulos produzido (Cruden, 1977). A partir desses números, nós estimamos a média de óvulos produzidos por ovário, dividindo o total de óvulos contados pelo número de flores analisadas para cada espécie na comunidade.

2.4. Avaliação da deposição de pólen intraespecífico e interespecífico nos estigmas

Para a contagem de grãos de pólen, nós coletamos de 5 a 10 estigmas por espécie de planta nectarífera encontrada nas transecções. Nós retiramos cuidadosamente os estigmas com auxílio de pinças ou tesouras, de maneira que não houvesse contaminação com o pólen da própria planta. Os estigmas foram levados para o laboratório em frascos separados, com a anotação do nome da espécie e do número do indivíduo onde foi retirado. Nós submetemos os estigmas ao processo de acetólise realizado diretamente na lâmina. Nós colocamos separadamente cada estigma em uma lâmina sobre uma placa aquecedora a uma temperatura de 80°C. Na lâmina nós adicionamos ca. de 5 gotas da mistura de acetólise (Erdtman, 1960) (9:1 de anidrido acético e ácido sulfúrico) para estigmas pequenos (< 2mm) a 10 gotas, para estigmas grandes (> 2mm). Em seguida acrescentamos gotas de álcool absoluto para limpar a mistura de acetólise. Posteriormente inserimos sobre o material polínico a gelatina de Kisser (Salgado-Labouriau, 1973) a lamínula e por fim, vedamos com esmalte incolor. Para cada amostra nós contamos todos os grãos de pólen em microscópio trinocular Leica DM 4000B com aumento de até 2560x. A acetólise permitiu a identificação dos grãos de pólen depositados ao nível mais específico possível. Para isso, paralelamente ao desenvolvimento dos estudos nós preparamos uma coleção de referência de pólen (Palinoteca) das espécies de plantas em floração na área estudada (Silva et al., 2010; 2014a). Nós calculamos a porcentagem dos grãos intraespecíficos e interespecíficos depositados nos estigmas para cada uma das espécies de planta nectarífera amostrada.

2.5. Avaliação das visitas e amostragem das abelhas nas flores

Nós observamos e amostramos as abelhas nas flores quinzenalmente, no período de 08:00 às 16:00 horas, horário de maior atividade de abelhas nas flores no Cerrado (Mateus, 1998; Andena et al., 2005). Nós seguimos o métodos propostos por Sakagami e Matsumura (1967) e Sakagami et al. (1967), que consistem na observação direta das abelhas nas flores por 5 minutos.

Após as observações nós capturamos as abelhas com auxílio de redes entomológicas e as acondicionamos em frascos separadamente. Em cada frasco nós anotamos o horário da coleta e a numeração da planta na qual coletamos a abelha. Posteriormente, amostramos os grãos de pólen aderidos ao corpo dessas abelhas e em seguida os submetemos ao método de acetólise proposto por Erdtman (1960). Nós preparamos as lâminas com os grãos de pólen amostrados nas abelhas seguindo o procedimento apresentado em Silva et al. (2014a) e as depositamos na Palinoteca do Laboratório de Palinoecologia da FFCLRP/USP.

Nós identificamos o material polínico depositado no corpo das abelhas por meio de comparação com aqueles das plantas depositados na coleção de referência de pólen da Palinoteca do Laboratório de Palinoecologia da FFCLRP/USP (Silva et al., 2014b).

Nós separamos os táxons das abelhas usando chaves de identificação, encaminhamos para especialistas para a confirmação da identificação e posteriormente, as incorporamos na Coleção de Abelhas e Vespas do Setor de Ecologia do Departamento de Biologia da FFCLRP/USP.

2.6. Análise das redes de interações

Nós analisamos a frequência e força da interação através das análises de rede elaboradas com os dados obtidos: 1) da observação direta das abelhas nas flores; 2) da identificação dos grãos de pólen depositados no corpo dos visitantes florais (observação indireta) e 3) do pólen depositados nos estigmas das espécies nectaríferas. Nós avaliamos o grau de especialização na comunidade de abelhas e de plantas nectaríferas usando o índice $H2'$ (Blüthgen et al., 2006), que leva em conta não apenas com quantas espécies de planta as abelhas visitantes interagiram, mas também o quanto os conjuntos de plantas por cada espécie de visitante diferem entre si. A significância de $H2'$ foi estimada através de um procedimento de Monte Carlo com 10.000 aleatorizações. As análises e as representações das redes de interação como grafos bipartidos foram feitos usando o pacote bipartite para R (Dormann et al., 2008). Esse índice avalia o quanto as interações de cada espécie

diferenciam-se das outras na rede de interação e varia de 0 (todas as abelhas interagindo com as mesmas plantas) a 1 (cada abelha interagindo com um subconjunto de plantas).

2.7. Análises estatísticas

Para avaliar se as plantas que produzem mais óvulos investem mais na produção do néctar como um atrativo aos polinizadores, nós verificamos, através do emprego da correlação de Spearman, se existe relação entre o volume médio de néctar por flor e o número médio de óvulos por espécie vegetal. Nós utilizamos modelos lineares generalizados (GLM – *Generalized linear models*) para verificar se a razão pólen intraespecífico/pólen total, como uma medida da qualidade do serviço de polinização recebido pelas plantas através de seus visitantes, é influenciada por múltiplos fatores (abundância e riqueza de visitantes florais; número de indivíduos e de flores por espécie de planta; e a razão pólen intraespecífico/pólen total no corpo dos visitantes de cada espécie floral). Para evitar colinearidade, nós analisamos se as variáveis explicativas estavam correlacionadas entre si. Na presença de correlação entre duas variáveis, nós eliminamos aquela que julgamos apresentar menor importância ecológica para a variável resposta (razão pólen intraespecífico/pólen total). Utilizamos a distribuição gaussiana para modelar os dados e o teste t para contabilizar a influência de cada variável explicativa sobre a variável resposta.

3. Resultados

Nós obtivemos dados sobre a produção de néctar e interação com as abelhas para 12 das espécies de plantas nectaríferas (Tabela 1). As espécies *Fridericia florida* (DC.) L.G. Lohmann e *Amphilophium elongatum* (Vahl) L.G. Lohmann apresentaram o maior *display* floral, produzindo um total de 1818 flores, com média de $363,60 \pm 283,06$ por indivíduo para *F. florida* e 429 flores, com média de $15,89 \pm 21,20$ por indivíduo para a espécie *A. elongatum* durante todo o período estudado.

Com relação à produção de néctar, *A. elongatum*, *Adenocalymma peregrinum* (Miers) L.G. Lohmann e *F. florida* produziram o maior volume de néctar entre as espécies no período estudado, disponibilizando 19,47 mL, 10,50 mL e 10,18 mL, respectivamente.

Nós encontramos uma variação no número de óvulos por ovário dentro e entre as espécies nectaríferas estudadas. *Jacaranda* sp. e *A. elongatum* apresentaram,

respectivamente, a maior produção de óvulo/ovário em relação às demais espécies nectaríferas, sendo $133,5 \pm 22,92$ e $55,95 \pm 8,98$ por flor (Tabela 1).

Para as análises entre produção de óvulos e volume de néctar produzido por flor, nós observamos que há uma relação entre essas variáveis, mostrando que quanto maior o número médio de óvulos de uma dada espécie, maior a produção média de néctar por flor ($R_s = 0,58$; $p < 0,05$) (Figura 1).

Figura 1. Análise de correlação entre o número médio de óvulos e volume médio de néctar produzidos por flor nas espécies de plantas nectaríferas encontradas em floração na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014.

Durante o período estudado, nós observamos 321 interações entre abelhas visitando flores das espécies de plantas nectaríferas, mas dessas, foram coletadas 262 abelhas, as quais foram utilizadas para fazer as análises apresentadas a seguir.

Tabela 1. Espécies de plantas nectaríferas onde foram observada visitas de abelhas na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre o período de agosto de 2013 à julho de 2014. NIP: Número de indivíduos das espécies de plantas; NF: número de flores produzidas; MF/I: média de flores produzidas por indivíduos; VMN/F: volume médio de néctar produzido por flor; μL : microlitro; N: número total de amostras; MO/F: média de óvulos por flor; Var: Variância; NEA: número de espécies de abelhas; NIA: número de indivíduos de abelhas; MA/F: média de abelhas por flor; MA/I: média de abelhas por indivíduos; PIntra: pólen intraespecífico encontrado no estigma das flores; PInter: número de pólen interespecífico encontrado no estigma das flores; PIntra/O: razão entre número de óvulos e pólen intraespecífico depositado no estigma das flores. * espécie com limitação polínica.

Espécie	NIP	NF	MF/I	VMN/F μL (N)	MO/F (Var)	NEA	NIA	MA/F	MA/I	PIntra	PInter	PIntra/O
<i>Adenocalymma peregrinum</i> (Miers) L.G. Lohmann	82	383	4,67	$29,4 \pm 9,50$ (9)	$13,41 \pm 2,12$ (10-19)	17	124	0,324	1,51	626,5	362,87	46,71
<i>Amphilophium elongatum</i> (Vahl) L.G. Lohmann	27	429	15,89	$45,40 \pm 30,59$ (32)	$55,95 \pm 8,98$ (36-69)	12	41	0,096	1,52	6356,33	206,16	113,60
<i>Fridericia craterophora</i> (DC.) L.G. Lohmann	44	399	9,07	$16,62 \pm 12,23$ (8)	$45 \pm 6,01$ (37-59)	9	15	0,038	0,34	1474,17	40	32,75
<i>Fridericia florida</i> (DC.) L.G. Lohmann	5	1818	363,60	$5,6 \pm 5,12$ (5)	$26,15 \pm 2,88$ (22-32)	4	9	0,005	1,80	478	8,3	18,27
<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G. Lohmann	1	88	-	$20,11 \pm 10,95$ (9)	$40,94 \pm 3,11$ (37-48)	7	8	0,091	8,00	357,33	13,66	8,72
<i>Jacaranda</i> sp.	23	200	8,70	$20,02 \pm 9,60$ (20)	$133,05 \pm 22,91$ (77-160)	16	35	0,175	1,52	207,25	11,75	1,55*
<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers	17	48	2,82	40 ± 0 (1)	$41,92 \pm 12,41$ (21-63)	2	3	0,063	0,18	237	0	5,65
<i>Hypenia</i> sp.	4	29	7,25	$9,58 \pm 1,02$ (6)	4 ± 0 (4)	1	1	0,034	0,25	8,75	0	2,18*
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	1	105	-	$3,1 \pm 2,6$ (9)	$4,10 \pm 0,79$ (3-7)	7	12	0,114	12,00	785	5	191,58
<i>Crotalaria</i> sp.	15	182	12,13	10 ± 0 (1)	$7,65 \pm 1,23$ (5-10)	1	1	0,005	0,07	714	1,5	93,33
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	31	147	4,74	$10,88 \pm 2,04$ (36)	$8,80 \pm 1,47$ (7-14)	7	12	0,082	0,39	459,28	53,14	52,19
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	4	33	8,25	20 ± 0 (4)	2 ± 0 (2)	1	1	0,030	0,25	319	28	159,5

As 42 espécies de abelhas amostradas nas flores estiveram distribuídas em 11 tribos, sendo Meliponini (9) mais representativa em número de espécie, seguida por Augochlorini (8), Centridini (6), Ceratinini (5), Euglossini (4), Bombini (3), Megachilini (2), Tetrapediini (2), Apini (1), Ericrocidini (1) e Oxaeini (1) (Anexo 1). Em termos de abundância, nós verificamos que dentre as espécies de abelhas coletadas nas flores, *Ceratina (Crewella) maculifrons* Smith, 1854 e *Frieseomelitta varia* (Lepeletier, 1836) foram as mais representativas, com 73 (27,86%) e 33 (12,59%) indivíduos (Anexo 1).

Nós verificamos que as espécies de plantas nectaríferas mais atrativas para as abelhas, tanto em riqueza como abundância, foram *A. peregrinum* (17 espécies; 124 indivíduos de abelhas), *Jacaranda* sp. (16; 35) e *A. elongatum* (12; 41) (Tabela 1). Observamos também que *A. elongatum* foi a espécie com maior deposição de grãos de pólen intraespecífico depositados no estigma, com média de 6.356, seguida pela espécie *F. craterophora*, com 1.474, quando comparadas às demais espécies nectaríferas (Figura 2; Tabela 1). Analisando a razão pólen intraespecíficos depositados nos estigmas/óvulos produzidos, nós encontramos indicativo de limitação polínica apenas para as espécies *Hypenia* sp. e *Jacaranda* sp. (Tabela 1; Figura 2).

Figura 2. Frequência da deposição de pólen intraespecífico no estigma (círculo branco), número de óvulos (círculo cinza), média de pólen intraespecífico encontrado nos estigmas (barra cinza clara) e média da produção de óvulos (barra preta) produzidos por espécie de planta encontrada na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre os meses de agosto de 2013 à julho de 2014. Sp1: *A. anthelmia*; sp2: *A. elongatum*; sp3: *A. peregrinum*; sp4: *Crotalaria* sp.; sp5: *F. craterophora*; sp6: *F. florida*; sp7: *F. platyphylla*; sp8: *Hypenia* sp.; sp9: *Jacaranda* sp.; sp10: *P. mediterranea*; sp11: *P. rigida*; sp12: *P. venusta*.

Nós descartamos a variável riqueza de visitantes para as análises GLM por estar correlacionada com a abundância de visitantes ($R = 0,95$; $p < 0,0001$) e, portanto, evitamos colinearidade. As demais variáveis explicativas não apresentaram correlação entre si e as utilizamos na análise GLM. Assim, nós encontramos que a razão pólen intraespecífico/pólen total depositado no estigma das flores é influenciada pela abundância das abelhas ($t = -3,930$; $p = 0,005$) (Figura 3), i.e., a deposição de pólen intraespecífico diminui na medida que aumenta a abundância de abelhas. Contudo, não encontramos que a eficiência da polinização sofra influência do número de flores disponíveis ($t = 0,529$; $p = 0,613$), do número de indivíduos de cada espécie ($t = -0,396$; $p = 0,704$) e nem da razão pólen intraespecífico/pólen total depositado no corpo das abelhas ($t = 0,749$; $p = 0,478$).

Figura 3. Efeito da abundância de visitantes por espécie vegetal sobre a razão pólen intraespecífico/pólen total no estigma de cada espécie nectarífera que floresceram na Estação Ecológica de Jataí (EEJ), entre os meses de agosto de 2013 à julho de 2014.

Durante as observações diretas nas flores para as espécies de plantas nectaríferas analisadas (Tabela 1), nós observamos que *Adenocalymma peregrinum* foi mais generalista, recebendo visita de 124 indivíduos, representando quase a metade do número de abelhas coletadas (Figura 4A).

Quando analisamos o pólen do corpo das 262 abelhas distribuídas nas 42 espécies, coletadas nas flores das espécies nectaríferas estudadas, nós verificamos por meio dos grãos de pólen que essas abelhas interagiram com 105 espécies de plantas, incluindo as 12

espécies nectaríferas (Figura 4B). O pólen de *A. peregrinum* foi mais representativo no corpo de *Frieseomelitta varia* (Figura 4B).

Nós observamos 55 tipos polínicos depositados nos estigmas das 12 espécies de plantas nectaríferas estudadas. Para todas as espécies, a deposição de pólen intraespecífico foi maior do que o interespecífico (Tabela 1; Figura 5). *Adenocalymma peregrinum* e *A. elegantum* apresentaram expressivamente uma maior diversidade de pólen interespecífico depositado nos estigmas, quando comparadas às demais espécies nectaríferas (Figura 5).

A figura 4A, que mostra os dados obtidos por meio da observação direta das abelhas visitando as flores, sugere que a comunidade de espécies nectaríferas estudada apresenta um nível de especialização intermediária ($H2' = 0,412$), mostrando que há um elevado compartilhamento das espécies nectaríferas estudadas pelas abelhas coletadas. Entretanto, quando analisamos a figura 4B, na qual identificamos o pólen depositado no corpo das abelhas, nós observamos uma maior especialização ($H2' = 0,62$), mostrando que cada abelha interage com um subconjunto de plantas, transportando um maior número de grãos de pólen de uma determinada espécie nectarífera.

Quando nós verificamos a deposição de pólen nos estigmas encontramos uma interação altamente especializada ($H2' = 0,943$), mostrando que há uma elevada eficiência das abelhas na deposição de pólen intraespecífico no estigma das espécies nectaríferas na comunidade estudada.

Figura 4. Análises da interação abelha e planta nectarífera. A: observação direta das abelhas visitando as espécies de plantas nectaríferas; B: análise do pólen depositado no corpo das abelhas coletadas nas flores das espécies nectaríferas encontradas na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Os vetores em verde representam as espécies de abelhas, os vetores amarelos representam as espécies de plantas nectaríferas estudadas (A) e os tipos polínicos encontrado no corpo das abelhas (B) e as linhas em azul, a proporção dos tipos polínicos em cada espécie de abelha.

Figura 5. Interação pólen e estigma das espécies de plantas nectaríferas estudadas na Estação Ecológica de Jataí, no período de agosto de 2013 à julho de 2014. Os vetores em verde representam as 12 espécies nectaríferas estudadas, os vetores amarelos representam os tipos polínicos depositados nos estigmas das espécies nectaríferas e as linhas em azul, a proporção dos tipos polínicos para cada espécie nectarífera.

4. Discussão

Nesse estudo nós verificamos que as espécies de plantas como *F. florida*, *A. elegantum*, *F. craterophora* produziram o maior número de flores entre as espécies distribuídas ao longo do período de estudo. Para as espécies que produziram o maior volume de néctar por flor, além de *A. elegantum*, que também produziu grande número de flores, encontramos as espécies *P. venusta* e *A. peregrinum*.

As espécies que produziram um grande volume de néctar por flor apresentaram correlação com o número de grãos de pólen intraespecífico e interespecíficos depositados nos estigmas, sugerindo que espécies produtoras de grande volume de néctar podem possibilitar maior número de visitas e como consequência, um grande número de grãos de pólen depositados no estigma.

Espécies como *F. florida* que produziu o maior número de flores entre as espécies, representando 47,08% do total de flores produzidas, recebeu visita de somente nove abelhas, sendo um número muito baixo quando comparado com a espécie *A. peregrinum* que recebeu visita de 124 abelhas. Estudos mostram que os polinizadores podem visitar somente algumas flores, mesmo naquelas plantas onde a produção de flores é grande (Ohashi e Yahara, 1998; Michell et al., 2004). Isso pode estar relacionado com a energia fornecida pelo recurso, afinal os polinizadores tendem a buscar um recurso sem que tenham gastos energéticos maiores do que aqueles que irão adquirir das plantas (Agostini et al., 2014).

Ao mesmo tempo é interessante para a planta que um número maior de flores sejam visitadas, a fim de se garantir a maior transferência de grãos de pólen (Agostini et al., 2014). Porém, a insistência de polinizadores em um único indivíduo pode causar um nível alto de geitonogamia, como foi mostrado por Chacoff et al. (2008). Nesse estudo, os autores mostram que cerca de 90% dos 1931 movimentos observados pelas abelhas durante as visitas, foram entre flores do mesmo indivíduo, indicando que o comportamento necessário para a polinização cruzada pode ocorrer com pouca frequência em espécies que produzem grande número de flores.

Nós encontramos que de maneira geral a produção de óvulos está associada à produção média de néctar e isso pode ter implicações na reprodução das espécies. É interessante pensar que espécies de plantas que investem na produção do recurso floral atrativo podem assegurar uma maior taxa de visitação e consequentemente promover mais deposição de pólen no estigma e dessa forma garantir a fecundação do maior número de óvulos. Por outro lado, Cruden (1976) sugere que a baixa produção de néctar pode ser uma

adaptação para maximizar a produção de frutos, pois forçaria os polinizadores a visitar um número maior de flores.

Nós encontramos uma diversidade de espécies de abelhas visitando espécies nectaríferas, semelhantes àsquelas observadas em outros estudos no cerrado (Santos et al., 2004; Andena et al., 2005; Anacleto e Marchini, 2005). No presente estudo *A. peregrinum*, juntamente com *A. elegantum*, foram as espécies que mais receberam visitas de abelhas, sendo que ambas possuem síndrome de polinização do tipo melitófila (Silva et al., 2012). Essas duas espécies produziram uma grande quantidade de néctar e foram as espécies que receberam o maior número de grãos de pólen interespecíficos depositados nos estigmas por conta da alta diversidade de abelhas visitantes.

Segundo Thomson (1986) flores com grandes volumes de néctar recebem mais grãos de pólen por visita do que aquelas com pouco volume, presumivelmente porque as visitas sejam mais longas. Além do volume, a qualidade do néctar também influencia a atratividade, por exemplo, espécies do gênero *Amphilophium*, produzem um néctar mais concentrado, em torno de 20% de açúcares, quando comparado a outros gêneros da família Bignoniaceae (Gottsberger e Silberbauer-Gottsberger, 2006; Sampaio, 2010).

Apesar da grande abundância de abelhas, a deposição de grãos de pólen intraespecíficos foi maior para todas as espécies estudadas do que a deposição de grãos de pólen interespecíficos. As espécies com maior deposição de grãos foram *A. amphilophium*, *F. craterophora* e *A. peregrinum*. As espécies *A. peregrinum* e *A. elegantum* também foram as que mais receberam visitas, juntamente com *Jacaranda* sp.

Jacaranda sp. foi também a espécie com maior produção de óvulos com 133,05 por flor, essa espécie juntamente com *Hypenia* sp. foram as únicas a apresentarem baixa razão P/O e portanto apresentaram limitação polínica. *Jacaranda* sp. obteve somente 1,55 grãos para cada óvulo produzido e *Hypenia* sp. com 2,18 mostrando que para essas espécies talvez haja um comprometimento na reprodução (Ashman et al., 2004; Aizen e Harder, 2007). Segundo Cruden (2000) as espécies precisam apresentar de 4 a 6 grãos de pólen para cada óvulo produzido para manter a segurança reprodutiva.

Quando comparamos a forma e o tamanho estigmático de *A. elegantum* que foi uma das espécies com maior razão P/O, com 113,60 grãos de pólen para cada óvulo produzido, com *Jacaranda* sp., ambas espécies pertencentes a família Bignoniaceae. O estigma de *Jacaranda* sp. e *A. elegantum* possuem um tamanho e forma parecida, portanto para *Jacaranda* sp. que necessita de um maior número de grãos de pólen para fecundar um

maior número de óvulos quando comparado a *A. elegantum* que produziu somente 55,95 por flor, isso pode ser um dos fatores que contribuiu para a limitação polínica na espécie.

Para a espécie *Hypenia* sp. o número de abelhas visitando a espécie foi muito baixa, com somente um indivíduo e portanto deve ter contribuído para que a espécie obtivesse um uma baixa razão P/O.

A observação direta das abelhas nas espécies nectaríferas mostrou que existe um compartilhamento maior na interação com as espécies nectaríferas analisadas. Para os grãos de pólen coletados através da lavagem de grãos do corpo das abelhas, o número de espécies de plantas aumentou significativamente mostrando que as abelhas são generalistas quanto ao seu nicho trófico. Porém, as abelhas apresentaram uma força de interação com um subgrupo de espécies de plantas, ou seja, certas espécies de abelhas parecem manter uma constância temporal de visitas em determinadas espécies de plantas, como por exemplo, abelhas da tribo Centridini, que parecem visitar mais frequentemente espécies de plantas da família Malpighiaceae (Aguiar et al., 2010). Apesar de termos encontrado 55 tipos polínicos nos estigmas das espécies de plantas, onde grande parte desses grãos também foram encontrados no corpo das abelhas, a deposição de grãos de pólen intraespecíficos foi altamente especializada, ou seja, as abelhas estudadas foram eficazes na deposição de grãos de pólen intraespecíficos nos estigmas das espécies analisadas.

Frieseomelitta varia, *C. maculifrons* e *P. droryanna*, foram as três espécies de abelhas mais abundantes coletadas na área, elas foram eficientes na retirada de pólen e transferência de grãos intraespecíficos, principalmente de duas espécies de plantas, *A. peregrinum* e *A. elegantum*. Através da observação do comportamento dessas espécies de abelhas nas flores, fica claro que elas são capazes de retirar os grãos de pólen das anteras, quando buscavam por esse recurso, e fazer a deposição polínica no estigma das flores.

Os serviços dessas abelhas foram altamente eficazes para a deposição polínica no estigma da espécie *A. elegantum* que é autofértil (Sampaio, 2010). Porém, para a espécie *A. peregrinum*, que sofre de autoincompatibilidade de ação tardia (Duarte, 2014), necessitando de grãos de pólen de outros indivíduos para que ocorra a formação de frutos com uma maior variabilidade genética, não foi eficaz, pois o recurso coletado por essas abelhas de porte pequeno eram supridos em poucas flores visitadas, muitas vezes em flores do mesmo indivíduo.

Houve sucesso na deposição polínica na maioria das espécies, e nossos resultados mostraram que a deposição de pólen intraespecífico nos estigmas está relacionada às abelhas de pequeno porte. Porém, é necessário que seja avaliada a qualidade da polinização

e o seu efeito no sucesso reprodutivo das espécies nectaríferas, ou seja, se há qualidade do pólen depositado nos estigmas. Além disso, são necessários estudos para avaliar a produção de frutos, de sementes, a germinabilidade e estabelecimento de plantas e verificar se a demografia das espécies na comunidade está associada à produção do néctar.

Nossos resultados corroboraram nossa hipótese de que aquelas espécies de plantas que produzem muitas flores apresentam também um maior volume de néctar por flor e grande volume de néctar disponibilizado ao longo do período de floração das espécies de plantas. Além disso, essas mesmas espécies apresentaram grande número de óvulos produzidos associados ao volume de néctar. As espécies que apresentaram alta produção de flores, volume de néctar e óvulos foram aquelas onde encontramos o maior número de abelhas visitantes e como nosso estudo mostra, quanto maior o número de abelhas maior a deposição polínica nos estigmas intraespecífica, mas principalmente de grãos de pólen interespecíficos nas espécies nectaríferas.

5. Referências bibliográficas

- Aguiar CML, Dórea MC, Santos FAR, Santos RM, Almeida GF. 2010. Contribuições da entomopalinologia para o estudo das interações entre abelhas Centridini e plantas brasileiras. Pp. 288-292. In: Anais do IX Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto.
- Agostini K, Sazima M, Galetto L (2011) Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (Leguminosae Faboideae) with different specialized pollinators. *Naturwissenschaften*. 98(11): 933-942.
- Agostini K, Lopes AV, Machado IC (2014) Recursos Florais. In: Biologia da Polinização (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC), p. 136-169. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Aizen MA, Harder LD (2007) Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*. 88(2): 271-281.
- Anacleto DA, Marchini LC (2005). Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 27: 277-284.
- Andena SR, Bego LR, Mechi MR(2005) A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*. 7:55-91.
- Ashman TL, Knight TM, Steets JA, Amarasekare P, Burd PM, Campbell DR, Dudash MR, Mazer SJ, Johnston M, Mitchell RJ, Morgan MT, Wilson WG (2004) Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology*. 85: 2408–2421.
- Baker HG, Baker I (1983) Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. In: *Handbook of experimental pollination biology* (eds. Jones CE, Little RJ). p. 117–141. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Blüthgen N, Menzel F, Blüthgen N (2006) Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, 6(1): 9.

- Carpenter FL, Paton DC, Hixon MA (1983) Weight gain and adjustment of feeding territory size in migrant hummingbirds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 80(23): 7259-7263.
- Chacoff NP, Aizen MA, Aschero V (2008) Proximity to forest edge does not affect crop production despite pollen limitation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 275(1637): 907-913.
- Chase MW, Reveal JL (2009) A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2): 122-127.
- Cruden RW (1976). Intraspecific variation in pollen-ovule ratios and nectar secretion--preliminary evidence of ecotypic adaptation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 277-289.
- Cruden RW (1977) Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 32:32- 46.
- Cruden RW (2000) Pollen grains: why so many?. *Plant Systematics and Evolution*. 222: 143-165.
- Dafni A (1992) *Pollination ecology - a practical approach*. Oxford University Press, Oxford.
- Dormann CF, Gruber B, Fründ J (2008) Introducing the bipartite package: analyzing ecological networks. *R News* 8(2): 8-11.
- Duarte MO (2014) Efeitos de polinizações mistas em espécies autoincompatíveis de Bignoniaceae. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 81p.
- Erdtman G (1960) The acetolized method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 54:561-564.
- Faegri K, van der Pijl L (1979) *The principles of pollination ecology*. Pergamon, Oxford.
- Free JB (1993) *Insect pollination of crops*. Academic Press, London, UK.
- Free JB (1970). Effect of flower shapes and nectar guides on the behaviour of foraging honeybees. *Behaviour*, 37(3): 269-285.
- Galetto L, Bernardello G (2003) Nectar sugar composition in angiosperms from Chaco and Patagonia (Argentina): an animal visitor's matter?. *Plant Systematics and Evolution*, 238(1-4): 69-86.
- Gibbs PE, Milne C, Vargas-Carillo M (1975). Correlation between the breeding system and recombination index in five species of *Senecio*. *New Phytologist* 75: 619-626.
- Gottsberger G, Silberbauer-Gottsberger I (2006) *Life in the Cerrado, a South American Tropical Seasonal Ecosystem*. Vol. 1. Origin, Structure, Dynamics and Plant Use (Reta Verlag, Ulm, Germany).
- Harder LD, Aizen MA (2010) Floral adaptation and diversification under pollen limitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 365(1539): 529-543.
- Harder LD, Johnson SD (2008) Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. *International Journal of Plant Sciences*, 169(1): 59-78.
- Koppen W (1948) *Climatologia*. Ed. Fondo Cultura Economica, Mexico City.
- Larson DL, Royer RA, Royer MR (2006) Insect visitation and pollen deposition in an invaded prairie plant community. *Biological Conservation*, 130(1): 148-159.
- Lista de Espécies da Flora do Brasil (2015) Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 22 Abr.
- Lunau K, Wacht S, Chittka L (1996) Colour choices of naive bumble bees and their implications for colour perception. *Journal of Comparative Physiology*. 178: 477-489.

- Mateus S (1998) Abundância relativa, fenologia e visita às flores pelos Apoidea do cerrado da Estação Ecológica de Jataí - Luiz Antônio - SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 159p.
- Mitchell RJ, Karron JD, Holmquist KG & Bell JM (2004) The influence of *Mimulus ringens* floral display size on pollinator visitation patterns. *Functional Ecology*. 18(1): 116-124.
- Michener CD (2007) The bees of the world. 2nd edition. Baltimore MD: The Johns Hopkins, University Press, United States. xvi + p 953.
- Ne'eman G, Jürgens A, Newstrom-Lloyd L, Potts SG, Dafni A (2010) A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Reviews*. 85(3): 435-451.
- Ohashi K, Yahara T (1998) Effects of variation in flower number on pollinator visits in *Cirsium purpuratum* (Asteraceae). *American Journal of Botany*. 85: 219-224.
- Ohashi K, Yahara, T (2001) Behavioural responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits. *Cognitive Ecology of Pollination: Animal Behavior and Floral Evolution* (eds. Chittka L, Thomson JD) p. 274–296. Cambridge University Press, New York.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*. 120(3): 321-326.
- Sakagami SF, Matsumura T (1967) Relative abundance, phenology and flower preference of andrenid bees in Sapporo, North Japan (Hymenoptera, Apoidea). *Japanese Journal of Ecology*. 17(6):237-251.
- Sakagami SF, Laroca S, Moure JSM (1967) Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil. Preliminary report. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University*. Ser. VI, Zoology. 16: 253-291.
- Salgado-Labouriau ML (1973). Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.
- Sampaio, D.S. 2010. Biologia reprodutiva de espécies de Bignoniaceae ocorrentes no cerrado e variações no sistema de autoincompatibilidade. (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, MG.
- Santos FM, Carvalho CAL, Silva RF (2004). Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. *Acta Amazônica*, 34:319-328.
- Silva CI, Araújo G, Oliveira PEAM (2012) Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 56: 748-760.
- Silva CL, Ballesteros PLO, Palmero MA, Bauermann SG, Evaldt ACP, Oliveira PE (2010) Catálogo polínico: Palinologia aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro. EDUFU, Uberlândia.
- Silva CL, Imperatriz-Fonseca VL, Groppo M, Bauermann SG, Saraiva AM, Queiroz EP, Evaldt ACP, Aleixo KP, Castro JP, Castro MMN, Faria LB, Ferreira-Caliman MJ, Wolff JL, Neto HFP, Garófalo CA (2014a) Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto. Editora Holos. Ribeirão Preto. 153p.
- Silva CL, Imperatriz-Fonseca VL, Groppo M, Ferreira-Caliman MJ, Garófalo CA (2014b) Laboratório de Palinoecologia del Departamento de Biología de la Facultad de Filosofía, Ciencias e Letras de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 14:185-193.
- Thomson JD (1986) Pollen transport and deposition by bumble bees in *Erythronium*: influences of floral nectar and bee grooming. *The Journal of Ecology*. 329-341.

- Toppa RH (2004). Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 124p.
- Torres C, Galetto L (2002) Are nectar sugar composition and corolla tube length related to the diversity of insects that visit Asteraceae flowers?. *Plant Biology*. 4(3): 360-366.
- Varassin IG e Amaral-Neto LP (2014) Atrativos. In: *Biologia da Polinização* (eds. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC) p.151-168. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Varassin IG, Ximenes BMS, Moreira PA, Zanon MMF, Elbl P, Löwenberg-Neto P, Melo GAR (2012) Produção de néctar e visitas por abelhas em duas espécies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae). *Acta Botanica Brasilica*, 26: 251-255.

6. Anexos

Anexo 1. Tabela com as espécies de abelhas coletadas na Estação Ecológica de Jataí, entre o período de agosto de 2013 à julho de 2014.

Família	Tribo	Espécie de abelhas (Sigla da espécie)	Abundância (%)
Apidae	Ericrocidini	<i>Acanthopus excellens</i> Schrottky, 1902 (Acexc)	0,38
Apidae	Apini	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758 (Apmel)	3,82
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp1 (Ausp1)	0,38
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp2 (Ausp2)	0,38
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp3 (Ausp3)	0,38
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp4 (Ausp4)	4,20
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp5 (Ausp5)	1,91
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) sp6 (Ausp6)	0,38
Apidae	Augochlorini	<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i>) <i>francisca</i> Schrottky, 1902 (Aufra)	1,53
Apidae	Bombini	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>brasiliensis</i> Lepeletier, 1836 (Bobra)	0,38
Apidae	Bombini	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>morio</i> (Swederus, 1787) (Bomor)	4,20
Apidae	Bombini	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>pauloensis</i> Friese, 1913 (Bopau)	0,38
Apidae	Centridini	<i>Centris</i> (<i>Ptilotopus</i>) <i>scopipes</i> Friese, 1899 (Cesco)	0,38
Apidae	Centridini	<i>Centris</i> (<i>Xanthemis</i>) <i>bicolor</i> Lepeletier, 1841 (Cebic)	0,38
Apidae	Centridini	<i>Centris</i> sp1 (Censp1)	0,38
Apidae	Ceratinini	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp1 (Cersp1)	1,91
Apidae	Ceratinini	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) sp2 (Cersp2)	0,38
Apidae	Ceratinini	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>cuprifrons</i> Strand, 1910 (Cecup)	4,20
Apidae	Ceratinini	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>gossypii</i> Schrottky, 1907 (Cegos)	1,91
Apidae	Ceratinini	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>maculifrons</i> Smith, 1854 (Cemac)	27,86
Apidae	Megachilini	<i>Coelioxys</i> sp1 (Coesp)	0,76
Apidae	Augochlorini	<i>Dialictus</i> (<i>Cloralictus</i>) sp1 (Diasp)	0,38
Apidae	Centridini	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharana</i>) <i>flava</i> Friese, 1900 (Epfla)	0,76
Apidae	Centridini	<i>Epicharis</i> (<i>Hoplicharis</i>) <i>affinis</i> Smith, 1874 (Epaff)	0,76
Apidae	Centridini	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharis</i>) <i>bicolor</i> Smith, 1854 (Epbic)	1,53
Apidae	Euglossini	<i>Eufriesea auriceps</i> (Friese, 1899) (Euaur)	0,38
Apidae	Euglossini	<i>Euglossa</i> (<i>Glossura</i>) <i>annectans</i> Dressler, 1982 (Euann)	0,38
Apidae	Euglossini	<i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>melanotricha</i> Moure, 1967 (Eumel)	3,44
Apidae	Euglossini	<i>Euglossa</i> sp1 (Eugsp1)	0,38
Apidae	Meliponini	<i>Friesella schrottkyi</i> (Friese, 1900) (Frschr)	0,38
Apidae	Meliponini	<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836) (Frvar)	12,60
Apidae	Tetrapediini	<i>Lophopedia</i> sp1 (Lopsp1)	0,38
Apidae	Megachilini	<i>Megachile</i> (<i>Chrysosarus</i>) <i>guaranitica</i> Schrottky, 1908 (Megua)	0,38
Apidae	Oxaeini	<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807 (Oxfla)	0,38
Apidae	Tetrapediini	<i>Paratetrapedia</i> cf. <i>punctata</i> Aguiar & Melo, 2011 (Papun)	0,38
Apidae	Meliponini	<i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836) (Prlin)	2,67
Apidae	Meliponini	<i>Plebeia</i> aff. <i>remota</i> (Holmberg, 1903) (Plrem)	1,91
Apidae	Meliponini	<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900) (Pldro)	9,92
Apidae	Meliponini	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811) (Teang)	0,76
Apidae	Meliponini	<i>Trigona fulviventr</i> Guérin, 1844 (Trful)	2,67
Apidae	Meliponini	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793) (Trspi)	1,15
Apidae	Meliponini	<i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984 (Trtru)	1,91
Total			100%

Anexo 2. Tabela com os grãos de pólen encontrados nas amostras analisadas dos estigmas e dos grãos de pólen aderidos no corpo das abelhas coletadas na Estação Ecológica de Jataí, entre o período de agosto de 2013 à julho de 2014.

Família	Espécies	Sigla
Acanthaceae	Acanthaceae sp1	Acant
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma peregrinum</i> (Miers) L.G. Lohmann	Adper
Bignoniaceae	<i>Amphilophium elongatum</i> (Vahl) L.G. Lohmann	Amelo
Leg. Papilionoideae	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	Anant
Asteraceae	Asteraceae sp1	Astesp1
Asteraceae	Asteraceae sp2	Astesp2
Malpighiaceae	Byrsonima sp.	Byrs
Malpighiaceae	Byrsonima sp2	Byrssp2
Urticaceae	Cecropia sp.	Cecrosp
Leg. Cesalpinioideae	Chamaecrista sp.	Chamasp
Rubiaceae	Citrus sp.	Citrusp
Leg. Papilionoideae	Crotalaria sp.	Crotsp
Ericaceae	Ericaceae sp1	Erisp
Erythroxylaceae	Erythroxylaceae sp1	Erythro
Myrtaceae	Eucalyptus sp1	Eucalsp1
Myrtaceae	Eucalyptus sp2	Eucasp2
Bignoniaceae	<i>Fridericia craterophora</i> (DC.) L.G. Lohmann	Frcra
Bignoniaceae	<i>Fridericia florida</i> (DC.) L.G. Lohmann	Frflor
Bignoniaceae	<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G. Lohmann	Frpla
Lamiaceae	Hypenia sp.	Hypesp
Lamiaceae	Hyptis sp.	Hypsp
	Indeterminado 10	indet10
	Indeterminado 12	indet12
	Indeterminado 13	indet13
	Indeterminado 14	indet14
	Indeterminado 15	indet15
	Indeterminado 16	indet16
	Indeterminado 18	indet18
	Indeterminado 19	indet19
	Indeterminado 22	indet22
	Indeterminado 23	indet23
	Indeterminado 24	indet24
	Indeterminado 25	indet25
	Indeterminado 26	indet26
	Indeterminado 28	indet28
	Indeterminado 29	indet29
	Indeterminado 30	indet30
	Indeterminado 31	indet31
	Indeterminado 33	indet33
	Indeterminado 34	indet34
	Indeterminado 35	indet35
	Indeterminado 36	indet36
	Indeterminado 37	indet37
	Indeterminado 39	indet39
	Indeterminado 41	indet41
	Indeterminado 42	indet42
	Indeterminado 43	indet43
	Indeterminado 44	indet44
	Indeterminado 45	indet45

Continuação Anexo 2

Família	Espécie	Sigla
	Indeterminado 46	indet46
	Indeterminado 47	indet47
	Indeterminado 48	indet48
	Indeterminado 51	indet51
	Indeterminado 52	indet52
	Indeterminado 54	indet54
	Indeterminado 58	indet58
	Indeterminado 59	indet59
	Indeterminado 60	indet60
	Indeterminado 61	indet61
	Indeterminado 62	indet62
	Indeterminado 63	indet63
	Indeterminado 64	indet64
	Indeterminado 66	indet66
	Indeterminado 68	indet68
	Indeterminado 8	indet8
Bignoniaceae	Jacaranda decurrens Cham.	Jacry
Bignoniaceae	Jacaranda sp.	Jacsp
Lamiaceae	Lamiaceae sp 1	Lami
Asteraceae	<i>Lepidaploa cotoneaster</i> (Willd. ex Spreng.) H.Rob.	Lecot
Lythraceae	Lythraceae sp1	Lythr
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp1	Malpisp1
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp2	Malpisp2
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp3	Malpisp3
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp4	Malpisp4
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp5	Malpisp5
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp6	Malpisp6
Malpighiaceae	Malpighiaceae sp7	Malpisp7
Malvaceae	Malvaceae	Malv
Melastomataceae	Melastomataceae sp1	Melas
Leg. Mimosoideae	Mimosa sp	Mimosa
Leg. Mimosoideae	Mimosoideae sp1	Mimosp1
Leg. Mimosoideae	Mimosoideae sp2	Mimosp2
Leg. Mimosoideae	Mimosoideae sp3	Mimosp3
	Monossulcado sp1	Monosp1
Myrtaceae	Myrcia sp1	Myrcsp1
Myrtaceae	Myrcia sp2	Myrcsp2
Myrtaceae	Myrtaceae sp2	Myrtsp2
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i> Kunth	Parig
Leg. Papilionoideae	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	Pemed
Pinaceae	Pinus sp.	Pinsp
Poaceae	Poaceae sp1	Poasp1
Poaceae	Poaceae sp2	Poasp2
Poaceae	Poaceae sp3	Poasp3
Poaceae	Poaceae sp4	Poasp4
Leg. Cesalpinioideae	Caesalpinia pluviosa DC. var.	Poincisp
Sapindaceae	Sapindaceae sp1	Sapinsp1
Leg. Cesalpinioideae	<i>Senna</i> sp.	Sensp
Solanaceae	Solanaceae sp1	Sola
Bromeliaceae	tp <i>Ananas</i> sp.	tpAna
Rubiaceae	tp <i>Borreria</i> sp.	tpBorre
Myrtaceae	tp <i>Campomanesia</i> sp.	tpCampo

Continuação Anexo 2

Família	Espécie	Sigla
Caryocaraceae	tp <i>Caryocar</i> sp.	tpCary
Lythraceae	tp <i>Cuphea</i> sp.	tpCuphea
Asteraceae	tp <i>Elephantopus</i> sp.	tpElepha
Malvaceae	tp <i>Eriotheca</i> sp.	tpEriot