



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

**POLINIZADORES DA ACEROLEIRA (*Malpighia
emarginata* DC., MALPIGHIACEAE) EM ÁREA DO
TRIÂNGULO MINEIRO: RIQUEZA DE ESPÉCIES, NICHOS
TRÓFICOS, CONSERVAÇÃO E MANEJO**

ALICE MARIA GUIMARÃES FERNANDES VILHENA

FEVEREIRO 2009

Alice Maria Guimarães Fernandes Vilhena

**Polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) em
área do Triângulo Mineiro: riqueza de espécies, nicho trófico,
conservação e manejo**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Solange Cristina Augusto

Co-orientadora: Dra. Esther Margarida Alves Ferreira Bastos

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

-
- V711p Vilhena, Alice Maria Guimarães Fernandes, 1984-
Polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) em área do Triângulo Mineiro : riqueza de espécies, nicho trófico, conservação e manejo / Alice Maria Guimarães Fernandes Vilhena. - 2009.
72 f. : il.
Orientadora: Solange Cristina Augusto.
Co-orientadora: Esther Margarida Alves Ferreira Bastos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
Inclui bibliografia.
1. Abelha - Ecologia - Teses. 2. Polinização por insetos - Teses.
3. Acerola - Teses. I. Augusto, Solange Cristina. II. Bastos, Esther Margarida Alves Ferreira. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 595.799-155.3

Alice Maria Guimarães Fernandes Vilhena

**Polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) em
área do Triângulo Mineiro: riqueza de espécies, nicho trófico,
conservação e manejo**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Maria Cristina Gaglianone

Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Profa. Dra. Solange Cristina Augusto

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Uberlândia – MG
Fevereiro – 2009

À minha orientadora Solange,
meu exemplo,
dedico esse trabalho com todo carinho.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que me apoiaram durante esse trabalho:

Em especial, à minha orientadora Solange, pelos ensinamentos, prontidão, amizade, sábios conselhos, dedicação e pelo exemplo de caráter que é.

À minha co-orientadora Esther, por ter me ensinado o que sei sobre palinologia, pela dedicação, hospitalidade e presteza.

À Maria Cristina Gaglianone, pela prontidão em identificar as minhas primeiras abelhas Centridini coletadas, por ter me ensinado a identificar algumas e pelos trabalhos que me incentivaram a estudar esse maravilhoso grupo.

Ao Paulo Eugênio, por ter sempre estado receptivo às minhas dúvidas, pela paciência e pelos ensinamentos.

Aos grandes amigos que fiz na Estação Experimental Água Limpa, pela receptividade calorosa, pelas várias caronas, pela comida maravilhosa, pela preocupação e pelas valiosas informações sobre a acerola.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, pela boa vontade e ensinamentos que estão me formando uma mestre.

À Fapemig, pelo apoio técnico e financeiro.

A todos os funcionários dessa Universidade, que sempre me ajudaram com satisfação.

Aos meus amigos do LECA (Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas), pelas reuniões em que tanto aprendi.

À minha super e pequena amiga Laíce, pela ajuda fundamental nas acetólises, análises polínicas, leitura do trabalho e por aí vai. Não sei o que seria de mim sem você bonequinha!

Ao Rafa, pelas companhias agradabilíssimas no campo e ajudas fundamentais.

À Thati, pelas valiosíssimas ajudas, por não hesitar em sair de sua casa para me ensinar e por estar sempre ao meu lado. Obrigada kéridaaa!

Ao Felipe Amorim, pela boa vontade em ensinar a usar o Estimates e a passar os seus conhecimentos sobre teias de interação.

À Marcela e à Diana, pela companhia agradável sempre e pelos sábios conselhos e ensinamentos.

A todos os meus colegas de mestrado.

Às amigas-irmãs de sempre, Flávia, Rita e Mariana, pelas boas conversas e conselhos.

Ao Vinícius, por ser tão compreensivo e entender que, muitas vezes, ele tinha que ser trocado por essa dissertação.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus e a todos os meus familiares, principalmente à minha mãezona, pelo amor, apoio e dedicação.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUÇÃO GERAL	1
<i>Polinização: um serviço ambiental</i>	1
<i>Malpighiaceae e abelhas coletoras de óleo</i>	3
<i>O cultivo de acerola (Malpighia emarginata DC., Malpighiaceae)</i>	
<i>no Brasil e a importância das abelhas na polinização</i>	5
<i>Conservação e manejo dos polinizadores</i>	7
OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	9
CAPÍTULO 1: Monitoramento da frequência de abelhas Centridini e sua importância na polinização da aceroleira	10
Introdução	11
Material e Métodos	13
<i>Área de estudo</i>	13
<i>Espécie vegetal estudada</i>	14
<i>Experimentos de polinização controlada</i>	15
<i>Monitoramento da frequência de abelhas Centridini</i>	16
<i>Análise dos dados</i>	17
Resultados	19
Discussão	31
CAPÍTULO 2: Fontes de recursos utilizadas pelos polinizadores efetivos da aceroleira e estratégias de conservação e manejo dessas espécies	37
Introdução	38
Material e Métodos	41
<i>Área de estudo</i>	41
<i>Espécies estudadas</i>	41
<i>Procedimentos</i>	42
<i>Análise dos dados</i>	44
Resultados	46
Discussão	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

RESUMO

Vilhena, A.M.G.F. 2009. Polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) em área do Triângulo Mineiro: riqueza de espécies, nicho trófico, conservação e manejo. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 72p.

As abelhas são consideradas os mais importantes polinizadores de plantas nativas e cultivadas, sendo que, em algumas culturas, podem aumentar a produção e melhorar a qualidade dos frutos. Dessa forma, estudos que abordem aspectos de conservação e manejo dos polinizadores, como monitoramento das populações e conhecimento dos recursos tróficos são fundamentais. Nesse trabalho, apresentamos parâmetros que podem subsidiar a conservação e o manejo dos polinizadores da aceroleira, as abelhas Centridini. Os dados foram coletados num cultivo dessa fruteira, na Estação Experimental Água Limpa, em Uberlândia, MG, nos períodos de outubro-novembro (P₁) e janeiro-fevereiro (P₂) dos anos 2006/2007 (A₁) e 2007/2008 (A₂), totalizando 54 horas de observação por ano. Além disso, a taxa de polinização natural foi acompanhada. Foi encontrada uma riqueza de 23 espécies, sendo *Centris (Centris) varia* e *Centris (Centris) aenea* as mais frequentes no A₁ e no A₂, respectivamente. Foram registradas 20 espécies no A₁ e 18 espécies no A₂, as quais apresentaram variação temporal durante a floração. No entanto, o número de visitas não diferiu significativamente entre os dois períodos amostrados em ambos os anos. Os dados mostram uma substituição de espécies que polinizam efetivamente a aceroleira ao longo das amostragens, o que evidencia um efeito compensatório, no qual uma espécie diminui o impacto da falta de outra para a planta. Não houve correlação do número de frutos formados com o número de visitas, com o número de espécies e nem com o número de visitas por hora. Acredita-se que tenha sido verificada uma riqueza e uma frequência de polinizadores equivalente ao limiar necessário para manter níveis satisfatórios de polinização. Isso se deve, principalmente, à presença de áreas de Cerrado preservadas no entorno desse cultivo, que fornecem locais para nidificação e recursos alimentares para essas abelhas. Nas análises das cargas polínicas de sete espécies de Centridini coletadas de 2004 a 2008 no mesmo cultivo, encontramos grãos de 41 espécies e cinco tipos polínicos pertencentes a 18 famílias. Malpighiaceae foi a família mais representativa e, juntamente com *Solanum lycocarpum*, a mais importante como fonte de recursos. Dentre as principais fontes de néctar, destacaram-se *Distictella elongata* e *Caesalpinia peltophoroides*. Essa última, ao lado de *S. lycocarpum*, Tipo *Heteropteris* 3, Tipo *Byrsonima* e *M. emarginata*, foram utilizadas por todas as espécies de abelhas, embora tenham sido verificadas em abundâncias diferentes. Verificou-se a participação de 29 espécies que se apresentaram como polens isolados. *Centris (Centris) flavifrons* foi a espécie que apresentou maior amplitude de nicho trófico e maior uniformidade na utilização dos recursos. A espécie com menor amplitude e com menor uniformidade foi *C. (C.) varia*, cuja carga polínica apresentou 72,04% de grãos de *M. emarginata*. A similaridade máxima na utilização das fontes vegetais foi de 88% entre *C. (C.) aenea* e *C. (C.) spilopoda*. Acredita-se que as espécies de Malpighiaceae na área do cultivo estejam auxiliando na sua frutificação, garantindo populações grandes das espécies polinizadoras. A manutenção das espécies vegetais verificadas nesse estudo é fundamental para a conservação e o manejo dos polinizadores da aceroleira em áreas de Cerrado. Essa teia de interações baseada nos serviços de polinização auxilia não somente na produção do cultivo, mas também na reprodução das plantas que co-ocorrem no local, são dependentes de polinizadores e são fontes de recursos para esses Centridini.

Palavras-chave: Centridini, agricultura, polinização, pólen, abelhas.

ABSTRACT

Vilhena, A.M.G.F. 2009. West Indian Cherry's (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) pollinators in an area of Triângulo Mineiro: species richness, trophic niche, conservation and management. Master's Degree Dissertation of the Post-Graduation Program in Ecology and Conservation of the Natural Resources. 72p.

Bees are considered the most important pollinators of native plants and crops. In some cultures, they can increase the production and the fruit quality. Thus, studies that address issues of pollinators conservation and management like populations monitoring and knowledge about trophic resources are crucial. In this work, we present parameters that can support the conservation and management of the West Indian Cherry's pollinators, the Centridini bees. The data were collected in a cultivation of this plant, in Água Limpa Experimental Station, Uberlândia, MG, during October-November (P₁) and January-February (P₂) of the years 2006/2007 (A₁) and 2007/2008 (A₂), totaling 54 hours per year of observation. Moreover, the rate of natural pollination was accompanied. It was verified a richness of 23 species. *Centris (Centris) varia* and *Centris (Centris) aenea* were the most frequent species in the A₁ and A₂ respectively. We recorded 20 species in the A₁ and 18 species in the A₂, which showed temporal variation during the flowering. However, the number of visits did not differ significantly between the two periods in both years. The data show a replacement of species that pollinate effectively the West Indian Cherry, which presents a compensatory effect in which one species reduces the impact of the lack of another for the plant. There was no correlation of the number of fruits with the number of visits, the number of species and the number of visits per hour. This is believed to have been a richness and a frequency of pollinators equivalent to the threshold needed to keep a low variation in the fruit production. This is mainly due to the presence of preserved areas of Cerrado in the neighborhood of that culture, which provides sites for nesting and food resources for these species. In the pollinic loads analysis of seven Centridini bees collected from 2004 to 2008 in the same culture, we found grains of 41 plant species and five pollinic types belonging to 18 families. Malpighiaceae was the most representative family and with *Solanum lycocarpum*, the most important resource source. Among the main nectar sources, *Distictella elongata* and *Caesalpinia peltophoroides* stood out. The latter plus *S. lycocarpum*, Type *Heteropteris* 3, Type *Byrsonima* and *M. emarginata*, were used by all bee species, although they have been found in different abundances. It was verified the participation of 29 species that are presented as isolated pollen. *Centris (Centris) flavifrons* showed the largest trophic niche width and the most uniformity in the use of resources. The species with smallest width and with less uniformity was *C. (C.) varia*, whose pollinic load showed 72,04% of *M. emarginata* grains. The maximum similarity in the use of plant sources was 88% between *C. (C.) aenea* and *C. (C.) spilopoda*. Probably, the Malpighiaceae species in the area of cultivation are helping in the fruit set, ensuring large populations of pollinating species. The maintenance of plant species found in this study is essential to the West Indian Cherry's pollinators conservation and management in Cerrado areas. This interaction network based on pollination services helps not only the crop production, but also the reproduction of plants that co-occur in the same site, are dependents of pollinators and are sources for such Centridini.

Keywords: Centridini, agriculture, pollination, pollen, bees.

INTRODUÇÃO GERAL

Polinização: um serviço ambiental

A polinização é um dos mecanismos fundamentais na manutenção da variabilidade genética dos vegetais (Richards 1986) e é definida como o mais importante benefício das abelhas para a humanidade e para a natureza. Os polinizadores visitam as flores para a coleta de recursos utilizados como alimento ou como material de construção dos ninhos. Enquanto realizam essa coleta, o pólen fica aderido ao corpo e, ao visitar flores de diferentes plantas, promovem a polinização cruzada.

Existem entre 20 e 30 mil espécies de abelhas no mundo (Michener 2000), que diferem na forma e na variedade de plantas que visitam e polinizam. Tanto a diversidade de plantas silvestres quanto a variedade de cultivos humanos dependem dessa diversidade. Assim, a polinização é um fator de produção de fundamental importância em muitas culturas agrícolas ao redor do mundo. Ela aumenta a produção, melhora a qualidade dos frutos, além de proporcionar outros benefícios (Williams *et al.* 1991).

Estima-se que 87 das 115 principais culturas globais se beneficiam significativamente de polinizadores, representando 35% da provisão de alimento (Klein *et al.* 2007), sendo as abelhas os mais importantes vetores de pólen (Roubik 1995; Klein *et al.* 2007). A eficiência desses insetos na polinização é bastante variada e depende de vários fatores, como a fidelidade à cultura, atividade de forrageamento, requerimento de polinização das plantas,

densidade ideal de abelhas e competição por polinização com plantas silvestres ou cultivadas.

As mudanças nas paisagens oriundas de cultivos agrícolas ameaçam diretamente a biodiversidade, mas podem também ameaçar a produtividade, a diversidade e a estabilidade da produção alimentícia afetando as comunidades de polinizadores (Ricketts *et al.* 2008). A valoração dos serviços de polinização e o efeito da fragmentação de habitats nas populações de polinizadores já foram estimados por alguns pesquisadores. Esses estudos consideram a importância da comunidade de abelhas como polinizadoras de culturas e abordam informações como o efeito compensatório de espécies (Kremen 2004), as mudanças na composição da comunidade de abelhas devido à fragmentação florestal (Brosi *et al.* 2007) e a importância de fragmentos florestais tropicais para aumentar a atividade do polinizador em culturas de café, as quais podem ter um incremento de até 20% na produção com a presença dos polinizadores (Ricketts 2004; Ricketts *et al.* 2004; De Marco & Coelho 2004).

Em 2002, foi criada a Iniciativa Brasileira de Polinizadores, como parte do programa da Iniciativa Internacional para Conservação e Uso Sustentável de Polinizadores, dentro da Convenção da Biodiversidade. Com apoio do Ministério do Meio Ambiente, através do PROBIO (Programa de Biodiversidade), treze projetos foram apoiados entre 2002 e 2004 nas diferentes regiões brasileiras, sendo a maioria com espécies frutíferas (FAO 2004), dentre elas a acerola, o maracujá e o açaí. Os resultados destes trabalhos forneceram subsídios para elaboração de estudos mais detalhados e

de longa duração sobre a polinização de plantas cultivadas e conservação de seus polinizadores.

Malpighiaceae e abelhas coletoras de óleo

A família Malpighiaceae é predominantemente tropical, sendo que aproximadamente 85% das espécies conhecidas ocorrem no Novo Mundo (Anderson 1979, 1990). Essa família possui cerca de 1100 espécies, sendo constituída por árvores, arbustos e lianas (Mabberley 1993). Os indivíduos são dotados de flores hermafroditas e zigomorfas, com cinco pétalas e cinco sépalas. O androceu é formado por dez estames, o ovário é súpero, tricarpelar e trilocular (Anderson 1979). As flores apresentam cálice caracteristicamente com pares de glândulas de óleo, os elaióforos, os quais apresentam número variável e estão ausentes em algumas espécies (Anderson 1979). O óleo produzido pelos elaióforos é coletado por abelhas fêmeas das tribos Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini na região Neotropical, e é normalmente utilizado na alimentação e criação das larvas (Simpson *et al.* 1977; Pereira & Garófalo 1996; Aguiar & Garófalo 2004), e para compactar e impermeabilizar as paredes das células de cria (Camargo & Mazucato 1984). O comportamento de coleta de óleo floral nos Neotrópicos já foi registrado para espécies de *Centris* e *Epicharis* (Centridini) (Buchmann 1987; Vogel 1990), assim como também para algumas espécies de *Paratetrapedia*, *Arhysosceble*, *Chalepogenus*, *Lanthanomelissa*, *Tapinostaspis* e *Monoeca* (Tapinotaspidini) (Vogel 1974; Simpson *et al.* 1977, 1990; Sazima & Sazima 1989; Cocucci 1991; Sérsic 1991; Vogel & Machado 1991; Vogel & Cocucci 1995; Teixeira & Machado 2000;

Cocucci & Vogel 2001; Machado *et al.* 2002), e por último, para representantes de *Tetrapedia* (Tetrapediini) (Neff & Simpson 1981; Alves-dos-Santos *et al.* 2002; Alves-dos-Santos *et al.* 2006).

Com cerca de 250 espécies, a tribo Centridini (composta pelos gêneros *Centris* Fabricius, 1804 e *Epicharis* Klug, 1807) é o grupo de abelhas coletoras de óleos mais diversificado e está restrito às Américas. Malpighiaceae é a principal família produtora de óleos florais, sendo que apenas as linhagens americanas (945 espécies) desenvolveram glândulas de óleo (Buchmann 1987; Vogel 1990). Os Centridini se distinguem das outras abelhas coletoras de óleos florais das Américas (Tapinotaspidini e Tetrapediini) por estarem mais adaptados à extração de óleos de elaióforos epiteliais (Neff & Simpson 1981; Vogel 1990), como os presentes em Malpighiaceae.

As abelhas Centridini configuram-se em importantes polinizadores de numerosas espécies de plantas nas florestas neotropicais e no Cerrado (Frankie *et al.* 1983; Schlindwein 2000). São abelhas com hábito solitário que nidificam preferencialmente em solo plano (Rozen & Buchmann 1990; Aguiar & Gaglianone 2003; Gaglianone 2005), algumas em termiteiros (Gaglianone 2001) e barrancos (Coville *et al.* 1983) e, no caso de *Centris*, mais especificamente dos subgêneros *Heterocentris*, *Hemisiella* e *Xanthemisia*, em cavidades pré-existentes, como ninhos-armadilha (Gazola & Garófalo 2003; Aguiar & Garófalo 2004; Thiele 2005).

O cultivo de acerola (*Malpighia emarginata* DC., Malpighiaceae) no Brasil e a importância das abelhas na polinização

Na família Malpighiaceae, o gênero *Malpighia* possui aproximadamente 40 espécies de arbustos e pequenas árvores, todas elas encontradas em estado nativo nas Antilhas (International Board Plant Genetic Resources 1986). Uma planta de destaque desse gênero é a aceroleira, cujo nome científico é ainda bastante discutido. Segundo Asenjo (1980), os nomes *Malpighia glabra* e *Malpighia puniceifolia* são sinônimos e aplicados a uma espécie diferente da acerola. Segundo o referido autor, *Malpighia emarginata* DC. é o nome correto da planta. Tal informação corrobora a nomenclatura usada por Freitas *et al.* (1999), quando estudaram a polinização da aceroleira por abelhas do gênero *Centris*.

A aceroleira produz pequenas inflorescências na axila das folhas, constituídas de três a seis flores. As flores apresentam 2,0-2,5 cm de diâmetro, cinco sépalas, cinco pétalas livres, sendo que a cor varia do branco ao rosa, sendo a pétala posterior diferenciada. Apresenta 10 estames e três carpelos formando um ovário único e súpero com três estiletes e estigmas na mesma altura dos estames. O fruto dessa planta possui sabor levemente ácido e alto teor de vitamina C, sendo muito consumido na sua forma natural ou transformado em doces, sucos e sorvetes, e por isso é amplamente cultivado. A aceroleira também tem sido utilizada para fins ornamentais devido à coloração da folhagem e das flores (Ritzinger & Ritzinger 2005).

A fruta é atualmente cultivada nos Estados Unidos, em alguns países da América Central e no Brasil, principalmente nos estados de Pernambuco,

Paraíba, Bahia, Ceará e São Paulo. Em condições técnicas adequadas para um plantio comercial, principalmente relacionada à adubação, irrigação e uniformidade de plantas no pomar, pode-se alcançar uma produção acima de 40 kg/planta/ano (Oliveira & Filho 1999).

Dados referentes a 1996 indicam que a produção brasileira foi de 32.990 toneladas, representando uma área de 11.050 ha com acerola. A principal região brasileira produtora de acerola é a Nordeste (70% da produção brasileira), seguida da região Sudeste (15% da produção do país) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1996). O estado de São Paulo é o que tem maior participação na região Sudeste (74,26%), seguido pelo estado de Minas Gerais, com 19,32% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1996). A acerola registra um alto índice de consumo no mercado interno, indicando uma possibilidade real e potencial do Brasil conquistar e ampliar sua pauta de exportação com esta planta (Franzão & Melo 2003).

Os cultivos de acerola apresentam frequentemente baixos índices de frutificação apesar do florescimento abundante (Ritzinger *et al.* 2004). Um dos possíveis fatores que explicam esses índices no vingamento dos frutos é a falta de uma efetiva polinização (Ritzinger *et al.* 2004; Yamane & Nakasone 1961; Miyashita *et al.* 1964), a qual é dependente da presença de áreas conservadas nas proximidades dos pomares, uma vez que mantém a população dos polinizadores naturais (Martins *et al.* 1999).

A aceroleira é eficientemente polinizada por abelhas da tribo Centridini, embora seja visitada por outros grupos de abelhas (Freitas *et al.* 1999; Oliveira & Schlindwein 2003; Ritzinger *et al.* 2004; Vilhena & Augusto 2007). As espécies de Centridini visitam as flores dessa planta, principalmente, para a

coleta de óleo. Para executarem a coleta, as abelhas fêmeas dessa tribo agarram na base da pétala posterior da flor com as mandíbulas e em movimentos alternados raspam os elaióforos com as pernas anteriores e medianas. O óleo coletado é transportado nas escopas localizadas nas pernas posteriores. Durante a coleta, a região ventral do corpo entra em contato com as anteras e estigmas, o que faz dessas abelhas os polinizadores efetivos das plantas dessa espécie (Vilhena & Augusto 2007).

Conservação e manejo dos polinizadores

Para garantir serviços sustentados de polinizadores associados com ecossistemas agrícolas, é preciso entender os vários benefícios e serviços fornecidos pela diversidade de polinizadores e os fatores que podem influenciar na sua atividade e até mesmo fazer declinar suas populações. É necessário identificar práticas de manejo que minimizem o efeito das mudanças da paisagem sobre os polinizadores, promover a conservação da diversidade de polinizadores nativos, bem como conservar e restaurar áreas naturais.

Alguns aspectos são fundamentais na preservação e no manejo das abelhas em ecossistemas naturais, agrícolas e urbanos. Um deles é o conhecimento das plantas fornecedoras de recursos tróficos para diferentes espécies polinizadoras. Os estudos referentes aos recursos florais necessários à manutenção das comunidades de abelhas em habitats naturais brasileiros têm sido realizados, principalmente, com amostragem dos indivíduos nas flores, o que muitas vezes, não é tão eficaz. O cálculo de certos parâmetros relacionados ao nicho trófico de espécies de abelhas é mais acurado quando o

pólen encontrado em seu corpo e nos ninhos é estudado. O pólen pode ser usado para determinar mecanismos de polinização, rotas migratórias e fontes de recursos para polinizadores (Jones & Jones 2001).

Sabendo-se da importância dos recursos fornecidos pelas espécies de Malpighiaceae para abelhas Centridini, e da dependência que essas plantas têm das abelhas para uma produção de frutos ótima, há uma possibilidade potencial de determinar o que deve ser feito para conservação desses polinizadores e o aumento da produtividade de espécies de interesse econômico como *M. emarginata*.

OBJETIVOS GERAIS

Diante da importância das abelhas Centridini como polinizadoras da aceroleira, esse estudo procurou fazer um monitoramento das visitas dessas espécies nas flores dessa planta, verificando sua contribuição na produção de frutos, bem como propor estratégias de manejo e conservação para as mesmas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Monitorar fêmeas da tribo Centridini em visitas às flores em um cultivo de acerola, identificando possíveis flutuações na frequência e riqueza dessas ao longo do tempo;
- 2- Verificar se existe uma relação direta da frequência de visitas e riqueza de polinizadores com a produção de frutos pela aceroleira;
- 3- Identificar fontes de recursos vegetais para os polinizadores efetivos na área de cultivo, caracterizando a amplitude e sobreposição de nicho alimentar dessas espécies de abelhas;
- 4- A partir dos resultados obtidos, propor estratégias de conservação e manejo dos polinizadores da aceroleira.

CAPÍTULO I

Monitoramento da frequência de abelhas Centridini e sua importância na
polinização da aceroleira

INTRODUÇÃO

A polinização é um fator de produção fundamental em muitas culturas agrícolas, pois pode aumentar a produção e melhorar a qualidade dos frutos (Williams *et al.* 1991). As abelhas se configuram como os mais importantes polinizadores (Roubik 1995; Klein *et al.* 2007) e, particularmente na aceroleira, essas abelhas fazem parte de um único grupo, a tribo Centridini (Vilhena & Augusto 2007).

As amostragens periódicas das abelhas nas flores de determinados cultivos são muito importantes, já que permitem diversas análises nos estudos da estrutura de comunidade, gerando informações sobre a diversidade e atividade sazonal das espécies (Knoll 1990). Essas amostragens, que também podem ser chamadas coletivamente de monitoramento, são essenciais para identificar se a produção de frutos declina com o déficit de polinizadores. Um declínio dessas espécies ou a polinização inadequada em algumas culturas pode provocar perdas na produção de 50% ou mais (Klein *et al.* 2007).

Desde a criação da Iniciativa Brasileira de Polinizadores (2002) muito esforço tem sido direcionado para conservar e usar sustentavelmente os polinizadores nativos, sendo um dos objetivos monitorar o declínio de polinizadores, suas causas e seu impacto nos serviços de polinização (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2006).

Assim, diante da falta de conhecimento fundamental para propor ações efetivas de conservação e manejo das abelhas Centridini no Cerrado, o presente estudo objetivou monitorar as visitas de abelhas fêmeas da tribo Centridini em cultivo de acerola, identificando possíveis flutuações na

frequência e riqueza dessas ao longo do tempo, bem como verificar se existe relação entre frequência ou riqueza de polinizadores e produção de frutos pela aceroleira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido em área de cultivo de acerola, na Estação Experimental Água Limpa (19°05'48"S/48°21'05"W) (Figura 1), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, MG, no decorrer dos meses de outubro de 2006 a fevereiro de 2007 e de outubro de 2007 a fevereiro de 2008, período de floração de *Malpighia emarginata*. A Estação apresenta 60 ha de área preservada e 17 ha de área com fruteira, incluindo cultivos de acerola, abacaxi, goiaba, maracujá, variedades de *Citrus* e manga. A plantação de aceroleiras abrange uma área de 1,1 ha e inclui aproximadamente 700 indivíduos (P. Bernardes, comunicação pessoal). A área preservada no entorno dos cultivos inclui um complexo de vegetação que compreende cerrado sentido restrito, cerrado denso, vereda e mata de galeria.



FIGURA 1. Vista geral da área da Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. A delimitação em linha amarela corresponde à área natural preservada e a delimitação em linha vermelha corresponde à área de cultivo de acerola.

Espécie vegetal estudada

A aceroleira produz pequenas inflorescências na axila das folhas (Miyashita *et al.* 1964), constituídas de duas a seis flores (Freitas *et al.* 1999) (Figura 2A). As flores apresentam 2,0-2,5 cm de diâmetro, cinco sépalas, cinco pétalas livres, com coloração variando do branco ao rosa, sendo a pétala superior diferenciada. Apresenta 10 estames e três carpelos formando um ovário único e súpero com três estiletos e estigmas na mesma altura dos estames (Figura 2B). A antese ocorre principalmente entre 4 h e 5 h, as flores duram somente um dia (Freitas *et al.* 1999; Oliveira & Schlindwein 2003) e não há ocorrência da dicogamia (Gomes *et al.* 2001). A polinização é dependente de visitantes florais e, provavelmente, mais que uma visita é necessária para

alcançar um número ótimo de frutos (Freitas *et al.* 1999). A floração dessa planta na região estudada se estende de outubro a fevereiro, podendo se estender até março, período caracterizado por chuvas. O cultivo estudado nunca recebeu aplicação de pesticidas.

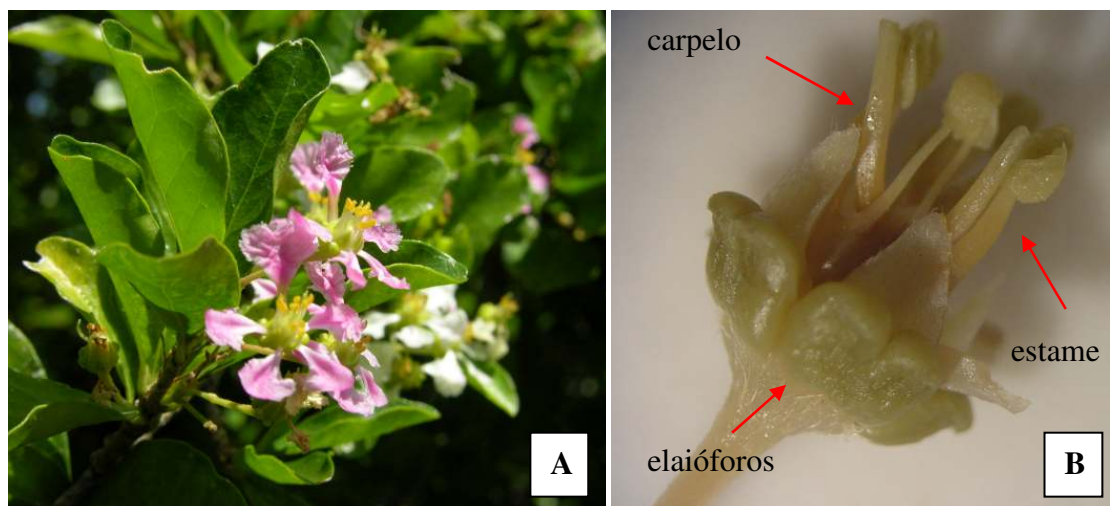


FIGURA 2. A. Inflorescência de *Malpighia emarginata* (aceroleira). B. Estruturas reprodutivas da flor de *M. emarginata*.

Experimentos de polinização controlada

Foram realizados experimentos de polinização controlada com o intuito apenas de confirmar a auto-incompatibilidade do cultivo estudado e, portanto, a dependência por polinizadores:

- Autopolinização espontânea: foram marcados 60 botões em pré-antese, sendo 10 em cada indivíduo (n=6) e ensacados com bolsas de organza.
- Autopolinização manual: foram ensacados 33 botões em pré-antese em cinco indivíduos e, no dia seguinte, quando já estavam abertos, realizou-se a autopolinização manual, transferindo-se o

pólen da própria flor para os estigmas com pinça de ponta fina e, logo em seguida, foram ensacados novamente para evitar contato com possíveis polinizadores.

- Polinização cruzada manual: foram ensacados 50 botões em pré-antese, sendo 10 em cada indivíduo ($n=5$), e no dia seguinte, realizou-se a polinização. A transferência de pólen foi feita entre indivíduos distantes uns dos outros.
- Polinização natural: foram marcadas 60 flores em seis indivíduos.

Após os tratamentos, as flores foram mantidas ensacadas até a formação dos frutos. A porcentagem de polinização natural também foi acompanhada durante todo o período de estudo, como será descrito posteriormente.

A diferença da quantidade de botões utilizada em cada tratamento se deve à perda de alguns deles durante as chuvas do período de estudo.

Monitoramento da frequência de abelhas Centridini

Foram realizadas três viagens mensais ao campo nos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, totalizando doze viagens por ano amostrado (Ano 1= 2006/2007 e Ano 2= 2007/2008), durante o período de floração. Os meses de outubro e novembro juntos foram considerados como período 1 e os meses de janeiro e fevereiro como período 2. Assim, utilizou-se a seguinte terminologia: P_1/A_1 (período 1 do ano 1), P_2/A_1 (período 2 do ano 1), P_1/A_2 (período 1 do ano 2) e P_2/A_2 (período 2 do ano 2).

Em cada viagem ao campo foram feitas quatro horas e meia de observação da frequência das abelhas nas flores das aceroleiras, distribuídas

igualmente nos períodos da manhã e da tarde, sendo realizadas entre 08:00 e 16:00. Em cada ano amostrado, portanto, obteve-se um total de 54 horas de observação. Apenas um observador realizou todas as observações de frequência. Esse permanecia parado por aproximadamente cinco minutos em cada planta florida registrando apenas os visitantes da tribo Centridini em um rádio gravador, já que esses são os únicos polinizadores efetivos dessa cultura (Vilhena & Augusto 2007). Desconhecendo-se a espécie, um exemplar era coletado com o auxílio de uma rede entomológica e, posteriormente montado e depositado na Coleção Entomológica da Universidade Federal de Uberlândia para correta identificação. O número de plantas floridas observadas foi variável nas amostragens.

Além disso, foram marcadas 60 flores nas plantas observadas em cada dia amostrado para verificar a taxa de polinização natural. A formação de frutos foi verificada nas viagens de campo subsequentes.

Análise dos dados

O índice de auto-incompatibilidade (ISI) foi calculado dividindo-se a porcentagem de frutos formados em autopolinizações manuais pela porcentagem de frutos formados em polinizações cruzadas. Um valor de ISI menor ou igual a 0,2, a espécie pode ser considerada auto-incompatível (Zapata & Arroyo 1978).

A frequência das espécies foi determinada pelo percentual do número de visitas de cada espécie, em relação ao total visualizado: $F = (n_i/N) \times 100$, onde n_i = número de visitas da espécie i e N = número total de visitas.

Foi construída uma curva de acumulação de espécies baseada em amostras com o auxílio do programa EstimateS Win 8.00. Para estimar a riqueza real de polinizadores na área de estudo foram utilizados os estimadores ICE (Incidence-based Coverage Estimator), o qual trabalha com o número de espécies infreqüentes, ou seja, que aparecem em poucas unidades amostrais; Chao 2, que se baseia em unicatas e duplicatas (Santos 2004); Jackknife de primeira e segunda ordens, os quais estimam a riqueza total somando a riqueza observada a um parâmetro calculado a partir do número de espécies raras e do número de amostras (Santos 2004).

Foi feita uma análise de correlação para verificar a existência ou não de relação direta da riqueza ou freqüência dos polinizadores com a formação de frutos. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa Systat 10.2 (Systat Software, Inc.).

RESULTADOS

Malpighia emarginata foi caracterizada como auto-incompatível (ISI=0,06) e, portanto, dependente da polinização cruzada realizada por polinizadores (Tabela 1).

TABELA 1. Experimentos de polinização realizados em *Malpighia emarginata* DC, em uma área de cultivo experimental na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia-MG. AE- Autopolinização espontânea; AM- Autopolinização manual; PCM- Polinização cruzada manual; PN- Polinização natural.

Testes	Nº de flores	Nº de frutos formados	Porcentagem (%)
AE	60	0	0
AM	33	1	3
PCM	50	26	52
PN	60	10	16,6

Foi verificada uma alta riqueza de abelhas Centridini visitando as flores de *M. emarginata* (Tabela 2) (Figura 3). Das 23 espécies registradas, *Centris (Centris) varia* e *C. (C.) aenea* foram as espécies mais frequentes no A₁ e A₂, respectivamente.

Foram registradas 20 espécies no A₁ e 18 espécies no A₂, embora este último tenha apresentado mais que o dobro do número de visitas do primeiro ano. Mais de 50% das visitas foi feita por duas espécies nos dois anos, *C. (C.) varia* e *C.(Hemisiella) tarsata* (59,94%) no A₁ e *C.(C.) aenea* e *C. (C.) varia* (66,97%) no A₂.

As espécies não mantiveram o mesmo padrão de frequência de ocorrência nas flores, exceto *C. (C.) varia*, que nos dois anos apresentou mais ocorrências no P₁. Esse período foi o que apresentou maior frequência de

visitas nos dois anos, correspondendo ao período de floração mais intensa. A espécie mais freqüente no A_2 foi *C. (C.) aenea* e também se restringiu praticamente ao P_1 . Esse padrão mostra que existe uma variação temporal entre os anos amostrados na riqueza das abelhas Centridini.

A curva de acumulação de espécies (Figura 4) para o total dos dois anos amostrados evidenciou um resultado tendendo à estabilização, o que indica que houve um esforço suficiente, já que se conseguiu registrar praticamente todas as espécies de abelhas Centridini visitantes da acerola nessa área. Analisando-se os resultados obtidos pelos estimadores de riqueza (Tabela 3), pode-se verificar que o número de espécies observado assemelha-se ao número estimado.

TABELA 2. Riqueza e frequência de ocorrência das abelhas Centridini visitantes da aceroleira (*Malpighia emarginata*), observadas na Estação Experimental Água Limpa, no período de outubro e novembro de 2006 e janeiro e fevereiro de 2007 e 2008.

Espécie	Ano 2006/2007						Ano 2007/2008					
	Frequência	Freq. Relativa	Ind/hora		Frequência	Freq. relativa	Frequência	Freq. relativa	Ind/hora		Frequência	Freq. relativa
			Out/Nov	Jan/Fev					Out/Nov	Jan/Fev		
<i>Centris (Centris) varia</i> (Erichson, 1848)	140	40,46	3,85	1,33	199	25,98	4,33	3,04				
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith 1874	68	19,6	1,3	1,22	17	2,22	0,26	0,37				
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	32	9,23	1,11	0,07	12	1,57	0,44	0				
<i>Epicharis (Epicharoides) albofasciata</i> Smith, 1874	16	4,62	0,11	0,48	3	0,39	0	0,11				
<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969	14	4,05	0,52	0	16	2,09	0,44	0,15				
<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier 1841	13	3,76	0,33	0,15	314	40,99	11,37	0,26				
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	13	3,76	0,22	0,26	87	11,36	1,70	1,52				
<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	11	3,18	0,22	0,19	3	0,39	0,04	0,07				
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	8	2,31	0,15	0,15	87	11,36	0,04	3,19				
<i>Epicharis (Epicharoides) xanthogastra</i> Moure & Seabra, 1959	6	1,73	0,22	0	0	0	0	0				
<i>Centris (Melacentris) mocsaryi</i> Friese 1899	5	1,45	0,07	0,11	0	0	0	0				
<i>Centris (Ptilotopus) denudans</i> Lepeletier, 1841	4	1,16	0,15	0	0	0	0	0				
<i>Centris (Hemisiella) vittata</i> Lepeletier, 1841	4	1,16	0,07	0,07	1	0,13	0,04	0				
<i>Epicharis (Epicharitiides) cockerelli</i> (Friese, 1900)	3	0,87	0,11	0	0	0	0	0				
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900)	3	0,87	0,07	0,04	7	0,91	0,07	0,19				
<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1874	2	0,59	0,04	0,04	10	1,31	0	0,37				
<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i> Lepeletier, 1841	1	0,29	0	0,04	0	0	0	0				
<i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> Friese, 1899	1	0,29	0,04	0	1	0,13	0,04	0				
<i>Epicharis (Hoplepicharis) affinis</i> Smith, 1874	1	0,29	0,04	0	4	0,52	0,04	0,11				
<i>Epicharis (Triepicharis) analis</i> Lepeletier, 1841	1	0,29	0,04	0	1	0,13	0,04	0				
<i>Centris (Centris) inermis</i> Friese, 1899	0	0	0	0	2	0,26	0	0,07				
<i>Centris (Centris) poecila</i> Lepeletier, 1841	0	0	0	0	1	0,13	0	0,04				
<i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841	0	0	0	0	1	0,13	0	0,04				
	346	100			766	100						

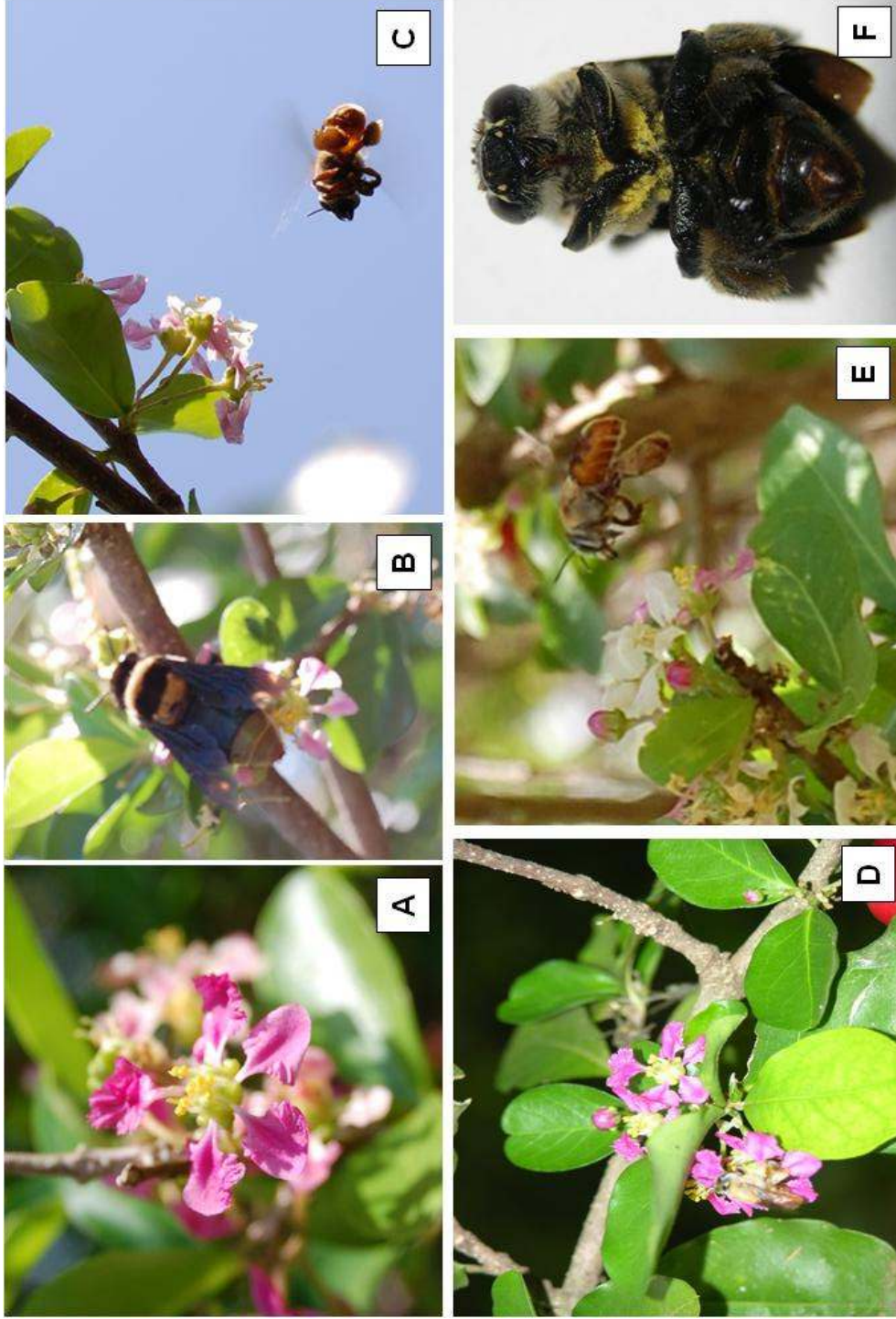


FIGURA 3. A. Flor recém-aberta da aceroleira (*Malpighia emarginata*); B. *Centris (Centris) flavifrons* coletando óleo em uma flor de aceroleira; C. *Centris (Centris) spilopoda* voando próximo à uma flor da aceroleira após uma visita; D. *Centris (Hemisiella) tarsata* coletando óleo; E. *Centris (Centris) inermis* chegando para uma visita; F. Abelha da tribo Centridini com a região ventral do corpo coberta de pólen após uma visita à flor.

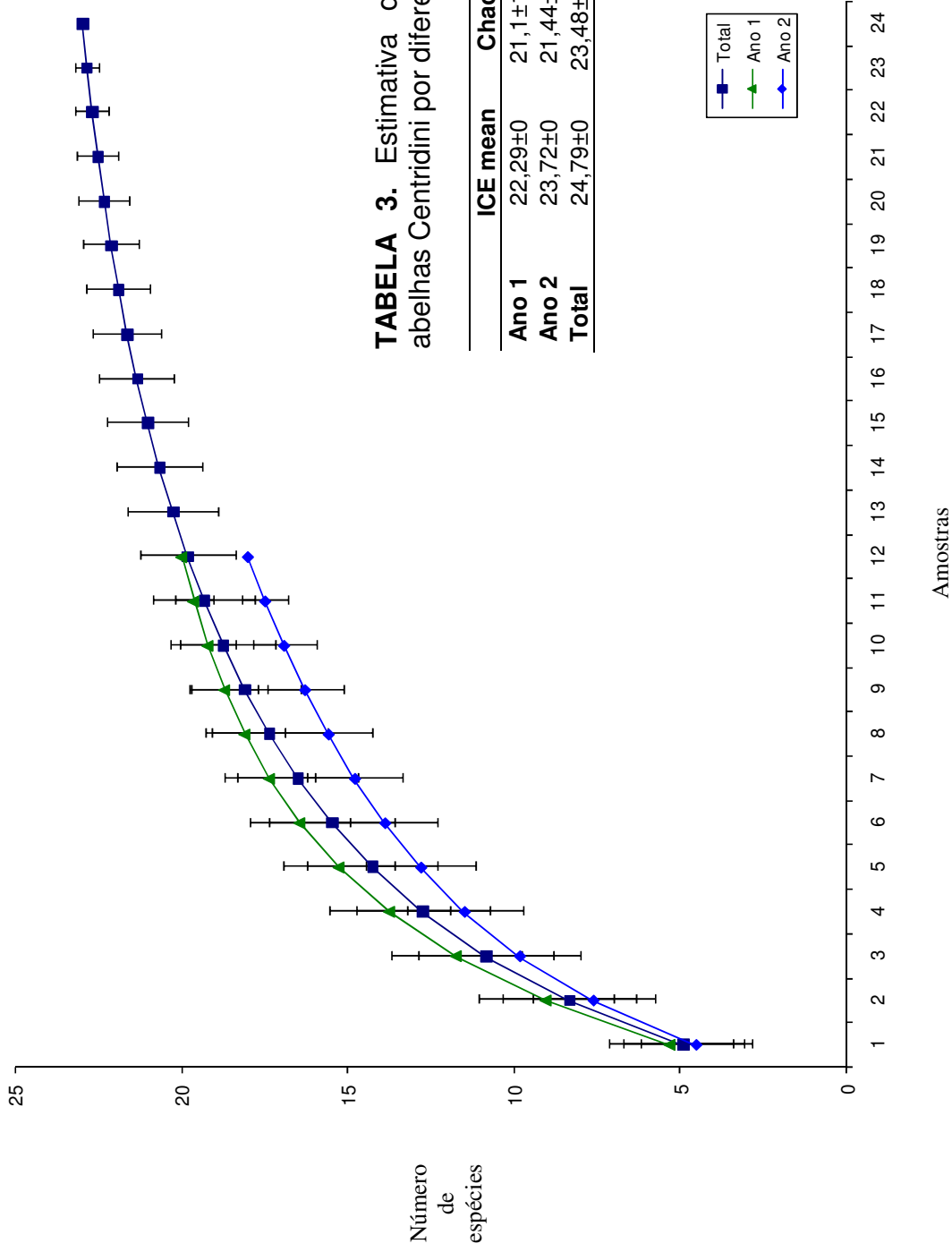


TABELA 3. Estimativa de riqueza de espécies de abelhas Centridini por diferentes estimadores.

	ICE mean	Chao 2	Jack 1	Jack 2
Ano 1	22,29±0	21,1±1,71	23,67±2,82	23,97±0
Ano 2	23,72±0	21,44±3,9	23,5±2,14	26,23±0
Total	24,79±0	23,48±0,99	25,88±1,59	24,24±0

FIGURA 4. Número acumulado de espécies de abelhas Centridini por amostra (um dia de observação) em área de cultivo de acerola (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) em cada ano (Ano 1: 2006-2007 e Ano 2: 2007-2008) e no total dos dois anos. Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG.

Monitoramento da frequência de abelhas Centridini

Os números médios de visitas de abelhas Centridini às flores de acerola no P_1/A_1 ($x=46,8\pm35,34$) e no P_1/A_2 ($x=84,83\pm50,43$) não diferiram significativamente das médias obtidas no P_2/A_1 ($x=18,83\pm10,61$) e no P_2/A_2 ($x=51,40\pm30,57$) (A_1 : $t=1,86$; $p>0,05$; A_2 : $t=1,29$; $p>0,05$) (Figuras 5 e 6), respectivamente. O mesmo ocorreu quando se analisou o número de visitas por hora de observação dessas abelhas entre o P_1/A_1 ($x= 10,43\pm7,85$) e P_1/A_2 ($x= 18,85\pm11,21$) e o P_2/A_1 ($x= 4,18\pm2,36$) e P_2/A_2 ($x= 11,42\pm6,8$) (A_1 : $t=1,88$; $p>0,05$; A_2 : $t=1,29$; $p>0,05$).

As espécies mais frequentemente observadas nas flores das aceroleiras no A_1 foram *C. (C.) varia*, *C. (H.) tarsata*, *C. (C.) flavifrons* e *Epicharis (Epicharoides) albofasciata*, as quais apresentaram variações de frequência nos dois períodos amostrados (Figura 7). No A_2 , as espécies mais frequentemente observadas foram *C. (C.) aenea*, *C.(C.) varia*, *C. (Heterocentris) analis*, *C. (C.) nitens*, que também mostraram variações de frequência nos dois períodos amostrados (Figura 8).

As principais espécies visitantes também sofreram flutuação na frequência de ocorrência nos dias amostrados. Os dados mostram uma substituição de espécies que polinizam efetivamente a aceroleira ao longo das amostragens (Figura 9), uma vez que quando uma espécie apresentava uma frequência muito baixa, havia outra que apresentava uma frequência mais alta.

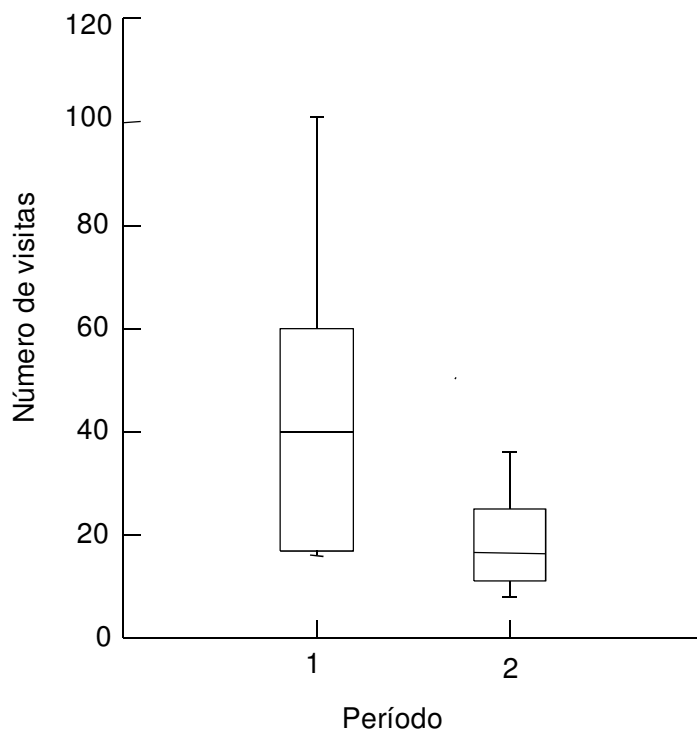


FIGURA 5. Número de visitas de abelhas Centridini nas flores de *Malpighia emarginata* na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. Ano 1 (2006-2007) (período 1: outubro-novembro; período 2: janeiro-fevereiro). Mediana, quartis e amplitude.

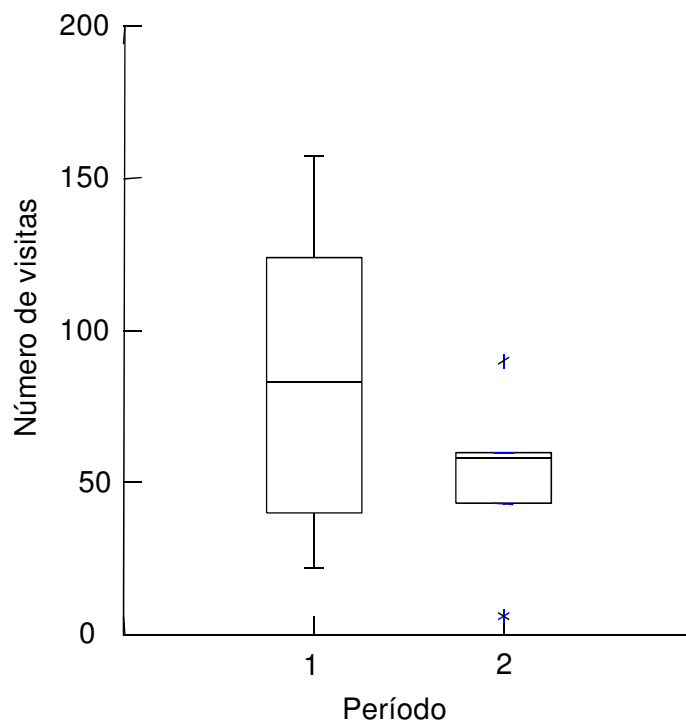


FIGURA 6. Número de visitas de abelhas Centridini nas flores de *Malpighia emarginata* na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. Ano 2 (2007-2008) (período 1: outubro-novembro; período 2: janeiro-fevereiro). Mediana, quartis e amplitude.

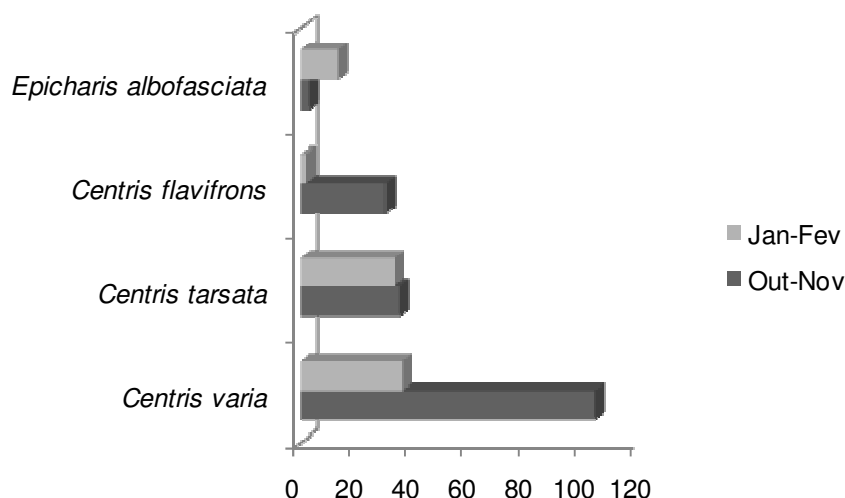


FIGURA 7. Variação no número de visitas de quatro espécies de Centridini mais frequentes nas flores da aceroleira (*Malpighia emarginata*), em dois períodos da floração (outubro/novembro- 2006 e janeiro/fevereiro- 2007), na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG.

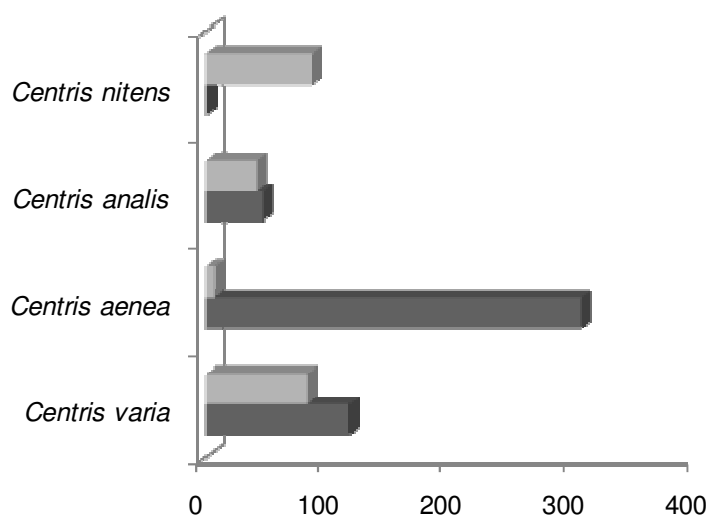
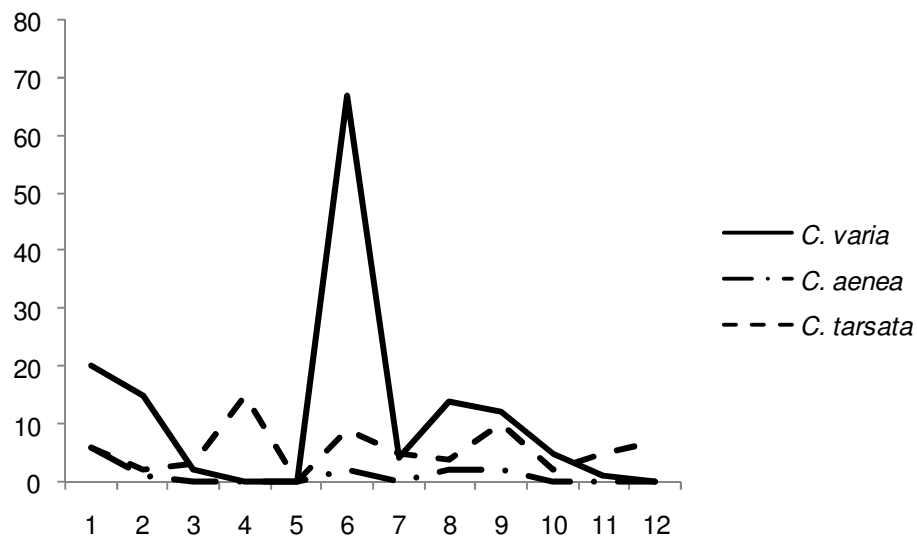
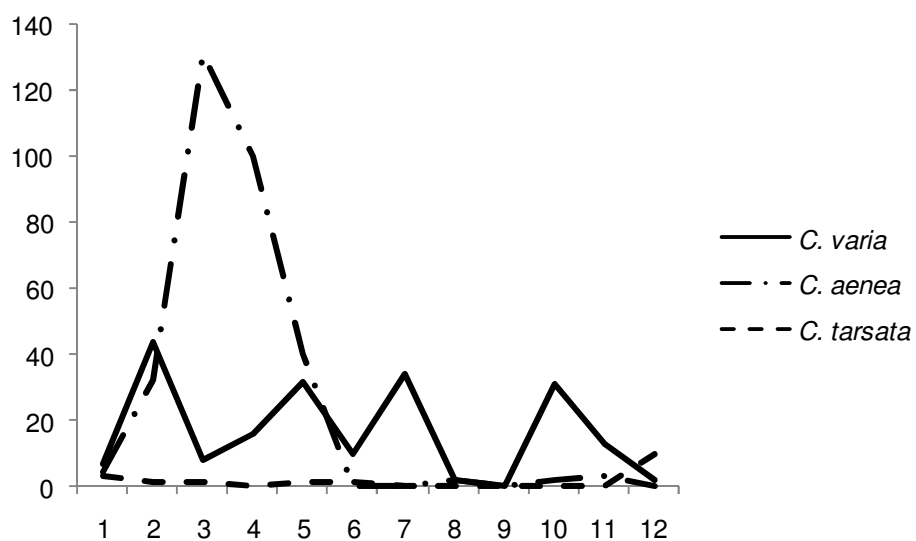


FIGURA 8. Variação no número de visitas de quatro espécies de Centridini mais frequentes nas flores da aceroleira (*Malpighia emarginata*), em dois períodos da floração (outubro/novembro- 2007 e janeiro/fevereiro- 2008), na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG.



A



B

FIGURA 9. Flutuação da frequência de visitas das espécies mais frequentes visitantes das flores de aceroleira (*Malpighia emarginata*), na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. **A-** Ano 1 (2006-2007). **B-** Ano 2 (2007-2008). Amostras de 1 a 6 correspondem ao período de outubro-novembro e amostras de 7 a 12 correspondem ao período de janeiro-fevereiro.

Formação natural de frutos

Nos dois anos houve uma flutuação na produção de frutos (Figura 10). Em algumas amostragens do A₁, verificou-se uma percentagem de formação natural de frutos acima do potencial estabelecido para *M. emarginata* (Figura 10). Ainda em relação ao A₁, detectou-se diferença significativa no número de frutos formados naturalmente entre os dois períodos (U=5,5; n₁=6; n₂=6; p=0,045), sendo que o P₂ apresentou mais frutos formados ($\bar{x}=22,83\pm 11,089$) do que o P₁ ($\bar{x}=13\pm 13,73$) (Figura 11). No entanto, não foi detectada diferença significativa no número de frutos formados (t=-0,694; p=0,505) entre o P₁/A₂ ($\bar{x}=11,67\pm 8,31$) e P₂/A₂ ($\bar{x}=14,80\pm 6,22$) (Figura 12).

Não houve correlação do número de frutos formados com nenhuma das variáveis analisadas em ambos os anos: número de visitas (A₁: r=0,321; p=0,309 e A₂: r=0,068; p=0,835), número de espécies (A₁: r=0,286; p=0,368 e A₂: r=0,437; p=0,156) e número de visitas por hora (A₁: r=0,319; p=0,313 e A₂: r=0,068; p=0,835).

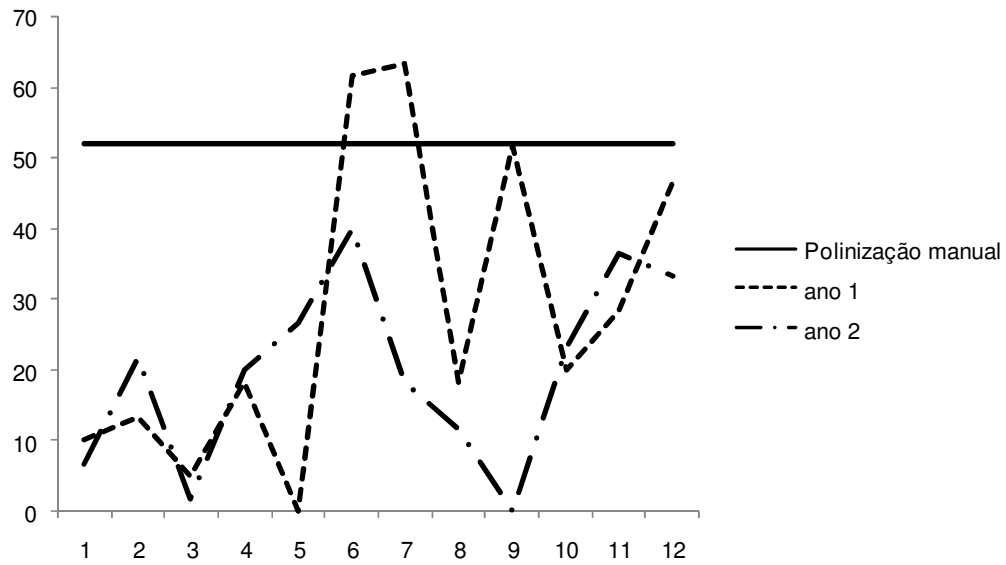


FIGURA 10. Porcentagem de frutos formados a partir de polinização manual (n=50) e polinizações naturais durante o período de amostragem nos anos 1 (2006-2007) (n=60 para cada amostra) e 2 (2007-2008) (n=60 para cada amostra) em área de cultivo de acerola na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG.

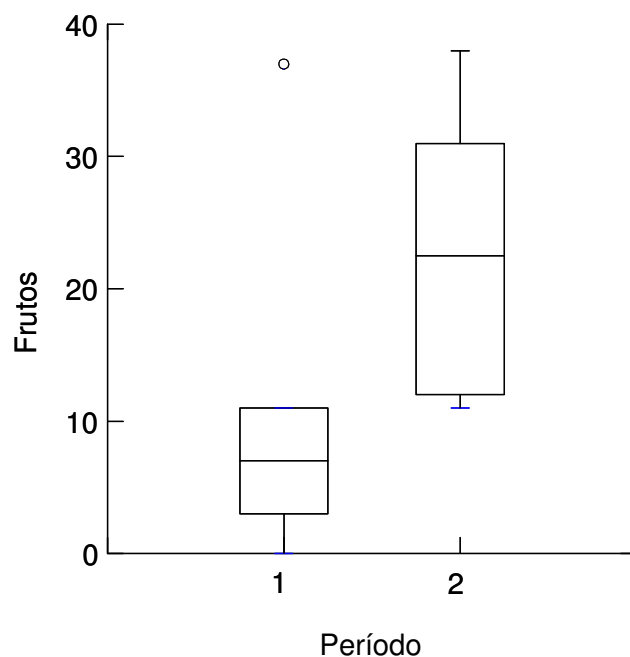


FIGURA 11. Número de frutos formados naturalmente nas aceroleiras (*Malpighia emarginata*) na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. Ano 1 (2006-2007) (período 1: outubro-novembro; período 2: janeiro-fevereiro) (n=60). Mediana, quartis e amplitude.

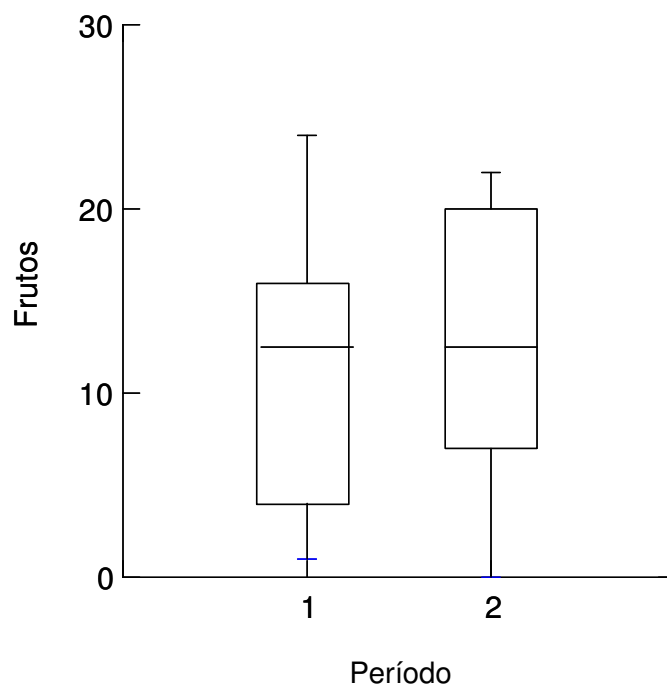


FIGURA 12. Número de frutos formados naturalmente nas aceroleiras (*Malpighia emarginata*) na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG. Ano 2 (2007-2008) (período 1: outubro-novembro; período 2: janeiro-fevereiro) (n=60). Mediana, quartis e amplitude.

DISCUSSÃO

Malpighia emarginata é uma planta dependente de polinizadores, e segundo Freitas *et al.* (1999), provavelmente mais que uma visita é necessária para a formação de frutos ótima. Como verificado por Vilhena & Augusto (2007), as visitas que eficientemente resultam em polinização na aceroleira são efetuadas pelas espécies da tribo Centridini. Os anos de estudo considerados separadamente não apresentaram uma estimativa fiel do número de espécies de Centridini visitantes da aceroleira na área. A estabilização da curva de acumulação de espécies somente foi obtida considerando-se os dois anos de amostragem, o que mostra a importância de estudos de longo prazo para estimar a riqueza e monitorar as populações desses polinizadores.

A riqueza de abelhas Centridini encontrada na cultura de aceroleiras nessa região do Triângulo Mineiro foi considerada muito alta comparada aos valores obtidos em outros estudos. Freitas *et al.* (1999), Martins *et al.* (1999) e Oliveira & Schlindwein (2003) observaram cinco, dez e nove espécies, respectivamente, visitando as flores de acerola. No entanto, nem todas pertenciam à tribo Centridini e, portanto, não agiam como polinizadores efetivos. Outras espécies da tribo Meliponini também podem ser registradas nas flores coletando pólen ou tecidos da flor, podendo agir ocasionalmente e não efetivamente como polinizadores (Vilhena & Augusto 2007), diferentemente do que foi apresentado por Martins *et al.* (1999), que consideraram os meliponíneos principais agentes polinizadores da aceroleira na caatinga. A alta riqueza e frequência das abelhas Centridini verificada nesse estudo pode estar associada à alta riqueza de espécies de Malpighiaceae no

Cerrado, já que em vários trabalhos verificou-se que essa família é uma das mais representativas desse bioma (Weiser & Godoy 2001; Alves *et al.* 2007; Neri *et al.* 2007; Carvalho & Marques-Alves 2008) e que há efeitos populacionais positivos e recíprocos entre esses dois grupos (Ramalho & Silva 2002).

As visitas dos polinizadores flutuaram durante o período de floração de *M. emarginata*, sendo essas flutuações inerentes da própria dinâmica das populações, que inclui fatores intrínsecos, como competição e extrínsecos como temperatura e umidade. A disponibilidade de recursos na área também pode influenciar na oscilação da frequência das espécies nas flores das aceroleiras. Algumas fontes vegetais que florescem em sincronia com o plantio podem ser mais atrativas para algumas espécies e, conseqüentemente, diminuir a presença dessas no cultivo. A oscilação de frequência das espécies mais observadas resultou em uma substituição entre essas nos dias amostrados, ou seja, quando uma espécie se apresentava em baixa frequência, havia outra que apresentava mais visitas às flores. Isso pode ter um efeito compensatório para a planta, o que diminui o impacto da falta de polinizadores em algumas culturas (Kremen 2004). Para que essa substituição ou compensação de polinizadores seja verificada, e para dar uma estimativa confiável da variabilidade temporal na polinização, os trabalhos precisam ser conduzidos por um período longo (Klein *et al.* 2007), como o efetuado no presente estudo. Da mesma forma, estudos realizados por um longo período são necessários para entender efetivamente a variação temporal das comunidades de insetos (Roubik 2001), bem como a troca temporal de

espécies habitat-específicas (Williams *et al.* 2001; Cane *et al.* 2005; Tylianakis *et al.* 2005).

A flutuação na formação de frutos não apresentou relação com a flutuação das visitas das abelhas. Contudo, coincidentemente, o A₂ apresentou mais que o dobro do número de visitas do A₁ e uma produtividade 50% maior (Berildo Melo, comunicação pessoal). No A₁ a produtividade foi de 20 kg/planta e no A₂ de 30 kg/planta. Considerando que um cultivo comercial, em condições técnicas adequadas, produz aproximadamente 40 kg/planta/ano (Oliveira & Filho 1999), acredita-se que a produção de fruto atinge níveis satisfatórios.

As variações nas taxas de frutificação natural podem ser consideradas normais tratando-se de uma planta que produz muitas flores, ou seja, o alto custo energético para produção de frutos e sementes pode promover abortos, tendo com isso menor frutificação em alguns períodos. Martins *et al.* (1999), quando estudaram a polinização da acerola na caatinga, obtiveram 53% de produção de frutos na polinização natural e Freitas *et al.* (1999), verificaram uma porcentagem de frutificação de 30% nessa polinização, valores variáveis também verificados nesse estudo.

A produtividade de culturas pode ser limitada por alguns fatores como disponibilidade de nutrientes, água e polinizadores. A cultura estudada recebeu irrigação e adubação adequadas e, portanto, a limitação na produção de frutos estava relacionada basicamente com a presença dos polinizadores. As várias espécies de Centridini apresentadas desempenham o mesmo papel ecológico nas flores da aceroleira, a polinização. A frequência de visitas das abelhas dessa tribo somadas foi praticamente homogênea durante o período de amostragem. Assim, acredita-se que tenha sido verificada uma frequência de

polinizadores equivalente ao limiar necessário para manter níveis satisfatórios de polinização. Dados disponíveis em vários estudos indicam que a estabilidade da polinização cresce em paisagens com uma comunidade de polinizadores rica e abundante (Klein *et al.* 2007), e que esta pode prover serviços de polinização mais estáveis ao longo do tempo, protegendo as culturas contra flutuações de populações ou extinção de alguma espécie de polinizador (Kremen *et al.* 2002, Ricketts 2004, Fontaine *et al.* 2006). Essa estabilidade na polinização pode ser relacionada com a “hipótese do seguro”, a qual prediz que a biodiversidade assegura o ecossistema contra perdas de funcionamento em resposta à perturbação ou flutuação ambiental (Yachi & Loreau 1999). Assim, a variação temporal na riqueza das abelhas Centridini não está necessariamente afetando a produção das aceroleiras, ou seja, as plantas estão seguras contra perdas específicas por conter uma alta riqueza e frequência de polinizadores.

A produção de frutos significativamente maior no P₂/A₁, período com uma floração menos intensa, pode ser explicada pela relação fertilidade vs. *display* floral, como proposto por Williams (2007), e pelo comportamento de forrageamento dos polinizadores (Teixeira & Machado 2000; Pinto *et al.* 2008). O número menor de frutos formados naturalmente no primeiro período pode estar relacionado com o grande número de visitas feitas pelas abelhas em um mesmo indivíduo. Esse aspecto foi verificado numa cultura de mangaba (*Hancornia speciosa*) (Pinto *et al.* 2008), na qual a probabilidade de formação de fruto é alta somente nas duas primeiras flores visitadas numa sequência. O movimento intraplanta dos polinizadores acarreta um depósito de autopólen nas flores. Levando-se em conta que se trata de uma espécie auto-

incompatível, esses grãos podem estar impedindo a eventual germinação de pólen proveniente de outro indivíduo (Teixeira & Machado 2000) e, conseqüentemente, diminuindo a fertilização e a formação de frutos.

Embora não tenha sido observada uma carência de polinizadores na cultura estudada, esse aspecto é apontado como um problema na polinização de outras culturas (Klein *et al.* 2007), inclusive de aceroleiras em outras áreas. Dentre as culturas que apresentam comumente esse problema estão o melão, o café, a laranja e o algodão, os quais, na grande maioria das vezes, têm sua polinização incrementada pela introdução de ninhos de *Apis mellifera* nos arredores do cultivo (De Jong *et al.* 2006). No caso do maracujá, também existem dificuldades quando o assunto é polinizador. Essa cultura é eficientemente polinizada por abelhas do gênero *Xylocopa*, as quais são ainda difíceis de serem manejadas, apesar de já existir técnica para isso (Freitas & Oliveira-Filho 2001). O mesmo acontece para a cultura de acerola, que tem a polinização dependente de abelhas solitárias, particularmente da tribo Centridini (Vilhena & Augusto 2007), cuja maioria das espécies nidifica no solo e apresenta, portanto, difícil manejo.

Mas qual o motivo de não ter ocorrido um déficit de polinização na área estudada? Acredita-se que esse fato deve-se, principalmente, à presença de áreas preservadas de Cerrado no entorno da plantação, já que a presença de fragmentos próximos aos cultivos é relatada como significativa para a conservação de abelhas (Ricketts 2004; Ricketts *et al.* 2004; De Marco & Coelho 2004; Ricketts *et al.* 2008; Kremen 2008). No entanto, em cultivos onde não existe tal grau de preservação, a polinização pode ficar comprometida por falta de polinizadores. Assim, o procedimento de manejo para algumas

espécies se faz necessário. Das espécies verificadas nesse trabalho, algumas apresentam ampla distribuição, nidificam em cavidades preexistentes e foram observadas durante todo o período de floração da aceroleira. Esse é o caso de *C. (Hemisiella) tarsata* e *C. (Heterocentris) analis* (Jesus & Garófalo 2000; Aguiar & Garófalo 2004; Garófalo *et al.* 2004), as quais possuem a potencialidade de terem suas populações aumentadas com a introdução de ninhos-armadilha nesse tipo de cultivo (Mesquita *et al.* 2008; Jesus & Garófalo 2000). A maioria das demais espécies verificadas da tribo Centridini nidifica no solo, sendo essas abelhas mais difíceis de serem manejadas. No entanto, a manutenção de áreas com solo arenoso (Rocha-Filho 2008; Gaglianone 2005), pobre em nutrientes, no entorno dos plantios, pode facilitar a ocorrência de nidificação e aumento das populações destas espécies.

CAPÍTULO II

Fontes de recursos utilizadas pelos polinizadores efetivos da aceroleira e estratégias de conservação e manejo dessas espécies

INTRODUÇÃO

Existem entre 20 e 30 mil espécies de abelhas no mundo (Michener 2000) que diferem na forma e na variedade de plantas que visitam e polinizam. A polinização é definida como o mais importante benefício das abelhas para a humanidade e para a natureza. Os polinizadores visitam as flores para a coleta de recursos alimentares, como néctar e pólen, ou para a coleta de material de construção dos ninhos, como resinas e óleos florais. Esse último também é utilizado como alimento larval por algumas espécies de *Centris*, como *C. (Hemisiella) trigonoides* (Simpson *et al.* 1977), *C. (H.) vittata* (Pereira & Garófalo 1996) e *C. (H.) tarsata* (Aguiar & Garófalo 2004), e por *Epicharis nigrita* (Gaglianone 2005).

A polinização é um fator de produção de fundamental importância em muitas culturas agrícolas ao redor do mundo. Ela aumenta a produção, melhora a qualidade dos frutos, além de proporcionar outros benefícios (Williams *et al.* 1991). No entanto, as populações desses polinizadores estão fortemente ameaçadas por terem seu hábitat modificado, tanto em relação aos locais para nidificação, quanto para a coleta de recursos alimentares. Com a intensificação das práticas agrícolas, essa ameaça fica ainda mais acentuada. Assim, para o manejo e conservação das populações de abelhas polinizadoras de plantas cultivadas, é importante estudar sua biologia a fim de identificar quais são os recursos utilizados por estas espécies tanto para alimentação quanto para a construção de seus ninhos.

Alguns aspectos são fundamentais na preservação e no manejo das abelhas em ecossistemas naturais, agrícolas e urbanos. Um deles é a

manutenção de locais para nidificação, o que se faz preservando as áreas naturais no entorno dos cultivos ou criando estes locais nas áreas desejadas. Outro é o conhecimento das plantas fornecedoras de recursos tróficos para diferentes espécies que promovem a polinização.

No caso da aceroleira (*Malpighia emarginata*), temos um cenário em que a planta cultivada é uma importante fonte de óleo para os seus polinizadores, que são as abelhas Centridini (Vilhena & Augusto 2007). A maioria dessas abelhas faz seus ninhos no solo (Rozen & Buchmann 1990; Aguiar & Gaglianone 2003; Gaglianone 2005) e algumas espécies, no caso de *Centris*, mais especificamente dos subgêneros *Heterocentris*, *Hemisiella* e *Xanthemisia*, em cavidades pré-existentes, como ninhos-armadilha (Gazola & Garófalo 2003; Aguiar & Garófalo 2004; Thiele 2005). Essas abelhas também necessitam de fontes de pólen e néctar para alimentação. Assim, para a manutenção desses polinizadores nos arredores do cultivo, é imprescindível conhecer quais as fontes utilizadas por eles e, assim, propor estratégias de conservação dos mesmos.

A análise do pólen encontrado nas estruturas especializadas para transporte (escopas) e nos ninhos das abelhas tem demonstrado eficiência no que se refere ao conhecimento das espécies vegetais utilizadas como recurso por esses insetos, incluindo pólen, néctar ou óleo. Essa técnica ainda nos permite avaliar a importância de cada uma das plantas visitadas, como fornecedoras de recursos para seus polinizadores (Eckert 1942).

Dessa forma, esse estudo procurou identificar as fontes de recursos para os polinizadores efetivos na área de cultivo de acerola, caracterizando a

amplitude e a similaridade do nicho alimentar dessas abelhas, bem como propor estratégias de conservação e manejo para esses polinizadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de produção de acerola na Estação Experimental Água Limpa (19°05'48"S/48°21'05"W), pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia MG. A Estação apresenta 60 ha de área preservada, 17 ha de área com fruteira, sendo 1,1 ha de aceroleira, o que inclui aproximadamente 700 indivíduos (P. Bernardes, comunicação pessoal). A área preservada inclui um complexo de vegetação que abrange cerrado sentido restrito, cerrado denso, vereda e mata de galeria.

Espécies estudadas

O material polínico foi retirado das escopas (Figura 1A) das várias espécies de Centridini visitantes da aceroleira. Como apresentado no capítulo I, os polinizadores efetivos dessa fruteira pertencem a várias espécies de tal tribo, sendo a riqueza e a frequência variáveis nos anos e nos períodos amostrados. Devido a isso, foram escolhidas sete espécies para a análise da carga polínica: *Centris (Centris) aenea*, *C. (C.) flavifrons*, *C. (C.) spilopoda*, *C. (C.) varia*, *C. (Ptilotopus) scopipes*, *C. (Trachina) longimana* e *Epicharis (Epicharana) flava*.

As espécies foram escolhidas por terem obedecido a alguns critérios, a saber: estarem entre as mais frequentes, terem sido verificadas em todos os anos de análise de frequência e/ou para as quais foi obtido maior número de

indivíduos com pólen na escopa. Para cada espécie, foram amostrados seis indivíduos, ou seja, seis cargas polínicas.

Procedimentos

Os indivíduos foram coletados durante o período de floração da aceroleira (outubro a fevereiro), nos anos de 2004 a 2008, após visitas às suas flores, em um cultivo na Estação Experimental Água Limpa.

A carga polínica das escopas das abelhas foi retirada com o auxílio de um estilete e armazenada em álcool 70% para ser posteriormente acetolisada. O método da acetólise (Erdtman 1960) consiste no tratamento químico do grão de pólen, o qual elimina a intina, o citoplasma e as substâncias aderentes aos grãos, ficando a exina própria para os estudos de seus detalhes. Após esse processo, foram montadas três lâminas de cada indivíduo para as análises qualitativas e quantitativas, totalizando 126 lâminas. Essas lâminas foram confeccionadas com cubos de gelatina glicerinada de Kisser (Kearns & Inouye 1993), cobertas com lamínulas e depositadas no laminário polínico do Laboratório de Morfologia Vegetal e Imagens da Universidade Federal de Uberlândia (LAMOVI – IB/UFU).

Análise qualitativa: foram determinadas as espécies botânicas ou tipos polínicos considerando aspectos morfológicos dos grãos quando comparados com o laminário de referência confeccionado com plantas coletadas na área de estudo. Adicionalmente, contou-se com o auxílio de literatura especializada (Salgado-Labouriau 1973; Roubik & Moreno 1991) e da Dra. Esther Margarida

Alves Ferreira Bastos do Laboratório de Recursos Vegetais da Fundação Ezequiel Dias, Belo Horizonte, MG.

Alguns grãos de pólen foram agrupados em tipos polínicos, os quais são definidos como um conjunto de grãos com morfologia muito semelhante (Maia *et al.* 2005), pertencendo ou não, à espécie do mesmo gênero. Foram adotados os seguintes tipos polínicos:

- Tipo *Banisteriopsis* 1: *Banisteriopsis campestris* e *B. stellaris*;
- Tipo *Heteropteris* 3: *Heteropteris pteropetala*, *H. anoptera* e *Tetrapteris* sp.;
- Tipo *Byrsonima*: *Byrsonima intermedia*, *B. coccolobifolia*, *B. pachyphylla*, *B. verbascifolia* e *Pterandra pyroidea*;
- Tipo *Myrcia*: *Myrcia uberavensis*, *M. rostrata*, *M. variabilis*, *M. rubella*, *M. canescens* e *M. rodocephala*;
- Tipo *Baccharis*: *Baccharis* spp.;
- Tipo *Vernonia*: *Vernonia fruticulosa*, *V. aurea* e *V. polyanthes*.

As fotografias dos grãos de pólen acetolisados foram obtidas em microscopia óptica digitalmente, utilizando-se microscópio Zeiss Axioplan acoplado a uma câmera fotográfica Olympus DP 70 com resolução 12 Mpixel, microcomputador e os programas Olympus DP Controller e DP Manager.

Análise quantitativa: foi efetuada através da contagem de, no mínimo, 400 grãos de pólen por lâmina, os quais foram agrupados por espécies botânicas ou tipos polínicos. As lamínulas foram divididas em quatro quadrantes, sendo que em cada um foram contados 100 grãos aproximadamente, totalizando no mínimo, 1200 grãos quantificados por abelha amostrada (Figura 1B). Em quadrantes que continham menos de 100 grãos, foi

contado o total de grãos contido neles. Vale ressaltar que o pólen analisado foi retirado das escopas das fêmeas, o que evita a superestimação do pólen de *M. emarginata* do ventre da abelha, oriundo de uma visita para a coleta de óleo.

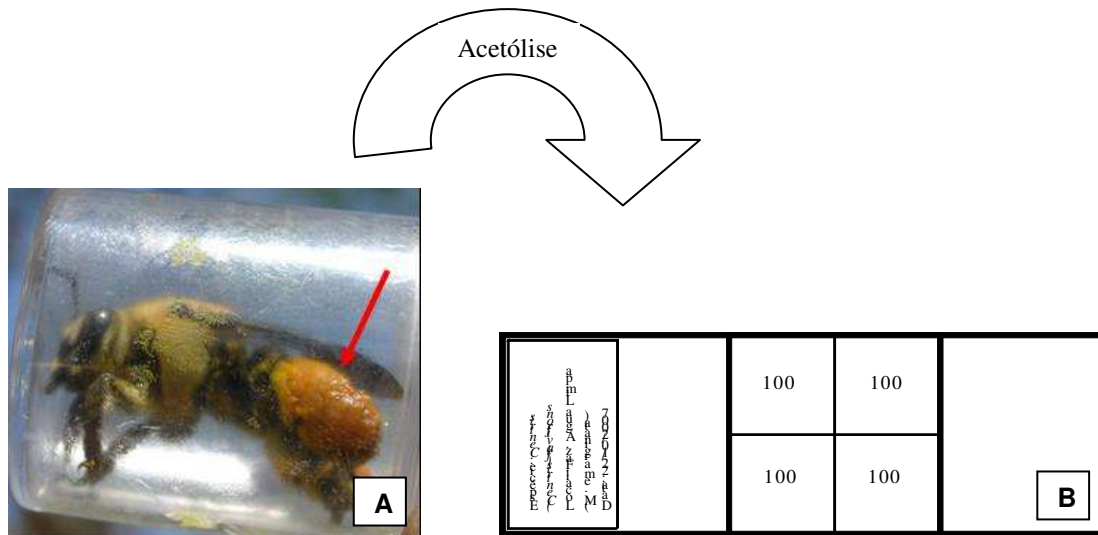


FIGURA 1. A. Carga polínica na escopa de uma abelha Centridini. Essa carga é retirada e posteriormente acetolisada para serem montadas as lâminas. **B.** Esquema da lâmina com a lamínula dividida em quadrantes. Em cada quadrante foram contados, no mínimo, 100 grãos de pólen.

Análise dos dados

A amplitude do nicho trófico das abelhas foi calculada através do índice de SHANNON usando a fórmula $H' = - \sum (p_k \times \ln p_k)$, onde p_k é a proporção de espécies polínicas na abelha K e \ln é o logaritmo neperiano do valor p_k . A uniformidade das visitas de cada espécie de abelha às espécies de plantas (pólen) foi calculada através da fórmula $J' = H'/H'_{\max}$, onde H'_{\max} é o logaritmo neperiano do número total de espécies de plantas visitadas (pólen) pela espécie de abelha.

A proporção de cada tipo polínico foi calculada dividindo-se o seu número de grãos pelo total de grãos quantificados para cada espécie de abelha. Grãos

de pólen encontrados numa abundância abaixo de 0,4% nas amostras foram considerados como isolados, provavelmente oriundo de contaminação, repouso da abelha na planta ou da carga anterior.

A similaridade na utilização dos recursos vegetais pelas abelhas foi calculada baseada na abundância dos grãos de pólen presentes nas escopas. Para tanto, foi utilizado o índice de Morisita, agrupado pelo método UPGMA, o qual utiliza as médias aritméticas não-ponderadas. A partir disso, foi construído um dendrograma que expressa as similaridades entre essas abelhas na utilização dos recursos. A representatividade dos agrupamentos foi avaliada pelo coeficiente de correlação cofenética, considerando-se um valor acima de 0,7 satisfatório para a representação da matriz original. Para todas essas análises foi utilizado o pacote FITOPAC SHELL (Shepherd 2006).

Foi montada uma teia de interações entre as abelhas analisadas e as plantas identificadas nas suas cargas. O aninhamento foi calculado utilizando-se o parâmetro NODF (Nestedness Metric Based on Overlap and Decreasing Fill) (Almeida-Neto *et al.* 2008) com o auxílio do software "ANINHADO" (Guimarães & Guimarães 2006). Para calcular a significância do aninhamento (N), foram utilizados dois modelos nulos. O primeiro testa se o valor de N observado é maior do que o esperado para redes de interações aleatórias com um número similar de interações. Já o segundo, testa se o valor de N observado é maior do que o esperado para redes de interações com heterogeneidade similar de interações entre espécies (Bascompte *et al.* 2003). A teia de interações foi confeccionada a partir da matriz aninhada utilizando-se o software Pajeck 123.

RESULTADOS

As espécies de Centridini analisadas visitaram um número variável de espécies vegetais. Foram identificadas 41 espécies de plantas e cinco tipos polínicos pertencentes a 18 famílias na carga das escopas das fêmeas coletadas na aceroleira (Tabela 1), formando uma complexa teia de interações (Figura 2), a qual apresentou um padrão aninhado com valor de $N = 50,72$. Esta teia de interações foi significativamente mais aninhada do que o esperado no modelo nulo 1 ($P < 0,001$) e marginalmente significativa no modelo nulo 2 ($P = 0,05$).

Foi registrado um comportamento generalista de visitas às flores devido ao número de espécies polínicas registradas em cada espécie de abelha. No que diz respeito às fontes de óleo e pólen, essas abelhas apresentaram certa preferência em nível de família, sendo as espécies de Malpighiaceae as únicas fontes de óleo e as principais fontes de pólen, devido à alta abundância desse tipo polínico nas cargas analisadas (Tabela 1).

Malpighiaceae foi a família mais representativa com quatro espécies identificadas e três tipos polínicos, além de ser a família que apresentou maior abundância de grãos de pólen em seis das sete espécies de abelhas analisadas. O tipo *Byrsonima* (Malpighiaceae) (Figura 3A) foi o mais representativo para *E. (E.) flava* e *C. (C.) spilopoda*, que apresentaram 42,23% e 43,55% desses grãos nas suas amostras, respectivamente (Tabela 1). O tipo *Heteropteris* 3 (Malpighiaceae) (Figura 3B e C) foi o mais importante para *C. (P.) scopipes* e *C. (C.) flavifrons*, que apresentaram 53,25% e 25,55% desses grãos, respectivamente (Tabela 1). As cargas polínicas de *Centris (C.) varia* e

C. (C.) aenea apresentaram 72,04% e 35,03% de grãos de *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae) (Figura 3D) (Tabela 1). Já para *C. (T.) longimana*, *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) (Figura 3E e F) foi a espécie mais representativa, com 34,09% (Tabela 1), se configurando como importante fonte de pólen para essa espécie no período estudado.

Cinco espécies vegetais foram utilizadas por todas as espécies de abelhas amostradas, embora tenham sido verificadas em abundâncias diferentes (Tabela 1). Foram elas: *Caesalpinia peltophoroides* (Caesalpinaceae) (Figura 3G), espécie exótica; *S. lycocarpum*, fonte de pólen; Tipo *Heteropteris* 3, Tipo *Byrsonima* e *M. emarginata*, já conhecidamente importantes fontes de óleo para os Centridini, configuraram-se também como importantes fontes de pólen.

Distictella elongata (Bignoniaceae) (Figura 4A) se apresentou como fonte de néctar para algumas abelhas e como pólen isolado em outras (Tabela 1). *Acosmium dasycarpum* (Fabaceae) (Figura 4B e C) encontrado nas cargas de cinco espécies, também se configurou como importante fonte de recurso para essas abelhas. Para *C. (C.) aenea* e *C. (C.) varia*, verificou-se que *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) (Figura 4D) foi fonte de pólen e néctar (Tabela 1). Outra espécie da família Vochysiaceae importante como fonte de néctar para *C. (C.) varia* foi *Vochysia tucanorum* (Figura 4E e F), que apresentou 10,05% dos seus grãos de pólen nas cargas dessa abelha (Tabela 1). *Anacardium* sp. (Anacardiaceae) (Figura 4G e H) ocorreu apenas como fonte de recurso para *C. (C.) flavifrons* (Tabela 1).

As análises polínicas das amostras estudadas mostraram a participação de 29 espécies que se apresentaram como polens isolados (Tabela 1), quais

sejam: *Alternanthera* sp., *Amaranthus* sp., Tipo *Baccharis*, *Eupatorium* sp., Tipo *Vernonia*, Asteraceae (sp1), Asteraceae (sp2), *Jacaranda rufa*, *Tabebuia aurea*, *Tabebuia ochracea*, Bignoniaceae (sp1), *Manihot* sp., *Acosmium subelegans*, Gramineae, *Salvia* sp., *Heteropteris scalloniifolia*, Tipo *Banisteriopsis* 1, *Marcetia* sp., *Miconia* sp., *Mimosa* sp., *Stryphnodendron* sp., *Psidium guajava*, *Passiflora edulis*, Rubiaceae (sp1), *Matayba guianensis*, *Serjania reticulata*, *Serjania* sp., Sapindaceae (sp1), Vochysiaceae (sp1). *Stryphnodendron* sp. (Mimosaceae) (Figura 5A), *Salvia* sp. (Lamiaceae) (Figura 5B), *Serjania* sp. (Sapindaceae) (Figura 5C), espécies da família Asteraceae (Figura 5D), *Amaranthus* sp. (Amaranthaceae) (Figura 5E), *Passiflora edulis* (Passifloraceae) (Figura 5F), espécies de Gramineae (Figura 5G) e *Psidium guajava* (Myrtaceae) (Figura 5H), foram encontrados em várias amostras (Tabela 1).

TABELA 1. Espécies e tipos polínicos e suas abundâncias (%) encontrados nas cargas polínicas de sete espécies de abelhas Centridini visitantes da aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) na Estação Experimental Água Limpa, Uberlândia, MG, no período de outubro a fevereiro dos anos de 2004 a 2008. Recurso: P= pólen; N= néctar; O= óleo. CSP= *Centris (Centris) spilopoda*; CA= *C. (C.) aenea*; EF= *Epicharis (Epicharana) flava*; CF= *C. (C.) flavifrons*; CS= *C. (Ptilotopus) scopipes*; CL= *C. (Trachina) longimana*; CV= *C. (C.) varia*,

Plantas	Recurso	EF	CS	CL	CSP	CF	CA	CV
AMARANTHACEAE								
<i>Alternanthera</i> sp.	P	0.01						
<i>Amaranthus</i> sp.	P		0.01	0.02			0.01	
ANACARDIACEAE								
<i>Anacardium</i> sp.	P/N					14.10		
ASTERACEAE								
Tipo <i>Baccharis</i>	P/N		0.01					
<i>Eupatorium</i> sp.	P/N						0.01	
Tipo <i>Vernonia</i>	P/N	0.02		0.02				
sp1		0.01		0.02	0.14	0.01		
sp2					0.03			
BIGNONIACEAE								
<i>Distictella elongata</i> (Vahl) Urb.	P/N	0.18	0.52	0.92		0.34		0.05
<i>Jacaranda rufa</i> Silva Manso	P/N	0.01						
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	P/N	0.19			0.03			
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	P/N					0.07		
sp1								0.02
CAESALPINACEAE								
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	P/N	0.30	0.66	0.02	0.07	9.08	0.45	0.03
<i>Senna silvestris</i> (Vell.Conc.) Irwin & Barneby	P	0.86						
EUPHORBIACEAE								
<i>Manihot</i> sp.	P/N	0.01						
FABACEAE								
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev.	P/N	1.36	0.01	0.69		4.72	2.50	
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenb) Yakovlev.	P/N				0.37			
GRAMINEAE								
sp1		0.04		0.13	0.20	0.01		0.03
LAMIACEAE								
<i>Salvia</i> sp.	P/N	0.01				0.01		0.02
MALPIGHIACEAE								
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees & Mart.) Gates	P/O			0.02	0.54	0.84	0.08	0.18
<i>Heteropteris byrsonimifolia</i> (Spr.) Kunth.	P/O	3.87					3.19	0.08
<i>Heteropteris escalloniifolia</i> A. Jusieu	P/O		0.11					
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	P/O	14.20	12.52	28.47	41.40	17.00	35.03	72.04
Tipo <i>Banisteriopsis</i> 1	P/O	0.19		0.02				
Tipo <i>Byrsonima</i>	P/O	42.23	14.98	9.09	43.55	16.49	22.74	1.55
Tipo <i>Heteropteris</i> 3	P/O	19.88	53.25	26.44	11.75	25.55	24.83	11.74

Continua...

TABELA 1, Cont.

Plantas	Recurso	EF	CS	CL	CSP	CF	CA	CV
MELASTOMATACEAE								
<i>Cambessedesia</i> sp.	P	0.01						2.66
<i>Marceia</i> sp.	P	0.01						
<i>Miconia</i> sp.	P	0.01						
MIMOSACEAE								
<i>Mimosa</i> sp.	P	0.02						
<i>Stryphnodendron</i> sp.	P/N		0.03				0.01	0.02
MYRTACEAE								
<i>Psidium guajava</i> L.	P		0.10		0.03		0.03	0.03
Tipo <i>Myrcia</i>	P	0.12	0.10	0.02	0.10	0.44		0.03
PASSIFLORACEAE								
<i>Passiflora edulis</i> Sims f. <i>flavicarpa</i> DEG	P/N		0.01	0.05			0.02	0.06
RUBIACEAE								
sp1						0.01		
SAPINDACEAE								
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	P/N	0.04						
<i>Serjania reticulata</i> Cambess.	P/N					0.01		
<i>Serjania</i> sp.	P/N	0.01	0.01	0.02				
sp1		0.01						
SOLANACEAE								
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	P	16.36	16.40	34.09	1.77	5.87	3.27	0.70
<i>Solanum cf. paniculatum</i> L.	P					4.68		
VOCHYSIACEAE								
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	P/N	0.01	1.28			0.74		
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	P/N						7.81	0.73
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	P/N							10.05
sp1		0.01						

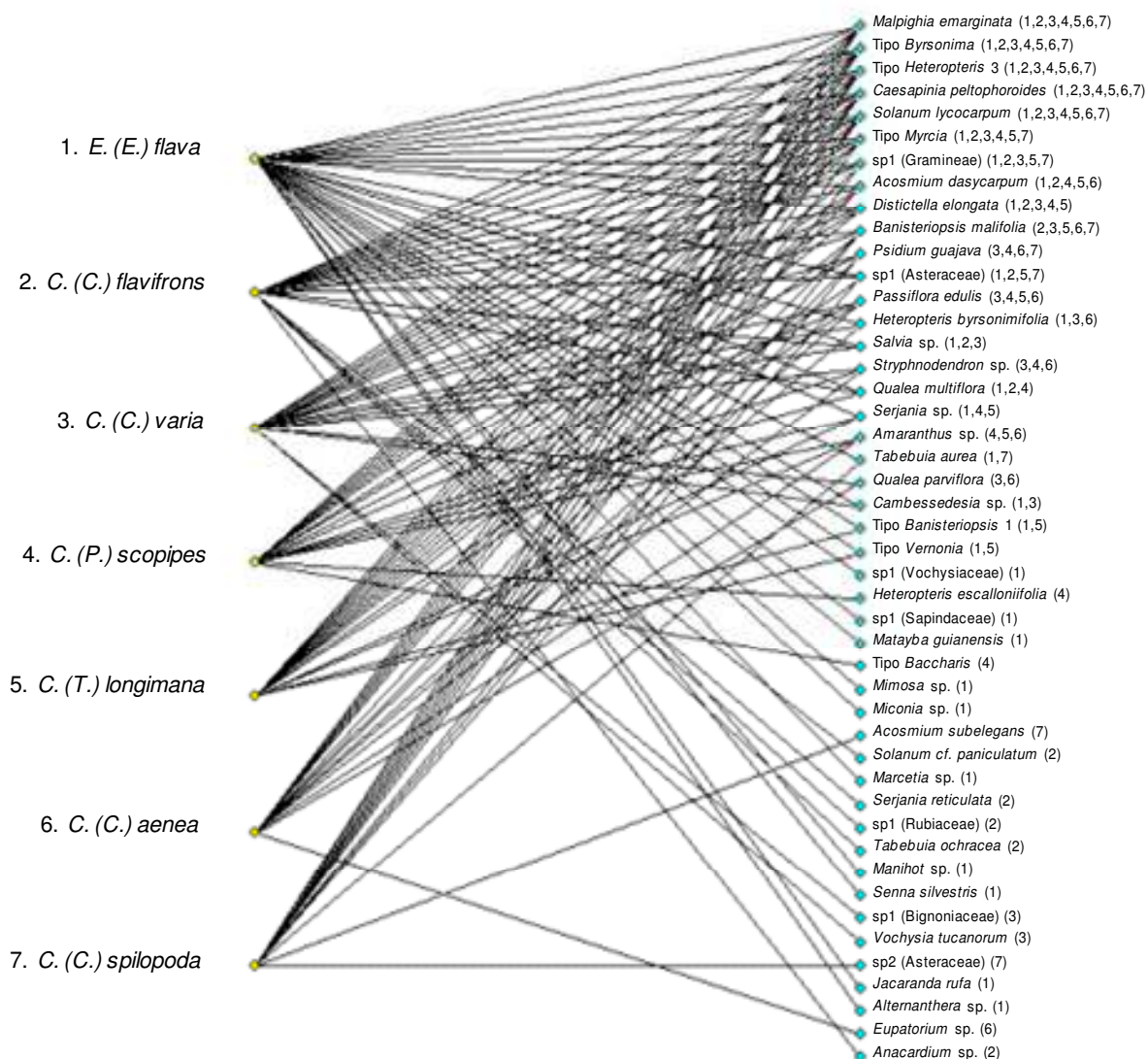


FIGURA 2. Teia de interações entre sete espécies de abelhas polinizadoras da aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) na Estação Experimental Água Limpa, MG., no período de floração dessa planta nos anos de 2004 a 2008. As linhas representam as interações, os círculos amarelos representam as abelhas e os círculos azuis representam as plantas.

Centris (C.) flavifrons foi a espécie que apresentou maior amplitude de nicho trófico e maior uniformidade na utilização dos recursos durante o período amostrado (Tabela 2). A espécie com menor amplitude e com menor uniformidade foi *C. (C.) varia*, cuja carga polínica apresentou 72,04% de grãos de *M. emarginata*.

A similaridade máxima na utilização das fontes vegetais foi de 88% entre *C. (C.) aenea* e *C. (C.) spilopoda* e a mínima de 33% entre *C. (C.) varia* e as demais espécies (Figura 6). Não foi verificada a formação de grupos distintos de espécies. A correlação cofenética foi de 0,7306, demonstrando que a análise foi representativa da matriz original.

TABELA 2. Parâmetros no uso de recursos florais calculados para: CSP= *Centris (Centris) spilopoda*; CA= *C. (C.) aenea*; EF= *Epicharis (Epicharana) flava*; CF= *C. (C.) flavifrons*; CS= *C. (Ptilotopus) scopipes*; CL= *C. (Trachina) longimana*; CV= *C. (C.) varia*, na Estação Experimental Água Limpa, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, MG, no período de outubro a fevereiro dos anos de 2004 a 2008.

Espécies	Parâmetros		
	Número de fontes utilizadas	Amplitude do nicho (H')	Uniformidade (J')
EF	28	1,57	0,47
CF	18	2,03	0,70
CV	18	0,99	0,34
CS	16	1,32	0,48
CL	16	1,39	0,50
CA	14	1,6	0,61
CSP	13	1,14	0,44

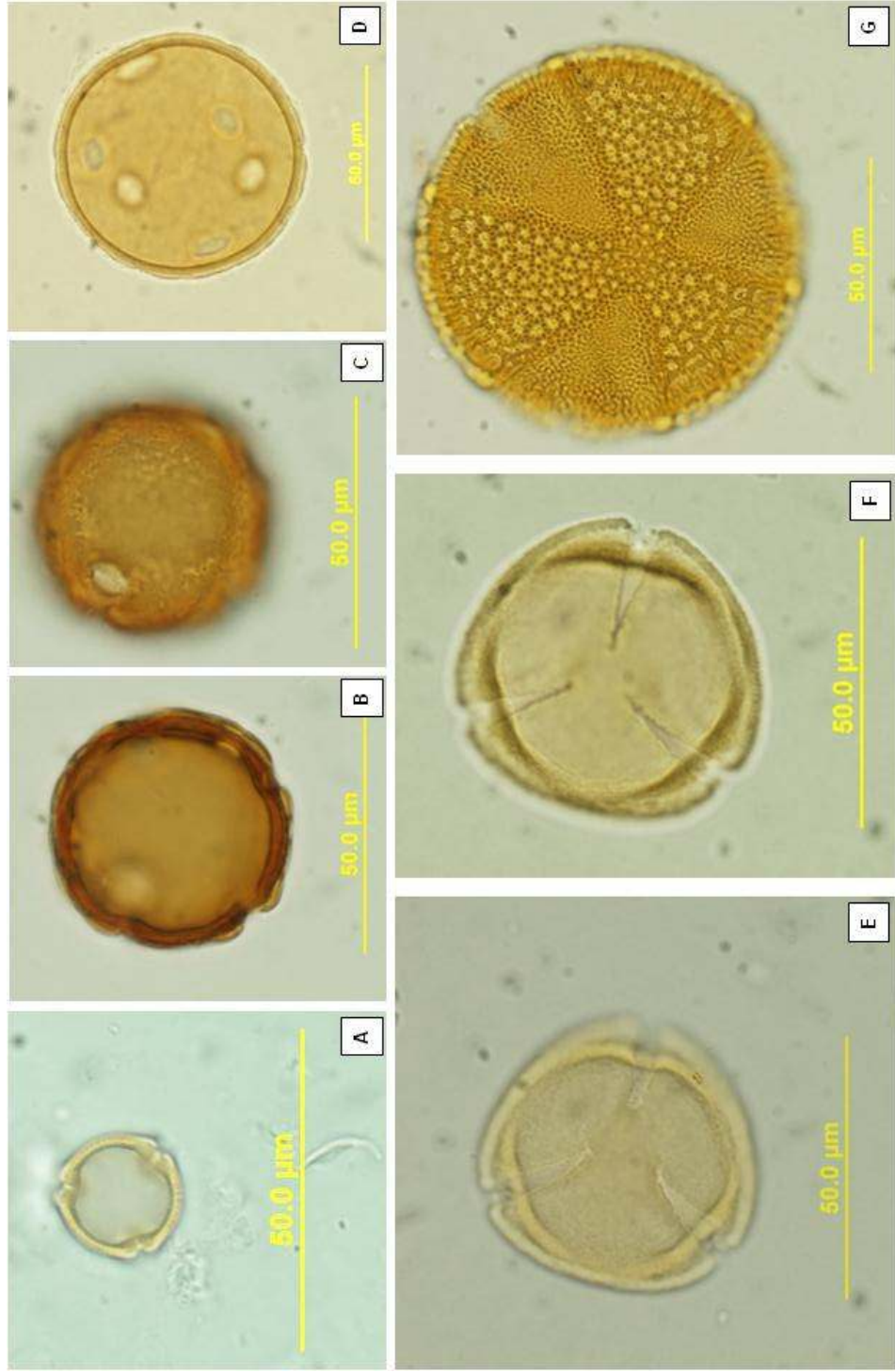


FIGURA 3. Espécies e tipos polínicos. **A.** Tipo *Byrsonima*; **B.** Tipo *Heteropteris 3* evidenciando o formato da sexina; **C.** Tipo *Heteropteris 3* evidenciando a estrutura da sexina; **D.** *Malpighia emarginata*; **E.** *Solanum lycocarpum* evidenciando a estrutura da sexina; **F.** *Solanum lycocarpum* evidenciando o formato da sexina; **G.** *Caesalpinia peltophoroides*.

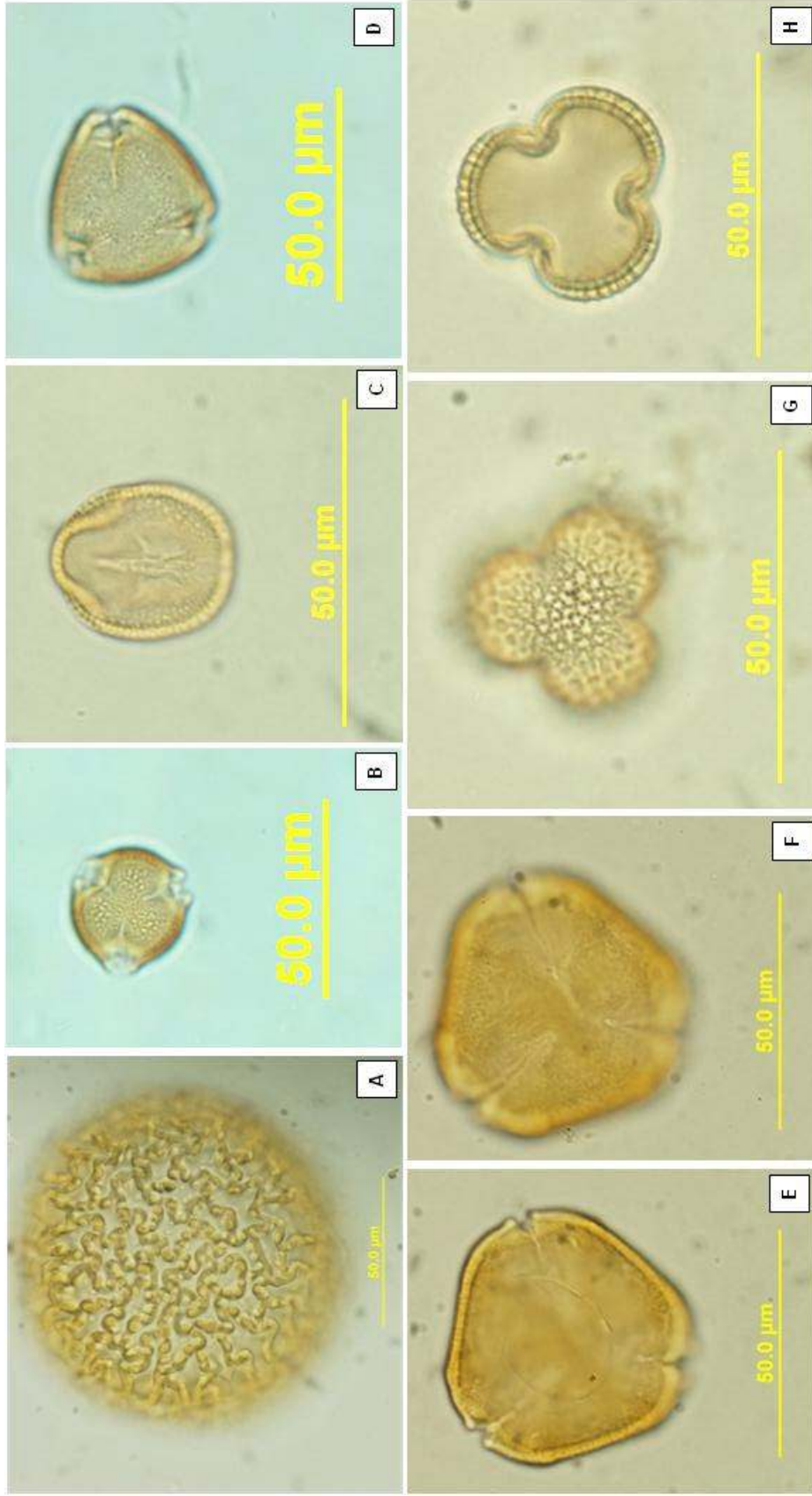


FIGURA 4. Espécies e tipos polínicos. **A.** *Qualea parviflora* em vista equatorial; **B.** *Distictella elongata*; **C.** *Acosmium dasycarpum* em vista polar; **D.** *Vochysia tucanorum* evidenciando a estrutura da sexina; **E.** *Anacardium* sp. evidenciando a estrutura da sexina; **F.** *Vochysia tucanorum* evidenciando a estrutura da sexina; **G.** *Anacardium* sp. evidenciando a estrutura da sexina; **H.** *Acosmium dasycarpum* evidenciando a estrutura da sexina.

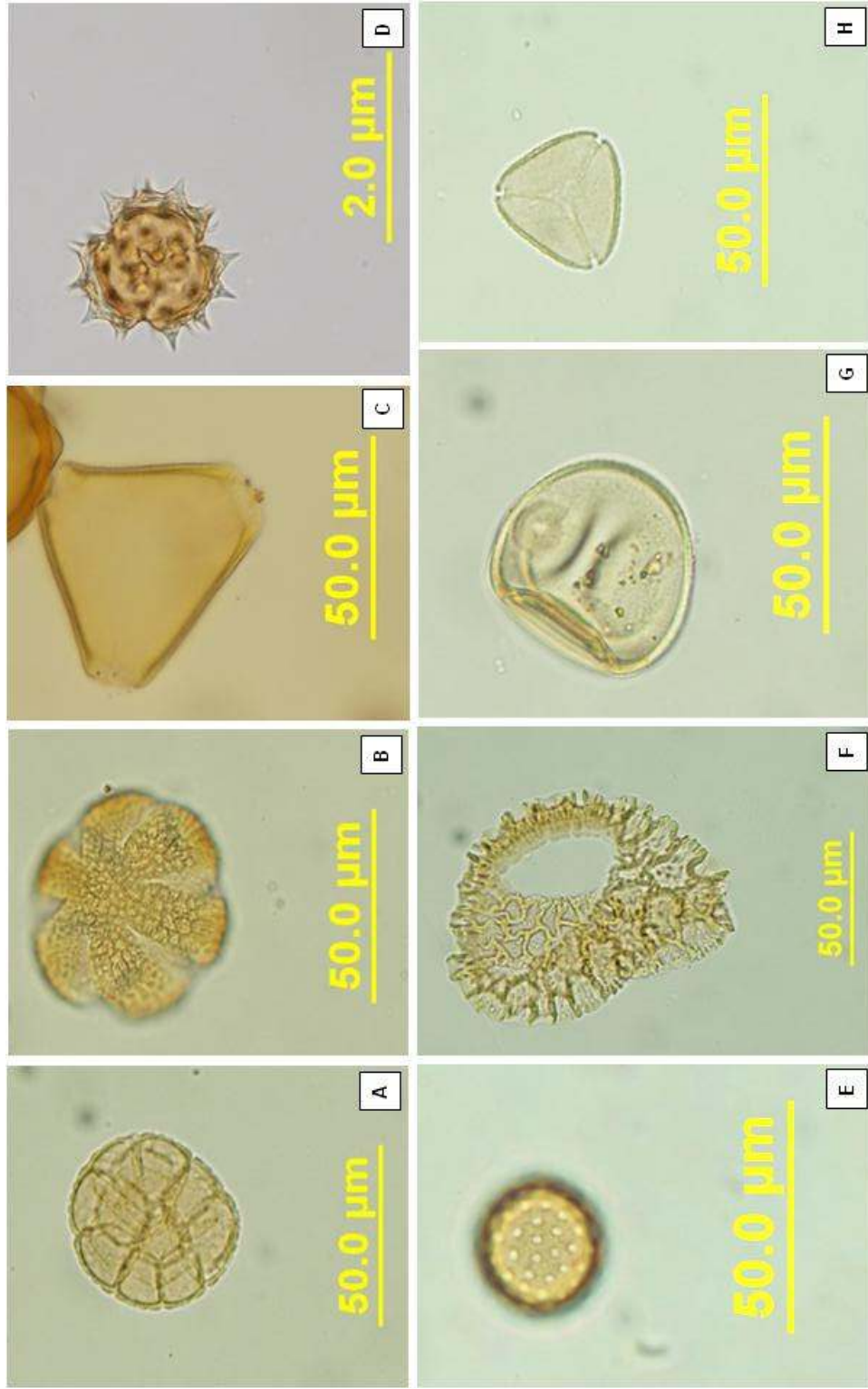


FIGURA 5. Espécies e tipos polínicos. **A.** *Stryphnodendron* sp.; **B.** *Salvia* sp.; **C.** *Serjania* sp.; **D.** Tipo *Vernonia*; **E.** *Amaranthus* sp.; **F.** *Passiflora edulis*; **G.** Gramineae; **H.** *Psidium guajava*.

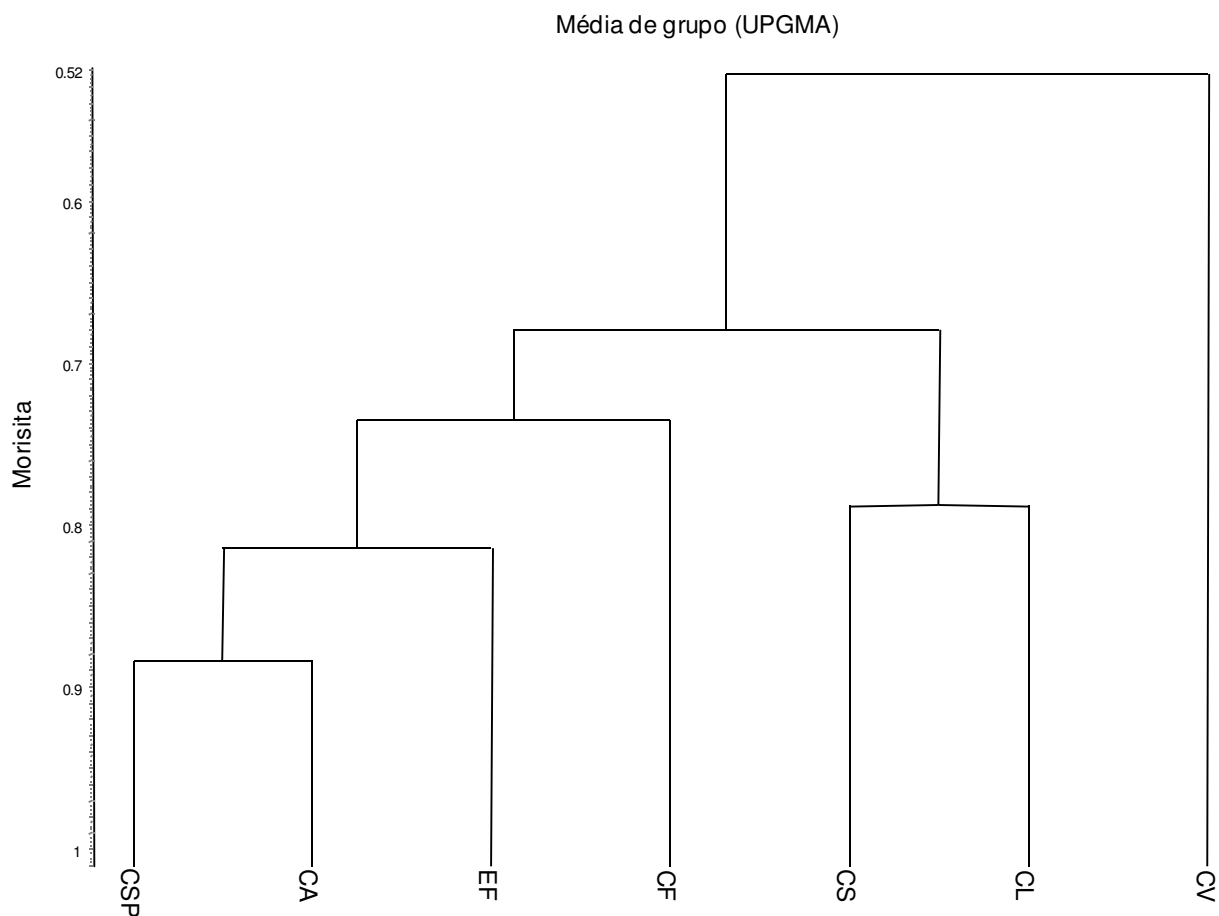


FIGURA 6. Dendrograma de similaridade na utilização dos recursos pelas espécies de abelhas (índice de Morisita), agrupado pelo método UPGMA. CSP= *Centris (Centris) spilopoda*; CA= *C. (C.) aenea*; EF= *Epicharis (Epicharana) flava*; CF= *C. (C.) flavifrons*; CS= *C. (Ptilotopus) scopipes*; CL= *C. (Trachina) longimana*; CV= *C. (C.) varia*.

DISCUSSÃO

As abelhas da tribo Centridini analisadas dependem de uma flora variada para a obtenção dos recursos florais, os quais incluem néctar, pólen e óleo. Verificou-se que a relação dessas abelhas com as plantas produtoras de óleo não é espécie-específica, já que várias espécies apresentaram em suas cargas polínicas as mesmas espécies de Malpighiaceae em uma mesma área e em um mesmo intervalo de tempo. As espécies também apresentaram um comportamento polilético para a coleta de néctar, o que corrobora o generalismo registrado para a grande maioria das abelhas para a coleta desse recurso (Eickwort & Ginsberg 1980).

Dentre as principais fontes de néctar, embora também ofereça pólen, verificou-se *Distictella elongata*, que já foi registrada como fonte de néctar para *C. (P.) scopipes* (Yanagisawa & Gottsberger 1983), cujo comportamento promove a polinização dessa espécie. *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna), uma espécie exótica utilizada em paisagismo, também foi considerada uma das principais fontes de recurso para as espécies analisadas na área de estudo. Contudo, há um estudo em que se presume a presença de um composto tóxico no néctar dessa espécie, que mostra variação espacial e temporal, sendo a toxicidade sobre as abelhas igualmente variável (Del Lama *et al.* 2006). Os autores indicaram que entre as abelhas mortas pela toxicidade da sibipiruna estavam *C. (P.) scopipes*, *E. (E.) flava*, *C. (C.) flavifrons*, *C. (T.) longimana*, além de outras espécies de Centridini. No presente estudo não foi possível verificar a toxicidade do néctar dessa espécie sobre as abelhas analisadas, uma vez que essas foram mortas pelo coletor para a retirada da carga polínica.

Quanto às fontes de pólen, as análises destacaram a importância de *Solanum lycocarpum* para as diversas espécies de Centridini, assim como já verificado por Gaglianone (2001) em seu trabalho sobre a nidificação de *C. (P.) scopipes* e por Andena *et al.* (2005) em um estudo sobre a comunidade de abelhas e sua relação com as flores em uma área de cerrado. Assim como *S. lycocarpum*, a importância de outras plantas com anteras poricidas para Centridini tem sido reportada em diversos trabalhos (Michener 1962; Vogel 1974; Neff & Simpson 1981; Buchmann 1983, 1985, 1987; Gaglianone 2002; Aguiar 2003; Schlindwein 2000, 2004).

A família Malpighiaceae foi a única fonte de óleo identificada para essas espécies de Centridini, sendo a relação íntima desses dois grupos bem estudada e descrita por vários autores (Neff & Simpson 1981; Buchmann 1987; Sazima & Sazima 1989; Vogel 1990; Ramalho & Silva 2002; Gaglianone 2003; Machado 2004; Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Não houve restrições específicas para a coleta desse recurso, ao contrário do observado para *Epicharis nigrita*, uma espécie pertencente à tribo Centridini, que foi vista coletando pólen e óleo numa única fonte, *Byrsonima intermedia* (Malpighiaceae), apesar de existirem outras espécies de Malpighiaceae floridas também em área de Cerrado (Gaglianone 2005). *Byrsonima intermedia* também foi a única espécie de Malpighiaceae visitada por *Centris (Centris) flavifrons* na Estação Ecológica de Jataí (Luís Antônio, SP), onde essa planta foi utilizada como fonte de recurso para 43,5% das espécies de *Centris* e para 92,8% das espécies de *Epicharis* (Gaglianone 2003).

Somado ao fato de mais de 70% da carga de *C. (C.) varia* ter sido de *M. emarginata*, alguns estudos já indicam a importância da família dessa planta

como fonte de pólen para as abelhas coletoras de óleos florais. A análise polínica do alimento larval de *C. (C.) flavifrons* (Rego *et al.* 2006) e *C. (Ptilotopus) maranhensis* (Ramos *et al.* 2007), em um domínio de Cerrado no Maranhão, de *Monoeca xanthopyga* (Tapinotaspidini) no Planalto das Araucárias no Rio Grande do Sul (Cunha & Blochtein 2003) e de *M. haemorrhoidalis* (Tapinotaspidini) em um domínio de Mata Atlântica no Paraná (Rocha-Filho 2007), demonstraram que as larvas consomem pólen de mais de uma espécie dessa família de planta. Além disso, Ribeiro *et al.* (2008) registraram a importância de *Byrsonima crysophylla* (Malpighiaceae) como fonte de pólen para várias espécies de *Centris* em uma área de restinga no Maranhão.

Acosmium dasycarpum, uma espécie da família Fabaceae, já registrada como fonte de pólen e néctar para uma comunidade de abelhas no Cerrado (Andena *et al.* 2005), foi uma importante fonte de recurso no período estudado. Na Caatinga, as principais fontes de pólen para *Centris* são espécies da família Caesalpinaceae (Aguiar *et al.* 2003). Esses autores sugerem ainda que a exploração dessa família, bem como de Fabaceae e Malpighiaceae por abelhas é constante em diferentes biomas, endossando a importância dessas famílias como fontes de recursos para esse grupo de insetos.

Centris (C.) flavifrons e *C. (C.) aenea* apresentaram as maiores amplitudes de nicho, ou seja, contemplaram em suas cargas um amplo espectro polínico distribuído uniformemente entre as espécies vegetais. Isso corrobora os dados encontrados nos estudos sobre a nidificação dessas duas espécies (Aguiar & Gaglianone 2003; Rego *et al.* 2006), nos quais verificou-se a variedade de plantas visitadas por elas. Esse comportamento generalista

poderia, teoricamente, ser esperado, considerando a ampla distribuição das duas espécies (Silveira *et al.* 2002).

Centris (C.) aenea e *C. (C.) spilopoda* apresentaram a maior similaridade no uso de recursos, provavelmente pelo porte semelhante (abelhas pequenas - *sensu* Frankie *et al.* 1983) e pela proximidade filogenética. Da mesma forma, espécies de mesmo porte, como *E. (E.) flava* e *C.(C.) flavifrons* e *C.(P.) scopipes* e *C.(T.) longimana* (abelhas grandes - *sensu* Frankie *et al.* 1983) foram similares na utilização de recursos. *Centris (C.) varia* se diferenciou de todas as outras, pois mais de 70% de sua carga foi oriunda de *M. emarginata*. Apesar dessas similaridades, não houve a formação de grupos bem distintos, o que pode estar relacionado ao fato de todas as espécies de abelhas analisadas utilizarem basicamente os mesmos recursos.

Podemos afirmar, então, que para manter espécies de Centridini polinizadoras da aceroleira nas áreas de cultivo, são necessárias principalmente, fontes de néctar. As principais fontes de pólen verificadas na área foram espécies da família Malpighiaceae, incluindo a própria *M. emarginata*. A presença de espécies nativas dessa família no entorno da plantação parece não competir pelo serviço de polinização dessas abelhas durante a floração dessa fruteira. Ao contrário, elas podem auxiliar na frutificação do pomar, garantindo grandes populações das espécies polinizadoras.

A manutenção das espécies vegetais relacionadas nesse trabalho é uma das formas de conservação e manejo desses polinizadores. No entanto, isso está associado à variabilidade do comportamento de nidificação. Apesar disso, há uma real possibilidade de manejo para alguns polinizadores da aceroleira,

como *C. (Heterocentris) analis*, *C. (Hemisiella) tarsata* e *C. (Hemisiella) vittata*, pois essas nidificam em cavidades pré-existentes e, conseqüentemente, em ninhos-armadilha (Pereira *et al.* 1999; Jesus & Garófalo 2000; Aguiar & Garófalo 2004).

Muitos esforços têm sido dirigidos para criar e manejar racionalmente espécies de abelhas polinizadoras de cultivos agrícolas no Brasil, inclusive as espécies de Centridini. Dessa forma, esse trabalho vem incrementar esses estudos, contribuindo com informações fundamentais para a conservação, bem como para o manejo dos polinizadores da aceroleira, uma vez que o conhecimento das principais fontes de recursos pode indicar as espécies-chave que devem ser mantidas no entorno desses plantios. A lobeira (*Solanum lycocarpum*), por exemplo, pode ser usada em consórcio com culturas de aceroleira em área de Cerrado, uma vez que se estabelece como uma importante fonte de pólen para as abelhas Centridini. O mesmo pode ser feito para as importantes fontes de néctar verificadas nesse estudo. Sistemas de consórcio já estão sendo estudados. Um deles, proposto por Freitas & Pereira (2004), utiliza a aceroleira (*M. emarginata*) em consórcio com o caju selvagem (*Anacardium occidentale*) em áreas costeiras do estado do Ceará, proporcionando um incremento na população de abelhas *Centris* para coleta de óleo, uma vez que o caju fornece néctar às abelhas visitantes. Freitas (1997), Freitas & Paxton (1998) e Freitas *et al.* (2002) sugerem que as abelhas do gênero *Centris*, particularmente *Centris tarsata*, são eficientes polinizadoras do caju selvagem.

Embora devamos ter cautela por termos amostrado um grupo restrito de espécies de abelhas, o resultado de aninhamento das interações sugere que

talvez seja mais interessante manter plantas mais generalistas em áreas próximas ao cultivo, pois essas são capazes de manter um número maior de espécies de abelhas que fornecem os serviços de polinização, já que o aninhamento consiste em interações assimétricas, nas quais temos espécies generalistas que interagem entre si e com espécies mais especialistas, e espécies especialistas que só interagem com espécies generalistas (Guimarães Jr. *et al.* 2006).

O benefício dessa rede de interações entre as abelhas e as plantas é recíproco. Um exemplo que podemos citar nesse estudo é a família Vochysiaceae, que é uma das mais importantes e características do Cerrado (Goodland 1971; Furley & Ratter 1988). Algumas espécies de *Qualea* e *Vochysia* são melitófilas e com sistemas de reprodução predominantemente xenogâmicos (Barbosa 1983; Oliveira & Gibbs 1994), os quais dependem de agentes polinizadores para que ocorra o fluxo de pólen. Assim sendo, esse estudo serve como subsídio para incentivar a conservação de áreas naturais e a consequente preservação de polinizadores, levando ao fluxo gênico das espécies vegetais nativas e ao aumento da produção da cultura. As abelhas Centridini são, portanto, não somente indispensáveis à frutificação da aceroleira, mas são também indispensáveis à reprodução de várias plantas que co-ocorrem no local, são dependentes de polinizadores e são visitadas por elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C.M.L. 2003. Flower visits of *Centris* Bees (Hymenoptera: Apidae) in an area of Caatinga (Bahia, Brazil). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 38(1): 41-45.
- Aguiar, C.M.L. & M.C. Gaglianone. 2003. Nesting biology of *Centris* (*Centris*) *aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool.* 20: 601-606.
- Aguiar, C.M.L., Zanella, F.C.V., Martins, C.F. & C.A.L. Carvalho. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais. *Neotropical Entomology*. 32(2): 247-259.
- Aguiar, C.M.L. & C.A. Garófalo. 2004. Nesting biology of *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool.* 21: 477-486.
- Alves, F.M., Noguchi, D.K., Lescano, L.E.A.M., Ramos, W.M. & A.L.B. Sartori. 2007. Levantamento florístico do componente arbóreo de duas áreas de Cerradão em Campo Grande-MS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 5(2): 564-566.
- Almeida-Neto, M., Guimarães, P.R., Guimarães JR., P.R., Loyola, R.D. & W. Ulrich. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*. 117: 1227-1239.
- Alves-dos-Santos, I., Melo, G.A.R. & J.G. Rozen. 2002. Biology and immature stages of the bee tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). *Am. Mus. Novitates*. 3377: 1-45.
- Alves-dos-Santos, I., Naxara, S.R.C. & E.F.L.R.A. Patrício. 2006. Notes on the morphology of *Tetrapedia diversipes* Klug 1810 (Tetrapediini, Apidae), an oil-collecting bee. *Braz. J. Morphol. Sci.* 23: 425-430.
- Alves-dos-Santos, I., Machado, I.C. & M.C. Gaglianone. 2007. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis*. 11(4): 544-557.
- Andena, S.R., Bego, L.R. & M.R. Mechi. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*. 7(1): 55-91.
- Anderson, W.R. 1979. Floral conservatism in Neotropical Malpighiaceae. *Biotropica*. 11(3): 219-223.
- Anderson, W.R. 1990. The origin of the Malpighiaceae: the evidence from morphology. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 64: 210-224.
- Asenjo, C.F. 1980. Acerola. *In*: Nagy, S. & P.E. Shaw. *Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses*. Westport: AVI. 341-374.

- Barbosa, A.A. 1983. Aspectos da ecologia reprodutiva de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) de um cerrado de Brasília, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. 92 p.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C.J. & J.M. Olesen. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 100: 9383-9387.
- Buchmann, S.L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 343-69.
- Brosi, B.J., Daily, G.C. & P.R. Ehrlich. 2007. Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecol. Appl.* 17: 418-430.
- Buchmann, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. *In*: Jones, C.E. & R.J. Little, (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*. 73-114.
- Buchmann, S.L. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 58(3): 517-525.
- Camargo, J.M.F. & M. Mazucato. 1984. Inventário da apifauna e flora apícola de Ribeirão Preto. São Paulo. *Dusenya*. 14(2): 55-87.
- Cane, J.H., Minckley, R., Kervin, L. & T. Roulston. 2005. Temporally persistent patterns of incidence and abundance in a pollinator guild at annual and decadal scales: the bees of *Larrea tridentata*. *Biol. J. Linn. Soc.* 85: 319-329.
- Carvalho, A.R. & S. Marques-Alves. 2008. Diversidade e índice sucessional de uma vegetação de cerrado *sensu stricto* na Universidade Estadual de Goiás-UEG, *Campus* de Anápolis. *R. Árvore*. 32(1): 81-90.
- Cocucci, A.A. 1991. Pollination biology of *Nierembergia* (Solanaceae). *Plant. Syst. Evol.* 174: 17-35.
- Cocucci, A.A. & S. Vogel. 2001. Oil-producing flowers of *Sisyrinchium* species (Iridaceae) and their pollinators in southern South America. *Flora*. 196: 26-46.
- Coville, R.E., Frankie, G.W. & S.B. Vinson. 1983. Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habits of the genus. *J. Kans. Entomol. Soc.* 56: 109-122.
- Cunha, R. & B. Blochtein. 2003. Bionomia de *Monoeca xanthopyga* Harter-Marques, Cunha & Moure (Hymenoptera, Apidae, Tapinotaspidini) no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 20: 107-113.
- De Jong, D., Gonçalves, L.S., Ahmad, F., Gramacho, C.P., Camargo, R.C.R., Partap, U. & V.B. Filho. 2006. Bee management for pollination purposes: Honey bee. p. 63-73. *In*: Imperatriz-Fonseca, V.L., Saraiva, A.M. & D. De Jong. *Bee as*

pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices. Editora Holos. 112p.

De Marco, J.R.P. & F.M. Coelho. 2004. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*. 13: 1245-1255.

Del Lama, M.A. & R.C. Peruquetti. 2006. Mortalidade de abelhas visitantes de flores de *Caesalpinia peltophoroides* Benth (Leguminosae) no estado de São Paulo, Brasil. *Rev. bras. entomol.* 50(4): 547-549.

Eckert, J.E. 1942. The pollen required by a colony of honeybees. *Journal of Economic Entomology*. 35: 309-311.

Eickwort, G.C. & H.S. Ginsberg. 1980. Foraging and mating behavior in Apoidea. *Annual Review of Entomology*, Stanford, 25: 421-446.

Erdtman, G. 1960. Angiosperms (An introduction to palynology. I). *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. The Chronica Botanica CO.: Waltham, Mass., U.S.A.

F.A.O. 2004. Relatório técnico financeiro referente à Iniciativa Brasileira de Polinizadores (IBP) no âmbito do Projeto FAO (nº EP/GLO/301/GEF) "Conservação e Manejo de Polinizadores para a Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecosistêmica" Período: Abril a Outubro.

Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. & M. Loreau. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biol.* 4: 129-135.

Frankie, G.W., Haber, W.A., Opler, P.A. & K.S. Bawa. 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. *In: Jones, C.E. & R.J. Little (eds.) Handbook of experimental pollination biology*. 411-447.

Franzão, A.A. & B. Melo. 2003. A cultura da aceroleira. Disponível: www.fruticultura.iciag.ufu.br. Acesso em: 28/07/2008.

Freitas, B.M. 1997. Number and distribution of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*. *Journal of Apicultural Research*. 36: 15-22.

Freitas, B.M. & R.J. Paxton. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology*. 35: 109-121.

Freitas, B.M., Alves, J.E., Brandão, G.F. & Z.B. Araújo. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative

pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. 133: 303-311.

Freitas, B.M. & J.H. Oliveira-Filho. 2001. Criação racional de abelhas mamangavas: para polinização em áreas agrícolas. Banco do Nordeste, Fortaleza, CE, Brazil.

Freitas, B.M., R.J. Paxton & J.P. Holanda-Neto. 2002. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. *In*: Kevan, P.G. & V.L. Imperatriz-Fonseca (eds.). *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília. Ministry of Environment, Brazil. 229-244.

Freitas, B.M. & J.O.P. Pereira. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate cashew (*Anacardium occidentale*)? *In*: Freitas, B.M. & J.O.P. Pereira (eds.). *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza, CE. p. 193-201.

Furley, P.A. & J.A. Ratter. 1988. Soil resources and plant communities of the Central Brazilian cerrado and their development. *J. Biogeogr.* 15: 97-108.

Gaglianone, M.C. 2001. Nidificação e forrageamento de *Centris* (*Ptilotopus scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 18(1): 107-117.

Gaglianone, M.C. 2002. Uma análise comparativa da nidificação das espécies de *Epicharis* (Apidae, Centridini). *In*: Anais do V Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP, Brasil. 47-52.

Gaglianone, M.C. 2003. Abelhas da tribo Centridini na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. p. 279-284. *In*: Melo, G.A.R. & I. Alves-dos-Santos (orgs.), *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Editora UNESCO, Criciúma. 320p.

Gaglianone, M.C. 2005. Nesting biology, seasonality, and flower hosts of *Epicharis nigrata* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a comparative analysis for the genus. *Stud. Neotrop. Fauna Env.* 40: 191-200.

Garófalo, C.A., Martins, C.F. & I. Alves-Dos-Santos. 2004. The brazilian solitary bee species caught in trap nests. *In*: Freitas, B.M. & J.O.P. Pereira (eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária. Fortaleza. 77-84.

Gazola A.L. & C.A. Garófalo. 2003. Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera, Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris* (*Heterocentris*) *analís* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *J. Kan. Entomol. Soc.* 76: 131-142.

Gomes, J.E., Pavani, M.C.M.D. Perecin, D. & A.B.G. Martins. 2001. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. *Scientia Agricola*. 58: 519-523.

Goodland, R. 1971. A physiognomic analysis of the cerrado vegetation of Central Brazil. *J. Ecol.* 59: 411-419.

Guimarães, P.R. & P. Guimarães, 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling & Software*. 21: 1512-1513.

Imperatriz-Fonseca, V.L., De Jong, D. & A.M. Saraiva (eds.). 2006. Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices. *Holos Ed., Ribeirão Preto*. 114p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1996. Senso Agropecuário. Disponível: http://www.ibge.gov.br/ibge/estatística/economia/agropecuário/censoagro/35/d35_t10.shtm. Acesso em: 20 nov 2000.

International Board Plant Genetic Resources (Rome, Italy). 1986. *Malpighia emarginata* (Acerola). *In: International Board For Plant Genetic Resources* (Rome, Italy). Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts (excluding musa). Rome. 52-54.

Jesus, B.M.V. & C.A. Garófalo. 2000. Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie*. 31: 503-515.

Jones, G.D. & S.D. Jones. 2001. The uses of pollen and its implication for Entomology Neotrop. *Entomol.* 30(3): 314-349.

Kearns, C.A. & D.W. Inouye, 1993 *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot, Colorado.

Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A. & C. Kremen. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R Soc. B Biol. Sci.* 274: 303–313.

Knoll, F.R.N. 1990. Abundância relativa, sazonalidade e preferências florais de Apidae (Hymenoptera) em uma área urbana. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 127p.

Kremen, C. 2004. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? *In: Freitas, B.M. & J.O.P. Pereira* (eds.), *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária. Fortaleza. 115-124.

Kremen, C., Williams, N.M. & R.W. Thorp. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl Acad. Sci.* 99: 16812–16816.

- Kremen, C. 2008. Crop pollination services from wild bees. 10-26. In: James, R.R. & T.L. Pitts-Singer (eds). Bee pollination in agricultural ecosystems. Oxford University Press. 232p.
- Mabberley, D.J. 1993. The Plant-Book. A portable dictionary of the higher plants. New York: Cambridge University Press. 4^a ed.
- Machado, I.C. 2004. Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in NE Brazil. 255-280. In: Freitas, B.M. & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees, conservation, rearing and management for pollination. Editora Imprensa Universitária, UFCE, Fortaleza. 285p.
- Machado, I.C., Vogel, S. & A.V. Lopes. 2002. Pollination of *Angelonia cornigera* Hook. (Scrophulariaceae) by long-legged oil-collecting bees in NE Brazil. Plant Biology. 4:352-359.
- Maia, M., Russo-Almeida, P.A. & J.O. Pereira. 2005. Caracterização do espectro polínico dos méis de Alentejo (Portugal). Silva Lusitana. 13(1): 95-103.
- Martins, C.G.M., Lorenzon, M.C.A. & J.L. Baptista. 1999. Eficiência de tipos de polinização em acerola. Caatinga. Mossoró, RN. 12: 55-59.
- Mesquita, T.M.S., Vilhena, A.M.G.F. & S.C. Augusto. 2008. Ocupação de ninhos-armadilha por *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith e *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Centridini) em áreas de Cerrado. Bioscience Journal (UFU), 2008. No prelo.
- Michener, C.D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. Rev. Biol. Trop. 10: 167-175.
- Michener, C.D. 2000. The Bees of the World. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- Miyashita, R.K., Nakasone, H.Y. & C.H. Lamoureux. 1964. Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra* L.). Hawaii Agricultural Experimental Station, Technical Bulletin. Honolulu, Hawaii. n. 63.
- Neff, J.L. & B.B. Simpson. 1981. Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): Morphology, function and use in systematics. J. Kans. Entomol. Soc. 54: 95-123.
- Neri, A.V., Neto, J.A.A.M., Silva, A.F., Martins, S.V. & A.W. Saporetto Junior. 2007. Composição florística de uma área de Cerrado *sensu stricto* no município de Senador Modestino Gonçalves, Vale do Jequitinhonha (MG) e análise de similaridade florística de algumas áreas de cerrado em Minas Gerais. R. Árvore. 31(6): 1109-1119.
- Oliveira, P.E. & P.E. Gibbs. 1994. Pollination and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae). J. Trop. Ecol. 10: 509-522.

Oliveira, J.R.P. & W.S.S. Filho. 1999. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da *Embrapa Mandioca e Fruticultura* em recursos genéticos e melhoramento. In: Queiroz, M.A., Goedert, C.O. & S.R.R. Ramos (eds.) Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível: <http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acesso: 28/07/2008.

Oliveira, M.D. & C. Schlindwein. 2003. Espécies de *Centris* e *Epicharis* (Apidae, Centridini) como polinizadores de *Malpighia emarginata* (acerola-Malpighiaceae) na Zona da Mata em Pernambuco. Anais de trabalhos completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, CE. 224-225.

Guimarães Jr., P.R., Sazima, C., Reis, S.F. & I. Sazima. 2006. The nested structure of marine cleaning symbiosis: is it like flowers and bees? *Biology Letters*. 1-4.

Pereira, M. & C.A. Garófalo. 1996. Aproveitamento de células por *Centris* (*Hemisiella*) *vittata* Lepeletier, p. 329. In: C.A. Garófalo *et al.* (eds). Anais do II Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, SP, Brasil. Ribeirão Preto, 351p.

Pereira, M., Garófalo, C.A., Camillo, E. & J.C. Serrano. 1999. Nesting biology of *Centris* (*Hemisiella*) *vittata* Lepeletier in Southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie*. 30: 327-338.

Pinto, C.E., Oliveira, R. & C. Schlindwein. 2008. Do consecutive flower visits within a crown diminish fruit set in mass-flowering *Hancornia speciosa* (Apocynaceae)? *Plant Biology*. 10: 408–412.

Ramalho, M. & M. Silva. 2002. Flora oleífera e sua guilda de abelhas em uma comunidade de restinga tropical. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*. 2(1/2):34-43.

Ramos, M., Mendes, F., Albuquerque, P. & M. Rêgo. 2007. Nidificação e forrageamento de *Centris* (*Ptilotopus*) *maranhensis* Ducke (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*. 24(4): 1006–1010.

Rego, M.M.C., Albuquerque, P.M.C., Ramos, M.C. & L.M. Carreira. 2006. Aspectos da Biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. *Neotropical Entomology*. 35(5): 579-587.

Ribeiro, E.K.M.D., Rêgo, M.M.C. & I.C.S. Machado. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. *Acta bot. bras.* 22(1): 165-171.

Richards, A.J. 1986. *Plant Breeding Systems*. Unwin & Allen, London.

- Ricketts, H.T. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinators activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*. 18(5): 1262-1271.
- Ricketts, H.T., Daily, G.C., Ehrlich, P.R. & C.D. Michener. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proc. of National Academy of Sciences*. 101(34): 12579-12582.
- Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. & B.F. Viana. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*. 11(5): 499-515.
- Ritzinger, R., L.C.V. Silva & M.G.V. Alves. 2004. Polinização da aceroleira. *Acerola em foco*. Embrapa. Cruz das Almas, BA. n. 7.
- Ritzinger, R. & C.H.S.P. Ritzinger. 2005. Aceroleiras para fins ornamentais. *Acerola em foco*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas, BA.
- Rocha-Filho, L.C. 2007. Aspectos biológicos de *Monoeca haemorrhoidalis* Smith, 1854 e sua relação com a espécie cleptoparasita *Protosiris gigas* Melo, 2006 (Hymenoptera, Apidae: Tapinotaspidini, Osirini). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 134p.
- Rocha-Filho, L.C., Silva, C.I., Gaglianone, M.C. & S.C. Augusto. 2008. Nesting behavior and natural enemies of *Epicharis (Epicharis) bicolor* Smith 1854 (Hymenoptera Apidae). *Tropical Zoology*. 21: 227-242.
- Roubik, D.W. 1995. *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Roubik, D.W. 2001. Ups and downs in pollinator populations: when is there a decline? *Conserv. Ecol*. 5, 2.
- Roubik, D.W. & J.E. Moreno. 1991. The pollen and spores of Barro Colorado Island. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, St Louis, Missouri, USA.
- Rozen Jr., J.G. & S.L. Buchmann. 1990. Nesting biology and immature stages of the bees *Centris caesalpiniae*, *C. pallida*, and the cleptoparasite *Ericrocis lata* (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae). *Am. Mus. Nov.* 2985: 30p.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1973. *Contribuição à palinologia dos Cerrados*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, Brazil.
- Santos, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. 2004. 19-41. *In*: Cullen Jr, L., Rudran, R. & C. Valladares-Padua (orgs.). *Métodos de estudos em Biologia da conservação & Manejo da vida silvestre*. Editora UFPR. 667p.

- Sazima, M. & I. Sazima. 1989. Oil-gathering bees visit flowers of eglandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. *Botanica Acta*. 102: 106-111.
- Schindwein, C. 2000. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. p. 131-141. *In: Anais IV Encontro Abelhas, Ribeirão Preto, USP.*
- Schindwein, C. 2004. Abelhas solitárias e flores: Especialistas são polinizadores efetivos? *In: Anais do 55º Congresso Nacional e 26º Encontro Regional de Botânicos de MG, BA, ES.* 1-8.
- Sérsic, A.N. 1991. Observaciones sobre el mecanismo floral de *Calceolaria* (Scrophulariaceae). *Kurtziana*. 21: 153-154.
- Shepherd, G.J. 2006. FitopacShell 1.6.4. Manual do usuário. Dept. de Botânica, UNICAMP.Campinas.
- Silveira, F.A., Melo, G.A.R. & E.A.B. Almeida. 2002. Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação. Belo Horizonte. 1ª ed. 253p.
- Simpson, B.B., Neff, J.L. & D. Seigler. 1977. *Krameria*, free fatty acids and oil-collecting bees. *Nature*. 267: 150-151.
- Simpson, B.B., Neff, J.L. & G. Dieringer. 1990. The production of floral oils by *Monttea* (Schrophulariaceae) and the function of tarsal pads in *Centris* bees. *Pl. Syst. Evol.* 173: 209-222.
- Teixeira, L.A.G. & I.C. Machado. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botanica Brasilica*. 15: 1-12.
- Thiele, R. 2005. Phenology and nest site preferences of nesting bees in a Neotropical lowland rain Forest. *Stud. Neotrop. Fauna Env.* 40: 39-48.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M. & T. Tscharntke. 2005. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*. 86: 3296–3302.
- Vilhena, A.M.G.F. & S.C. Augusto. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. *Biosci. J.* 23(1): 14-23.
- Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. *Trop. Subtrop. Pflanzenwelt*. 7: 285-547.
- Vogel, S. 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 55: 130-142.
- Vogel, S. & I.C.S. Machado. 1991. Pollination of four sympatric species of *Angelonia* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in NE Brazil. *Pl. Syst. Evol.* 178: 153-178.

- Vogel, S. & A. Cocucci. 1995. Pollination of *Basistemon* (Scrophulariaceae) by oil-collecting bees in Argentina. *Flora*. 190: 353-363.
- Weiser, V.L. & A.A.P. Godoy. 2001. Florística em um hectare de Cerrado *stricto sensu* na ARIE- Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passo Quatro, SP. *Acta bot. bras.* 15(2): 201-212.
- Willians, I.H., Corbet, S.A. & J. Osborne. 1991. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. *Bee World*. 72: 170–180.
- Williams, C.F. 2007. Effects of floral display size and biparental inbreeding on outcrossing rates in *Delphinium barbeyi* (Ranunculaceae). *American Journal of Botany*. 94(10): 1696–1705.
- Yachi, S. & M. Loreau. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Ecology*. 96: 1463–1468.
- Yamane, G.M. & H.H. Nakasone. 1961. Pollination and fruit set studies of acerola *Malpighia glabra* L. in Hawaii. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 78:141-148.
- Yanagizawa, Y. & G. Gottsberger. 1983. Competição entre *Distictella elongata* (Bignoniaceae) e *Crotalaria angyroides* (Fabaceae) com relação às abelhas polinizadoras no cerrado de Botucatu, estado de São Paulo, Brasil. *Portug. Acta Biol.* 17:149-166.
- Zapata, T.R. & M.T.K. Arroyo. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica*. 10(3): 221-230.