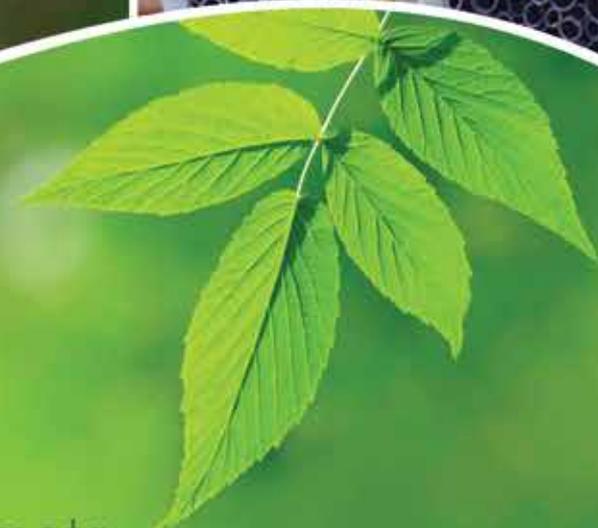


# Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo



Marcela Yamamoto  
Paulo Eugênio Oliveira  
Maria Cristina Gaglianone



“Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo”

**Coordenadores:**

Marcela Yamamoto  
Paulo Eugênio Oliveira  
Maria Cristina Gaglianone

**Revisão:**

Ceres Belchior; Comitê Editorial do Ministério do Meio Ambiente

A publicação deste material foi apoiada pelo projeto “Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecológica”. Este projeto é apoiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) e implementado em sete países: África do Sul, Brasil, Gana, Índia, Nepal, Paquistão e Quênia. O Projeto é coordenado em nível global pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). No Brasil, é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO).

**Consultores:**

Antonio Carlos Webber - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM)  
Ariadna Valentina de Freitas e Lopes - Universidade Federal de Pernambuco, Recife (PE)  
Blandina Felipe Viana - Universidade Federal da Bahia, Salvador (BA)  
Carlos Alberto Garófalo - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (SP)  
Esther Margarida Alves Ferreira Bastos - Fundação Ezequiel Dias, Belo Horizonte (MG)  
Evandro Camillo - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (SP)  
Fernando César Vieira Zanella - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu (PR)  
Isabela Galarda Varassin - Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR)  
Leandro Freitas - Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ)  
Lucia Helena Piedade Kiill - Embrapa Semi-Árido, Petrolina (PE)  
Márcia Maria Corrêa Rêgo - Universidade Federal do Maranhão, São Luis (MA)  
Maria Cristina Gaglianone - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ)  
Maria José de Oliveira Campos - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP)  
Marlies Sazima - Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP)  
Milene Faria Vieira - Universidade Federal de Viçosa  
Mônica Josene Barbosa Pereira - Universidade do Estado do Mato Grosso, Tangará da Serra (MT)  
Paola Marchi - Universidade de São Paulo, São Paulo (SP)  
Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)  
Solange Cristina Augusto - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)  
Telma Nair Santana Pereira - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ)  
Vera Lucia Imperatriz-Fonseca - Universidade de São Paulo, São Paulo (SP)

U85      Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: planos de manejo / Coordenadores: Marcela Yamamoto, Paulo Eugênio Oliveira, Maria Cristina Gaglianone. – Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

404 p.: il.  
ISBN 978-85-89368-11-7

1. Polinização. 2. Agricultura sustentável. 3. Diagnóstico de manejo.  
4. Manejo de polinizadores I. Yamamoto, Marcela. II. Oliveira, Paulo Eugênio. III. Gaglianone, Cristina. IV. Título.

CDD 631.847

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA BRASILEIRA – PROBIO

“Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo”

Brasília, 2014

## **Nota:**

Em julho de 2012, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), considerando os efeitos adversos a abelhas associados a agrotóxicos, observados em estudos científicos em diversas partes do mundo, desautorizou, em caráter cautelar, a modalidade de aplicação por pulverização aérea, em todo o território nacional, dos agrotóxicos contendo o ingrediente ativo imidacloprido, tiametoxam, clotianidina ou fipronil, isoladamente ou em misturas com outros ingredientes ativos. Também estabeleceu prazo para que as empresas titulares de registro de agrotóxicos anexassem às embalagens dos produtos a serem comercializados ao usuário, folheto complementar ou etiqueta com a seguinte frase de advertência:

*“Este produto é tóxico para abelhas. A aplicação aérea NÃO É PERMITIDA. Não aplique este produto em época de floração, nem imediatamente antes do florescimento ou quando for observada visitação de abelhas na cultura. O descumprimento dessas determinações constitui crime ambiental, sujeito a penalidades.”*

Estabeleceu-se também em 2012, por iniciativa do IBAMA, a abertura do processo de reavaliação ambiental do ingrediente ativo imidacloprido (Nome químico: 1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine), tendo em vista que, dentre os ingredientes ativos acima citados, este tem sido o mais amplamente utilizado no Brasil.

A partir de janeiro de 2013, até o encerramento do correspondente processo de reavaliação ambiental, passaram a estar proibidas as aplicações de agrotóxicos à base de imidacloprido, tiametoxam, clotianidina e fipronil durante a floração das culturas independentemente da tecnologia empregada. Essa medida sofreu flexibilizações, cujos detalhes podem ser consultados no Diário Oficial da União. No caso das aplicações autorizadas, os produtores rurais devem notificar os apicultores localizados em um raio de 6 km das propriedades onde os produtos serão aplicados, com antecedência mínima de 48 horas.

Dando continuidade aos trabalhos de reavaliação ambiental de agrotóxicos, iniciada em 2012, o IBAMA em abril de 2014 estabeleceu a abertura do processo de reavaliação dos ingredientes ativos tiametoxam (Nome químico: 3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine) e clotianidina (Nome químico: (E)-1-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-3-methyl-2-nitroguanidine). A possibilidade de abertura do processo de reavaliação do fipronil está sendo analisada.

## **Consulte:**

Comunicado IBAMA nº1, 10 de abril de 2014. Diário Oficial da União, seção 3, página 129.

Comunicado IBAMA, 19 de julho de 2012. Diário Oficial da União, seção 3, página 112.

Instrução normativa conjunta MAPA nº 1, 4 de janeiro de 2013 (28 de dezembro de 2012). Diário Oficial da União, seção 1, página 10.

Instrução normativa conjunta MAPA nº 30, 5 de dezembro de 2013 (4 de dezembro de 2013). Diário Oficial da União, seção 1, página 7.

## Sumário

Prefácio: .....	09
Capítulo 1. Manejo de polinizadores em <i>Mangifera indica</i> L. (Anacardiaceae) no Vale do Submédio Rio São Francisco .....	11
Capítulo 2. Diagnósticos e propostas de planos de manejo para polinizadores da mangueira ( <i>Mangifera indica</i> L. - Anacardiaceae) variedade Tommy Atkins, na Região do Vale do Submédio Rio São Francisco .....	33
Capítulo 3- Aspectos da polinização de <i>Annona coriacea</i> e <i>A. dioica</i> (Annonaceae) no cerrado matogrossense .....	51
Capítulo 4- A polinização da gravioleira (Annonaceae) no Estado de Pernambuco .....	65
Capítulo 5- Diagnóstico e manejo dos polinizadores da mangabeira em Pernambuco e Paraíba: conservando polinizadores para produzir mangabas ( <i>Hancornia speciosa</i> , Apocynaceae) .....	79
Capítulo 6- Plano de manejo para os polinizadores do açazeiro <i>Euterpe oleracea</i> (Arecaceae) .....	97
Capítulo 7- Polinizadores do murici ( <i>Byrsonima crassifolia</i> , Malpighiaceae) em uma área nativa: diversidade de espécies, nidificação e seu uso sustentável na agricultura. ....	131
Capítulo 8- Os polinizadores da aceroleira ( <i>Malpighia emarginata</i> , Malpighiaceae) no Nordeste do Brasil: manejo e demandas ambientais .....	155
Capítulo 9- Diagnóstico e manejo dos polinizadores de algodoeiro .....	183
Capítulo 10- Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná .....	207
Capítulo 11- Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia .....	255
Capítulo 12- Polinização e produção do maracujá-amarelo ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> ) no Triângulo Mineiro e possibilidades de manejo sustentável de <i>Xylocopa</i> spp. (Apidae, Xylocopini) .....	281
Capítulo 13- Polinizadores do maracujá-amarelo no Norte Fluminense e manejo de espécies de <i>Xylocopa</i> .....	315
Capítulo 14- Proposta de manejo de polinizadores em espécies de Passifloraceae no Vale do Submédio do São Francisco..	345
Capítulo 15- Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros .....	369
Índice Remissivo .....	400



## Prefácio

A polinização é um tema transversal a todos os programas de conservação biológica e segurança alimentar, isto é, qualquer que seja a região estudada, a área a ser preservada e o alimento a ser produzido, os polinizadores têm uma posição de destaque. Polinizadores destacam-se diretamente pelo transporte de pólen de uma planta para outra em uma cultura agrícola, e indiretamente, na polinização de plantas nativas responsáveis pela manutenção de um ambiente adequado à produção agrícola e por recursos para os polinizadores.

A manutenção dos serviços de polinização nos ecossistemas agrícolas está, portanto, relacionada tanto à segurança alimentar e sustentabilidade econômica, através da produtividade das culturas, quanto ao funcionamento dos ecossistemas naturais e agrícolas.

O declínio populacional dos polinizadores mundial e, associado a ele, o déficit de polinização e queda na produção de frutos e sementes é um problema crescente que requer atenção especial tanto da comunidade científica quanto dos tomadores de decisão política.

Com o objetivo de enfrentar esse problema o Ministério do Meio Ambiente através do PROBIO – Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira apoiou 13 projetos-piloto visando identificar práticas de manejo que reduzam os impactos negativos sobre os polinizadores e que promovam a conservação e a diversidade de polinizadores nativos, assim como a conservação e restauração de áreas naturais necessárias para manutenção das populações dos polinizadores.

Esses projetos envolveram diferentes culturas de importância agrícola nacional e/ou regional e trouxeram um grande avanço para o conhecimento da importância econômica das abelhas e outros insetos na polinização.

Os planos de manejo resultantes desses projetos pilotos estão apresentados nesta publicação, que reflete um primeiro grande esforço para a conservação dos polinizadores no Brasil e espelha o papel de destaque que o nosso país vem exercendo no cenário mundial em relação ao tema polinização. Valorizando essa experiência, o projeto “Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável, através de uma Abordagem Ecológica” buscou consolidar os conhecimentos adquiridos e estimular mudanças nas práticas agrícolas que garantam a segurança alimentar através da conservação da biodiversidade.





# Capítulo 1

## Manejo de polinizadores em *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) no Vale do Submédio Rio São Francisco

Lúcia Helena Piedade Kiill<sup>1</sup>; Kátia Maria Medeiros de Siqueira<sup>2</sup>

### 1. Caracterização da espécie polinizada

#### 1.1 - Taxonomia, origem, distribuição geográfica e histórico da utilização pelo homem

A mangueira pertence à família Anacardiaceae, ao gênero *Mangifera*, no qual são descritas 39 espécies, muitas das quais encontradas no Sudeste da Ásia, sendo distinguíveis entre si pelo número de estames viáveis (Mukherjee 1985).

As variedades desta frutífera estão divididas em dois grupos: o indiano, que se caracteriza por apresentar flores com um estame viável, frutos de formato oblongo-ovalado, com casca rósea a vermelha, sementes monoembriônicas e suscetíveis a doenças; e o indochinês (filipínica), cujas flores têm cinco estames viáveis, frutos de formato longo, casca variando de verde a amarela, sementes poliembriônicas e medianamente resistentes a doenças (Campbell & Malo 1974, Mukherjee 1985, Pinto & Ferreira 1999).

Quanto à origem, é nativa da Ásia, mais precisamente do Noroeste da Índia (Assam), Sudeste do continente asiático e das ilhas circunvizinhas. Neste país, esta fruteira tem sido cultivada há mais de 4.000 anos, com cerca de 1.000 variedades reconhecidas (Mukherjee 1953, citado por Davenport & Núñez-Elisea 1997).

O início da dispersão da manga em todo o mundo foi atribuído ao viajante chinês Hwen Tsang, que visitou o Indostão por volta de 632 D.C. (Popenoe 1939). Gradualmente, a cultura da mangueira se dispersou pelos países tropicais e subtropicais, onde seleções foram realizadas levando em consideração a adaptação às condições particulares locais (Davenport & Núñez-Elisea 1997).

A introdução da mangueira nas colônias espanholas no continente americano ocorreu por volta dos séculos XV e XVI, no México, sendo posteriormente levada para o Havaí e Califórnia no século XVII (Mukherjee 1948). No século XVI, sementes e mudas de manga foram trazidas pelos portugueses da Índia para a África e, em seguida, para o Brasil, sendo este considerado como o primeiro país a cultivar esta fruteira nas Américas. Nesta época, o maior obstáculo para a dispersão da manga era a característica de vida curta das sementes, que eram, até então, o único meio conhecido de propagação e disseminação (Simão 1971, Pinto & Ferreira 1999).

<sup>1</sup> Embrapa Semiárido, Br 428, Km 152, s/n, zona rural, Petrolina-PE, C.P. 23, CEP 56.302-970. kiill@cpatsa.embrapa.br

<sup>2</sup> Universidade do Estado da Bahia. kattiauneb@yahoo.com.br

Atualmente, a cultura encontra-se distribuída em mais de 87 países do mundo, embora sua grande concentração esteja entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, na latitude de 20° Norte e Sul (Mukherjee 1985).

No Brasil, o cultivo se manteve limitado, até a década de 1960, com o predomínio de variedades originárias da raça filipínica, que são geralmente de polpa fibrosa, de baixa qualidade, com sementes poliembriônicas e com pequena variação genética, o que fez com que a produção dessa fruteira ficasse voltada para o mercado regional (Pinto *et al.* 2002).

De acordo com Pinto *et al.* (2002), nesse mesmo período, foram realizadas introduções de variedades melhoradas da raça indiana procedentes da Flórida–USA, portadoras de melhor qualidade de polpa, frutos bem coloridos, com sementes monoembriônicas e mais resistentes a doenças, possibilitando a ampliação do mercado interno e permitindo a expansão dessa comercialização para o mercado externo.

Com o aumento da demanda interna e interesse crescente pelas exportações a partir de 1980, as variedades Tommy Atkins e Keitt tornaram-se as mais utilizadas em plantios comerciais no país. Neste período, tiveram início os plantios no Semiárido brasileiro e, já na década de 90, o Brasil consolidou-se como exportador de manga. Com a abertura comercial, a região tornou-se o maior exemplo de desenvolvimento agrícola em áreas irrigadas do Nordeste, produzindo impactos significativos sobre a renda e emprego, inclusive de atividades não agrícolas (Lacerda & Lacerda 2004).

## 1.2 - Importância socioeconômica atual e potencial

O cultivo da mangueira no mundo possui uma área ao redor de 3,7 milhões de hectares (FAO 2005), sendo a Índia o maior produtor mundial, seguida da China, Tailândia, Paquistão e México (Anuário Brasileiro de Fruticultura 2006). O Brasil ocupa o 8º lugar em produção, o 10º em área colhida e o 2º exportador mundial da fruta (14,4%), depois do México (Lacerda & Lacerda 2004).

No Brasil, a Bahia é o maior produtor nacional, com uma área de 30.420 ha, seguida pelos Estados de São Paulo, com 13.843 ha, e Pernambuco, com 9.963 ha (IBRAF 2007). A fruticultura no Nordeste brasileiro é feita em condições irrigadas, com alta tecnologia de produção, sendo favorecida pelas condições climáticas, caracterizada pela elevada insolação durante todo o ano, solos de aptidão para a irrigação que ajudam a promover a qualidade da produção e disponibilidade de água. Esses fatores permitem a produção de manga para os mercados interno e externo durante todo o ano, propiciando safras com melhores rendimentos e produtos de melhor qualidade em relação aos de outras regiões do país.

O Submédio do Vale do São Francisco é um dos principais pólos brasileiros de produção e o maior de exportação do hemisfério Sul, sendo responsável por mais de 87% das exportações brasileira dessa fruta (IBRAF 2008). Neste contexto, o Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA apresenta a maior densidade do plantio, com 25.630 ha, sendo responsável por cerca de 16.000 empregos diretos na região (Lacerda & Lacerda 2004, CODEVASF 2008).

Apesar de todo esse potencial e da importância econômica que a cultura representa nos mercados nacional e internacional, essa não atingiu ainda os níveis de exportação desejados, principalmente por problemas qualitativos, exigidos pelo mercado externo. Nesse sentido, a produção de manga certificada, com a adoção da Produção Integrada de Frutas - PIF, bem como a produção orgânica, tem sido adotada na região para atender as exigências do mercado.

### 1.3 - Características dos sistemas agrícolas com a presença da espécie e características do cultivo

O Submédio do Vale do São Francisco (**Figura 1**) abrange áreas dos Estados da Bahia e Pernambuco e estende-se de Remanso até a cidade de Paulo Afonso (BA). No Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, o clima é tipicamente Semiárido, com precipitação média anual de 350 mm, temperatura média anual de 27° C e evaporação da ordem de 3.000 mm anuais.



**FIGURA 1.** Localização geográfica do Submédio do Vale do São Francisco (Fonte: Codevasf, 2007).

Do ponto de vista biológico, esse território é recoberto por uma vegetação denominada Caatinga, adaptada às condições ambientais, apresentando caules suculentos, espinhos, folhas pequenas e finas, raízes modificadas para armazenar reservas, entre outras características. Com relação à fauna, a literatura mostra que

há carência de informações para a maioria dos grupos da Caatinga. No que se refere ao conhecimento sobre invertebrados, este foi considerado ainda pequeno, sendo as abelhas, as formigas e os cupins os grupos mais conhecidos.

Quanto aos aspectos socioeconômicos, o Submédio do Vale do São Francisco se destaca, sendo o Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA considerado um dos mais prósperos da região, onde os perímetros irrigados apresentam duas realidades distintas, a dos agricultores familiares que possuem lotes com cerca de 6 a 10 ha, cuja produção está direcionada principalmente para o mercado local e interno, e a dos empresários, que concentram áreas  $\geq 50$  ha, cuja produção é dirigida principalmente para a exportação, sendo a manga e a uva as principais frutas exportadas (Silva & Correa 2004).

Nesse Pólo, a irrigação foi decisiva para determinar o aumento da produtividade e melhoria da qualidade da fruticultura, sendo os métodos por microaspersão e gotejamento os mais utilizados. A microaspersão é o sistema mais comum de irrigação, pois promove maior distribuição da área molhada, com alta uniformidade. Associado a isso, técnicas modernas de indução floral vêm sendo realizadas, com a aplicação de substâncias químicas como Paclobutazol (PBZ) e Etefon, possibilitando escalonar a produção da manga durante todo o ano, o que permite o estabelecimento de estratégias de comercialização para períodos favoráveis dos mercados externo e interno.

Recentemente, a região vem adotando um sistema de produção que valoriza produtos saudáveis com baixos teores de resíduos químicos, visando o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Nesse sentido, a mangicultura adotou a Produção Integrada de Frutas (PIF), onde os produtos assim gerados passaram a usar marcas e/ou selos que comprovam a qualidade internacional das frutas.

A importância dos produtos certificados faz a diferença no mercado internacional, pois agrega valor ao produto e viabiliza sua melhor aceitação em função da qualidade e segurança ambiental, quando comparado aos produtores similares sem nenhuma recomendação. Esses fatores em conjunto, afirmam o desempenho do Pólo, tornando-o principal exportador de manga do Brasil.

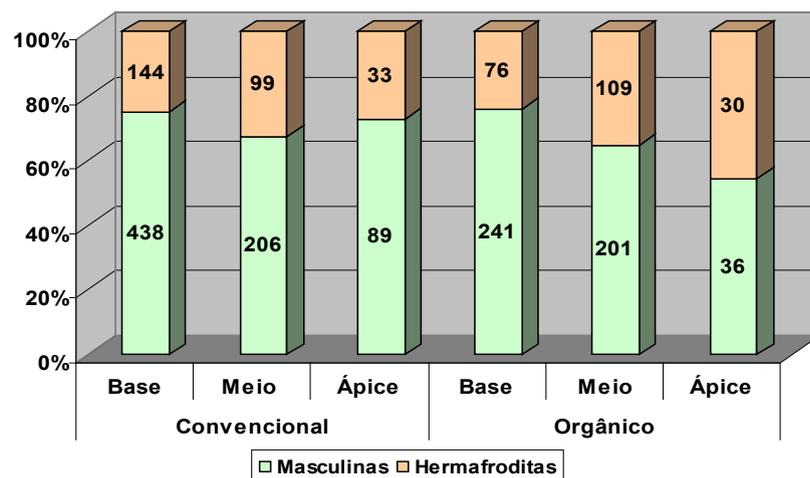
#### 1.4 - Conhecimento sobre a biologia floral da mangueira

As inflorescências da mangueira são terminais do tipo panícula, ramificada, de forma piramidal, com raque comumente ereta e polígamas, ou seja, apresentam flores masculinas e hermafroditas na mesma panícula. De acordo com Pinto *et al.* (2002) e Cruz-Medina & Garcia (1999) o número de panículas/planta pode variar de 200 a 6.000, sendo que estas podem apresentar um número variável de flores, com valores mínimos de 400 e, máximo de 17.000 (Simão 1971, Thimmappaiah & Suman 1987, Cunha *et al.* 2002). Na variedade Tommy Atkins, as inflorescências são mais densas e apresentam raque de coloração vermelha (**Figura 2A**), enquanto que na variedade Haden, estas são pouco densas e com raque de coloração rósea (**Figura 2B**), sendo que essa característica influenciou no comportamento dos visitantes florais, que, de modo geral, permaneceram por mais tempo nas inflorescências dessa última variedade.



**FIGURA 2.** Detalhe das Inflorescências de mangueira das variedades Tommy Atkins (A) e Haden (B) no do Submédio do Vale do São Francisco, Petrolina-PE.

Nas variedades Tommy Atkins e Haden observadas na região de Petrolina-PE, a razão sexual (masculina/hermafroditas) é de 2:1, sendo que as flores masculinas são encontradas principalmente na base e no meio das inflorescências, não havendo diferenças entre as duas variedades, em cultivo convencional. Porém, para a variedade Tommy Atkins em condições de cultivo orgânico, as inflorescências apresentam menor densidade e com distribuição equitativa dos tipos florais na inflorescência, fato este relacionado com o método de indução floral do cultivo (**Figura 3**).

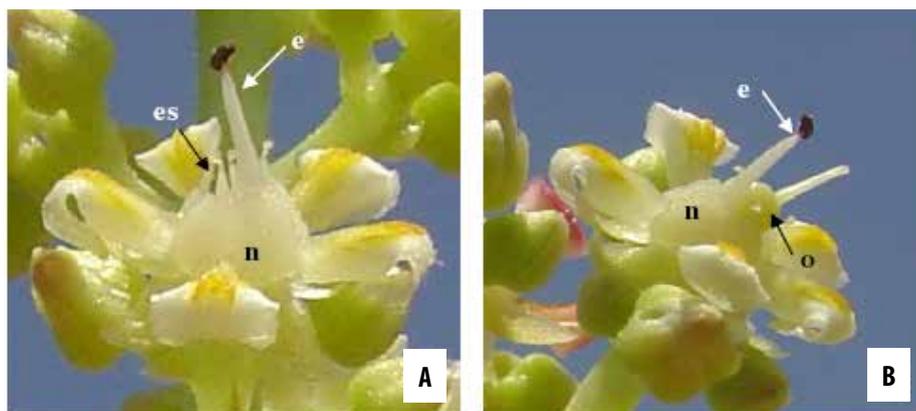


**FIGURA 3:** Distribuição dos tipos florais de acordo com a localização na panícula e o tipo de cultivos da variedade Tommy Atkins.

Para a região do Cerrado, Pinto *et al.* (1987) encontraram proporções similares para a variedade Edward, enquanto que para a variedade Tommy Atkins, valores variando de 52% a 62% foram registrados, sendo estes inferiores aos encontrados em Petrolina-PE. Por outro lado, Pinto *et al.* (2002) comentam que para a cultivar Mallika, a razão sexual encontrada em condições do Cerrado foi acima de 80% e, para a Amrapali, este valor foi de aproximadamente 65%. Quanto à distribuição dos tipos florais na panícula, os autores comentam que a concentração de flores hermafroditas aumenta da base para o ápice da inflorescência, concordando com o observado em Petrolina-PE para as variedades Tommy Atkins e Haden.

De acordo com Lima Filho *et al.* (2002), o número de flores perfeitas por panícula varia de ano para ano, dependendo da sua localização e da exposição à luz que a planta recebe, bem como do cultivar, podendo variar de 2% a 75%. Pinto *et al.* (2002) comentam que a temperatura é um fator ambiental que influencia a expressão sexual, sendo que a ocorrência de baixas temperaturas durante o desenvolvimento da inflorescência contribui para a redução do número de flores perfeitas na panícula.

As flores da mangueira são pequenas (6 a 8 mm), pentâmeras, de cores claras, apresentam guias de néctar e exalam odor forte e adocicado. Nas masculinas, o androceu é formado por quatro a cinco estaminódios e um estame com anteras bitecas. Nessas flores o gineceu é rudimentar e o nectário se apresenta na forma de um disco esponjoso no centro da flor (**Figura 4A**). Os grãos de pólen são pequenos, esféricos, com diâmetro variando, em média, de 25 a 28  $\mu\text{m}$  e apresentam coloração esbranquiçada. A produção de pólen por antera varia de 900 a 1000, com viabilidade acima de 90%. A produção de grãos pelos estaminódios não é significativa (cerca de 1% do encontrado para os estames), confirmando que os mesmos praticamente não contribuem para a formação de gametas masculinos.



**FIGURA 4.** Detalhe das flores de *Mangifera indica*. A. flor masculina e B. flor hermafrodita. Notar setas indicando o estame (e), estaminódios (es) e ovário (o) e a localização do nectário (n).

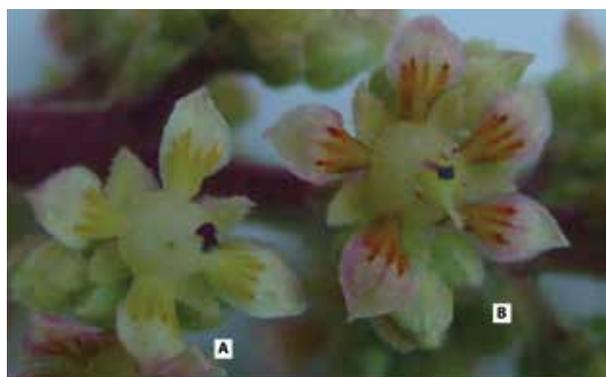
As flores hermafroditas apresentam androceu semelhante ao descrito para as flores masculinas e gineceu desenvolvido, composto por ovário súpero, uniovulado, com estilete posicionado lateralmente ao ovário, terminando em um estigma simples. O nectário se apresenta na flor de disco esponjoso (**Figura 4B**), com produção constante de pequenas quantidades de néctar por flor, em média 0,05  $\mu\text{L}$ .

De acordo com as características morfológicas, as flores da mangueira, por apresentar atrativos visuais, guias de néctar, produção de néctar em pequenas quantidades, presença de odor, podem ser classificadas como entomófilas de acordo com as síndromes de polinização descritas por Faegri & Van de Pijl (1979). Além disso, a produção de pólen em pequena quantidade por antera, grão de pólen do tipo agregado dificultando a soltura e o transporte durante a polinização, bem como a estrutura das panículas com flores hermafroditas e masculinas na mesma inflorescência, discorda das características descritas para plantas anemófilas (Percival 1969, Faegri & Van der Pijl 1979). Isso também foi observado por diferentes autores (Galang & Lazo 1937, Popoe 1939, Singh 1969, Silva 1996). Além disso, Scholefield (1982) comenta que as flores da mangueira apresentam área estigmática pequena que também dificultaria a polinização pelo vento.

A abertura das flores ocorre ao longo do dia, com maior ocorrência no período da manhã e, em uma mesma panícula, é possível encontrar botões, flores fechadas, recém-abertas e em senescência floral. De acordo com Iyer & Degani (1997) e Pinto & Ferreira (1999), o maior número de flores abertas ocorre de 09h00 às 11h00, sendo que este pode variar de acordo com as condições climáticas da região.

As flores recém-abertas apresentam corola de cor creme e anteras de cor violeta (**Figura 5A**). Nesta fase, as anteras estão fechadas, o estigma encontra-se fértil (protoginia), um odor forte e adocicado é exalado e o nectário apresenta aspecto viscoso e brilhante. Após 24 horas, ocorre alteração na coloração das flores, com o aparecimento de tons rosados nas extremidades distais das pétalas. As anteras mudam de cor, adquirindo tom preto e, nesta fase, ocorre a abertura das mesmas com a liberação dos grãos de pólen. O tempo de vida da flor é de três dias, sendo que no 2º dia, as pétalas adquirem tons avermelhados com guias de néctar de coloração marrom, os filetes mudam de cor, adquirindo tom vináceo, marcando o fim do ciclo floral (**Figura 5B**).

A abertura das flores em diferentes horários, associada à produção constante de néctar em pequenas quantidades, faz com a mangueira seja uma fonte contínua de recursos florais, possibilitando a visitação dos



**FIGURA 5.** Flores da mangueira: (A) recém abertas. Notar coloração da antera, do filete e dos guias de néctar; (B) 48 horas após a abertura. Notar alteração de cor das pétalas, dos guias de néctar, dos filetes e das anteras.

insetos ao longo do dia e que estes visitem várias flores, garantindo assim a transferência de pólen entre flores e entre plantas. Associado a isso, a disponibilidade de grande número de flores nas panículas confere, concomitantemente, uma atratividade visual e olfativa facilmente detectada a distância pelos visitantes florais que são fortemente atraídos para a cultura. Lembrando que a floração da mangueira no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro ocorre principalmente no período de agosto a outubro, que corresponde ao final da estação seca na região, esta fruteira poderia ser considerada como importante fonte alimentar para os visitantes florais, uma vez que nesta época do ano a oferta de alimento na Caatinga é baixa.

### 1.5 - Conhecimento sobre o sistema reprodutivo

Apesar das mangueiras serem vigorosas, com intensa floração e produção de frutos de ótima qualidade, apresentam o fenômeno de baixo vingamento por inflorescência. Geralmente, 8% a 13% das flores produzem frutos e menos de 1% chegam à maturidade (Davenport & Núñez-Elisea 1997). Mais de 50% da queda dos frutos ocorre durante os primeiros 15 dias, apresentando diferenças entre as variedades (Anila & Radha 2002). De acordo com Pinto *et al.* (2004), este percentual pode variar de 75% a 93%, na primeira semana, sendo atribuído a fatores ambientais principalmente a baixa umidade na estação seca. Para a região de Petrolina-PE, em estudos feitos com as variedades Tommy Atkins e Haden, as maiores taxas de aborto também foram registradas nos primeiros 15 dias, com 61% e 64%, respectivamente, concordando com os dados obtidos para outras variedades (Pinto *et al.* 2004).

Estudos voltados para a estratégia reprodutiva das mangueiras vêm sendo realizados desde o início do século XX. Os trabalhos iniciais de Popenoe (1917), citado por Davenport & Núñez-Elisea (1997), sustentam que existe autofertilidade, porém a polinização cruzada aumenta a produção de frutos. Por outro lado, em experimentos realizados com a variedade Haden, Young (1942) não registrou diferença significativa entre autopolinização e polinização cruzada.

Estudos realizados no Vale do Submédio Rio São Francisco registram baixa formação de frutos por autopolinização espontânea (0,2 frutos/panícula) e ausência de frutos partenocápicos. As maiores taxas foram observadas em condições naturais (1,8 frutos/panícula), indicando que a exposição das panículas à visitação é

fundamental para o sucesso reprodutivo. Fato semelhante foi registrado em Israel, onde Singh (1997) observou que panículas completamente ensacadas, não desenvolviam frutos e que quanto maior o tempo de exposição da panícula à visitação, maior o número de frutos produzidos. Dag & Gazit (2000), em experimentos realizados com a variedade Keitt, em plantas de pequeno porte, obtiveram a produção de 1 kg/planta, quando suas flores não recebiam visitação e 61 kg/planta em polinização aberta.

Na Índia, Singh *et al.* (1962) e Singh (1997) observaram a presença de sistemas de autoincompatibilidade, porém não registraram a ocorrência de partenocarpia. Por outro lado, Pinto *et al.* (2002) reforçam a idéia de que a partenocarpia não ocorre com frequência na mangueira, mas sim a estenospermocarpia, fenômeno definido como uma falha ou aborto do embrião após a fertilização (Soule 1985). Este processo pode ser influenciado pela variação de temperatura durante a polinização ou no início da produção de frutos, causando a interrupção na fertilização ou no desenvolvimento do óvulo (Whiley *et al.* 1988). Nas condições do Nordeste e Centro-Oeste brasileiros, este fenômeno é registrado com mais frequência entre os meses de maio e julho, quando são observados valores inferiores a 15° C, principalmente no período noturno (Pinto *et al.* 2002).

Segundo Pinto *et al.* (2002), a ocorrência de incompatibilidade na mangueira é evidenciada com a degeneração dos tecidos embriônicos e nucelares e com a excessiva queda e perda de frutinhas. Estudos entre variedades de mangueira têm revelado a ocorrência de sistema de autoincompatibilidade, sendo este do tipo esporofítico (Mukherjee *et al.* 1968, Sharma & Singh 1970, Ram *et al.* 1976, Iyer & Degani 1997).

Assim, diferenças nas taxas de polinização podem ser atribuídas às condições ambientais nos pomares durante a floração, como também, a diferenças na atração dos insetos a cultivares específicos, à proximidade de espécies de flores mais atrativas ou à combinação de ambos (Davenport & Núñez-Elisea 1997).

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Biologia, importância e possibilidades de manejo

Entre os visitantes florais relacionados com o processo de polinização da mangueira, destacam-se moscas, vespas, besouros, borboletas e abelhas. Na África, Wolstenholme & Mullins (1982) relatam que a transferência de pólen é feita, principalmente, por polinizadores de língua curta, pouco eficientes, tais como moscas, vespas, besouros, mariposas e formigas. Na Índia, Singh (1989, 1997) relata a presença de cerca de 25 espécies de insetos visitando as panículas da manga, destacando em ordem decrescente de diversidade os dípteros, coleópteros, lepidópteros, himenópteros e heterópteros, sendo os primeiros os mais prevalentes. Já Anderson *et al.* (1982), em observações feitas na Austrália, registraram 18 espécies diferentes de insetos visitando as flores da mangueira, sendo que deste total 31% pertencem a ordem Hymenoptera, 25% a Diptera, 24% a Lepidoptera, 6% a Orthoptera, 4% a Mantodea, 4% a Hemiptera, 4% a Coleoptera, 1% a Blattodea e 1% a Neuroptera. Quanto à eficiência na polinização, os autores destacam, por ordem decrescente, vespas, abelhas nativas, formigas e moscas. Porém, os autores ressaltam que as moscas e abelhas nativas do gênero *Trigona*, por apresentarem comportamento ativo de deslocamento entre plantas, foram considerados como os polinizadores mais eficientes desta fruteira.

Em Israel, Dag & Gazit (2000) observaram 46 espécies distintas de visitantes florais pertencentes às ordens Diptera, Hymenoptera e Coleoptera, onde *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), *Lucilia sericata* (Meigen, 1826), *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 e *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) tiveram papel significativo na polinização da manga, sendo as três primeiras consideradas como mais eficientes no processo.

No Brasil, relatos de visitantes florais foram feitos por Simão & Maranhão (1959) que registraram a presença de insetos pertencentes a 11 ordens, destacando entre elas Hymenoptera (21%), Diptera (20%), Hemiptera (13%) e Coleoptera (10%). As abelhas nativas, vespas e formigas foram consideradas como principais agentes no transporte de pólen, porém em virtude da baixa frequência de visita em relação à quantidade de flores da mangueira, sua eficiência fica comprometida. Além disso, os autores relatam que a maioria dos visitantes florais não atua como agentes polinizadores efetivos, destacando entre eles os tripses, que embora sejam encontrados em quantidade, são mais nocivos do que benéficos ao processo de polinização. Porém, Pinto *et al.* (2002) comentam que a biologia floral da mangueira é totalmente adaptada para polinização a ser feita por tripses e vários tipos de moscas.

Na região Nordeste, no Vale do Submédio São Francisco, as flores da mangueira das variedades Tommy Atkins (cultivo orgânico e convencional) e Haden são visitadas por pelo menos 20 espécies de insetos pertencentes às ordens Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera e Odonata (**Tabela 1**). Em cultivo orgânico da variedade Tommy Atkins, a frequência de visitas e riqueza de espécies foi maior do que em cultivo convencional, o que pode estar relacionado com o manejo da cultura (indução floral e aplicação de agrotóxicos).

Entre as ordens, os himenópteros se destacaram com os principais visitantes, sendo responsáveis por 56,2%, 84,2% e 72,8% do total de visitas, para a variedade Tommy Atkins (cultivo convencional e orgânico) e Haden, respectivamente (**Tabela 1**). Entre eles, *Apis mellifera* é a mais frequente tanto em cultivo orgânico (68,3%) como em convencional (45,6%). Para a variedade Haden, esta abelha é responsável por 29,7%, sendo superada somente por *Brachygastra* sp. (37,2%).

Já a ordem Diptera sobressai na variedade Tommy Atkins em cultivo convencional (40,9%), sendo nas demais situações responsáveis por valores inferiores a 27%. Entre as moscas, *Belvosia bicincta* Robineau-Desvoidy, 1830, *Palpada vinetorum* (Fabricius, 1798) e *Musca domestica* se destacam, sendo responsáveis por valores acima de 8% (**Tabela 1**).

Quanto ao recurso floral forrageado, o néctar é a recompensa coletada por todos os visitantes, enquanto que o pólen é coletado somente por *Apis mellifera*. Para a coleta de néctar, os insetos pousam diretamente sobre a flor, introduzem o aparelho bucal na região central da corola, tasteando o nectário. Ao realizar este comportamento, os insetos com porte compatível com a morfologia da flor tocam com a cabeça, as pernas e parte ventral do corpo as estruturas reprodutivas, ficando o pólen aí depositado (polinização esternotribica). Dessa categoria fazem parte *A. mellifera* (**Figura 6A**), *Trigona spinipes* e *Brachygastra* sp. (**Figura 6B**), entre os himenópteros; *P. vinetorum* (**Figura 6C**), *B. bicincta* (**Figura 6D**) e *M. domestica*, entre os dípteros. Os demais visitantes florais são considerados pilhadores de néctar.

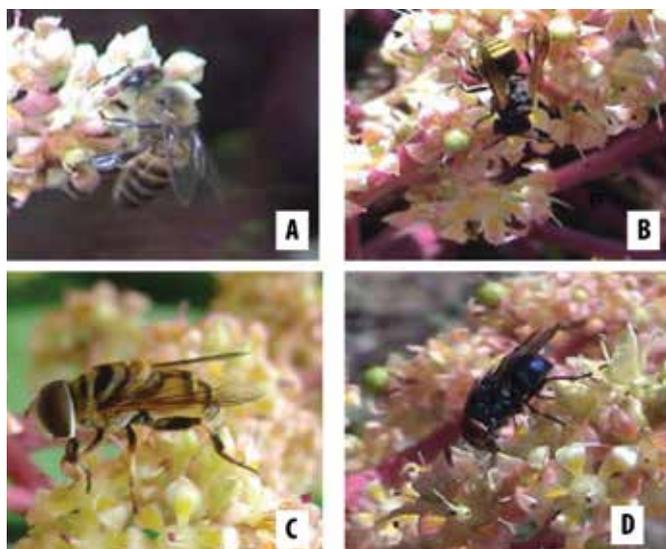
A coleta de pólen foi registrada no início da manhã, sendo que *Apis mellifera*, uma vez pousada sobre a corola, inicia a retirada do pólen com o auxílio das peças bucais e pernas, transferindo-o, posteriormente, para as corbículas. Durante a visita, realiza comportamento de limpeza do corpo, pernas e asas, armazenando o pólen retirado nas corbículas. Ao final da coleta, é possível visualizar as corbículas com esferas de pólen de cor acinzentada. A análise do pólen retirado das corbículas dessas abelhas mostra que 100% dos grãos são de *Mangifera indica*, indicando a fidelidade floral.

Comparando o comportamento de abelhas e moscas nas flores da mangueira, diferenças são observadas. As primeiras caminham sobre a inflorescência visitando várias flores abertas, permanecendo, em média, 82 segundos/panícula, sendo possível encontrar vários indivíduos (n=10) visitando uma mesma panícula. Este

deslocamento ativo possibilita que essas abelhas entrem em contato com as flores masculinas e as hermafroditas, favorecendo assim a polinização entre flores da inflorescência, como entre panículas distintas, garantindo o fluxo de pólen na população. Embora *Apis mellifera* tenha sido mais frequente que as abelhas sem ferrão, essas últimas apresentam morfologia e comportamento compatível às flores da mangueira, sendo consideradas como uma alternativa, uma vez que as mesmas podem ser criadas em caixas racionais, são de fácil manejo e encontrada com facilidade nas áreas do entorno das culturas.

**Tabela 1** - Visitantes florais de *Mangifera indica* L., das variedades Tommy Atkins (em cultivo convencional e orgânico) e Haden, com seus respectivos números e percentuais de visitas.

Visitante floral	Tommy Atkins				Haden	
	Convencional		Orgânico		Convencional	
	No. de visitas	%	No. de visitas	%	No. de visitas	%
<b>Hymenoptera</b>						
<i>Apis mellifera</i>	389	45,6	1097	68,3	119	29,7
<i>Trigona spinipes</i>	39	4,6	2	0,1	--	--
Vespidae sp1	2	0,2	74	4,6	22	5,5
Vespidae sp2	7	0,8	13	0,8	--	--
<i>Brachygastra</i> sp.	42	4,9	54	3,4	149	37,2
Outros himenópteros	1	0,1	113	7,0	02	0,5
<b>Subtotal</b>	<b>480</b>	<b>56,2</b>	<b>1353</b>	<b>84,2</b>	<b>292</b>	<b>72,8</b>
<b>Diptera</b>						
<i>Belvosia bicincta</i>	151	17,7	2	0,1	--	--
<i>Palpada vinetorum</i>	77	9,0	51	3,2	33	8,2
<i>Ornidia obesa</i>	38	4,5	16	1,0	16	4,0
<i>Musca domestica</i>	26	3,1	165	10,3	22	5,5
Tachinidae sp.	20	2,3	2	0,1	25	6,2
Outros dípteros	37	4,3	3	0,2	12	3,0
<b>Subtotal</b>	<b>349</b>	<b>40,9</b>	<b>239</b>	<b>14,9</b>	<b>108</b>	<b>26,9</b>
<b>Lepidoptera</b>	25	2,9	13	0,8	01	0,2
<b>Odonata</b>	--	--	1	0,1	--	--
<b>TOTAL</b>	<b>854</b>	<b>100,00</b>	<b>1606</b>	<b>100,00</b>	<b>401</b>	<b>100,00</b>



**FIGURA 6.** Visitantes florais da Mangueira das variedades Tommy Atkins e Haden. (A) *Apis mellifera*, (B) *Brachygastra* sp., (C) *Palpada vinetorum*; (D) *Belvosia bicincta*.

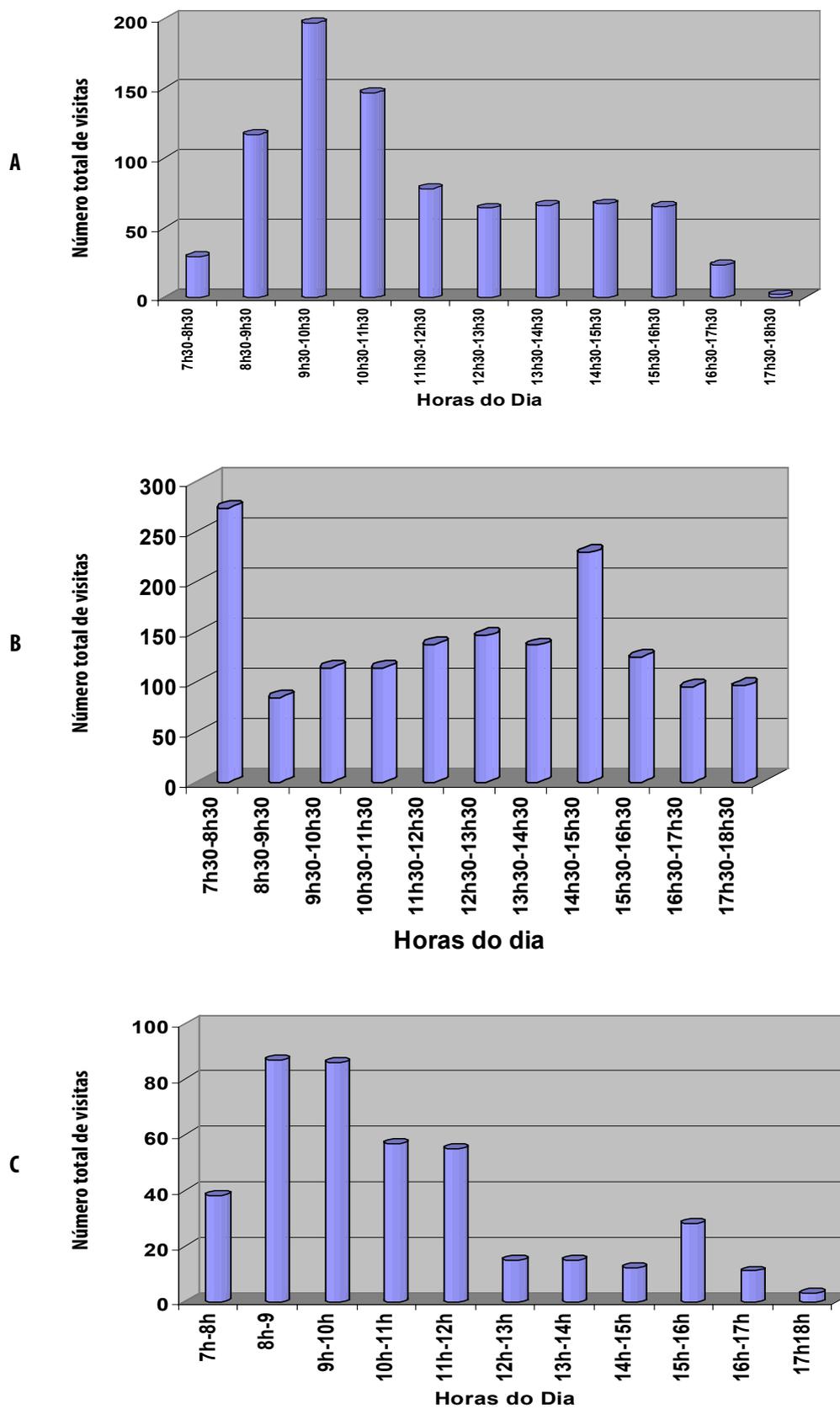
Já as moscas, após a visita a uma flor, geralmente abandonam a panícula, visitando outras flores próximas ou então abandonam o local, permanecendo assim, menos tempo na inflorescência (< 65 segundos), o que conseqüentemente diminui a possibilidade de contato com as flores hermafroditas. Assim, comparado ao comportamento das abelhas, os dípteros podem ser considerados menos eficientes no processo de polinização da mangueira.

Por outro lado, *Apis mellifera* apresentou comportamento agonístico em relação aos demais insetos, principalmente quanto à *Palpada vinetorum*, interferindo na visita desses insetos, não permitindo que os mesmos se aproximem das flores. Esta relação entre abelhas e moscas é aqui registrada pela primeira vez para a região, não sendo encontradas outras descrições desse comportamento em literatura.

Quanto ao horário, as visitas ocorreram ao longo do dia, sendo que o menor número foi registrado no final do período vespertino, independente da variedade ou do tipo de cultivo (**Figura 7**). Em cultivo convencional, o pico de visitação ocorre no período da manhã, na variedade Tommy Atkins e Haden (**Figura 7A e 7C**).

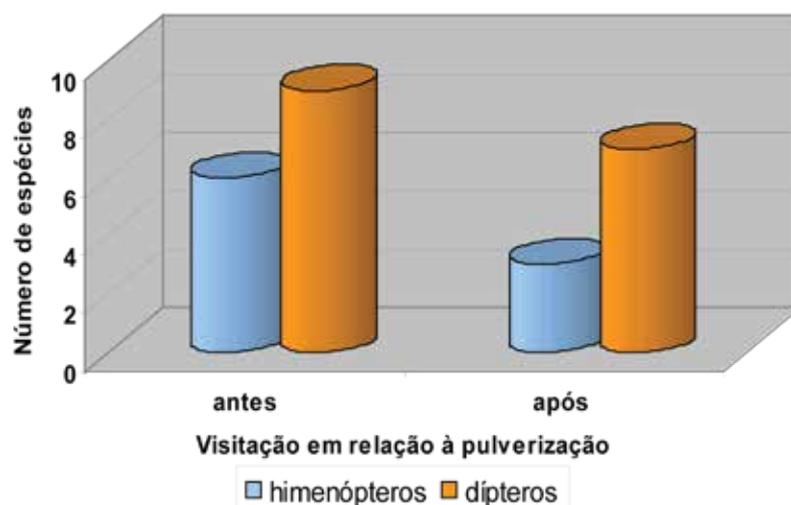
Já em cultivo orgânico, a distribu o da visita o foi mais uniforme, apresentando dois picos, no início da manhã e outro no início da tarde (**Figura 7B**). Esta diferença em rela o ao cultivo convencional pode ser atribuída à ausência de aplica o de agrotóxicos na área orgânica.

Quanto   frequência de visita por horário, *Apis mellifera* esteve presente ao longo das observa es, com pico de visita o registrado no período matutino (8h30-9h30). Os dípteros apresentaram frequências diversificadas e picos diferenciados de acordo com a espécie. *Palpada vinetorum* e *Belvosia bicincta* também foram registradas ao longo das observa es, porém suas visitas se concentraram no final da manhã, nos horários de menor visita o de *A. mellifera*. Quanto   *Ornidia obesa*, suas visitas concentraram-se no período da tarde, sendo o único visitante observado no final do período vespertino. *Musca domestica* concentrou suas visitas ao longo da manhã, com pico entre 11h30 e 12h30.



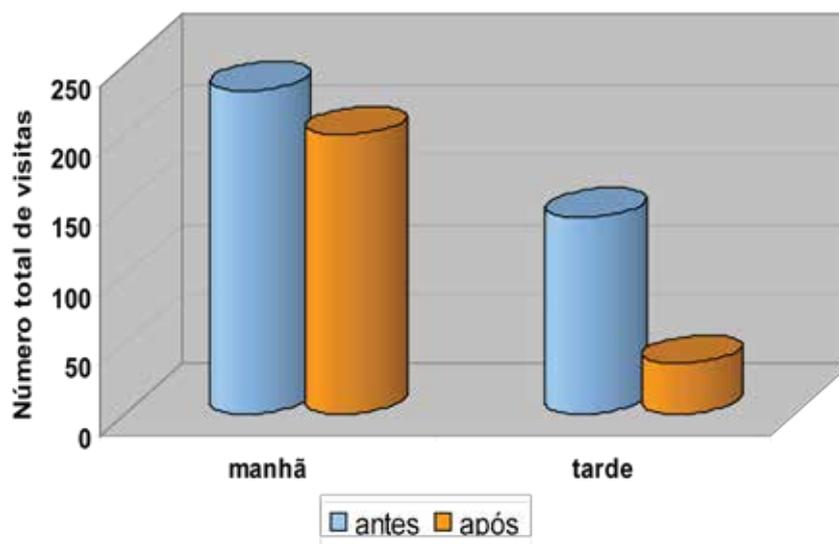
**FIGURA 7.** Número total de visitas por intervalo de tempo em panículas das variedade Tommy Atkins em cultivo convencional (A) e orgânico (B) e Haden (C).

Comparação realizada com o objetivo de verificar a influência da aplicação de agrotóxicos na diversidade de visitantes em cultivo convencional da variedade Tommy Atkins revela que há uma redução em torno de 50% e 20%, respectivamente, na diversidade de espécies de abelhas e moscas, após a pulverização (**Figura 8**). Fato semelhante é registrado quanto à frequência de visitas, com redução de 14% para o período da manhã e de 75% para o período da tarde (**Figura 9**), sendo esta última atribuída ao manejo da cultura, uma vez que as pulverizações são feitas, geralmente, após as 15 horas. Assim, a aplicação de agrotóxicos interfere não só na diversidade de visitantes, como também na frequência de visitação.



**FIGURA 8.** Comparação da diversidade de himenópteros (abelhas principalmente) e dípteros (moscas), antes e após a pulverização, em cultivo convencional da variedade Tommy Atkins.

A comparação da visitação da mangueira no período seco e chuvoso indica que há sazonalidade na frequência dos principais visitantes. *Apis mellifera* esteve presente nos dois períodos, sendo suas visitas mais frequentes na estação chuvosa. Já os dípteros estiveram presentes em um dos dois períodos, sendo as visitas de *Palpada vinetorum* registradas apenas na estação chuvosa e, o inverso registrado para *Belvosia bicincta*. A concentração de visitas no período chuvoso pode estar associada ao ciclo reprodutivo dos insetos. Porém, vale ressaltar que a ausência de *B. bicincta* nesta estação pode estar relacionada com a oferta de alimento pela vegetação e/ou preferência alimentar.



**FIGURA 9.** Comparação do número total de visitas registrado para o período da manhã e da tarde, antes e após a pulverização em cultivo convencional de mangueira da variedade Tommy Atkins.

Assim, a manutenção dos polinizadores em agroecossistemas deve levar em conta não só a oferta de alimento oferecida pela cultura, mas também os recursos disponibilizados pelas plantas invasoras de cultivo (ruderais e nativas em regeneração) e pela vegetação do entorno. No Vale do Submédio São Francisco, foi observado que, além das flores da mangueira, *Apis mellifera* (Figura 10B), *Palpada vinetorum* (Figura 10C) e *Belvosia bicincta* visitam as flores de invasoras de cultivos, como por exemplo *Mimosa pudica* L. (Leguminosae) (Figura 10), *Herisanthia crispa* L. (Malvaceae), *Waltheria* spp. (Sterculiaceae) e *Commelina* spp. (Commelinaceae), bem como as plantas da vegetação do entorno (Figura 11). No primeiro caso, como estas plantas estão presentes ao longo do ano em virtude do manejo de irrigação praticado na região, podem ser consideradas como uma fonte constante de alimento para esses insetos. Já no caso da vegetação nativa, esta seria um importante recurso no período chuvoso, quando a maioria das espécies da Caatinga florescem.



**FIGURA 10.** Exemplo de planta invasora visitada pelos polinizadores da mangueira. Vista geral do cultivo com destaque para *Mimosa pudica* – Leguminosae (A); *Apis mellifera* (B) e *Palpada vinetorum* (C) em visita as flores.



**FIGURA 11.** *Palpada vinetorum* (A) e *Brachygastra* sp. (B) em visita as flores de *Mimosa verrucosa* (Leguminosae) presente na vegetação do entorno da cultura da mangueira.

Kiill *et al.* (2000) e Santos *et al.* (2006) em observações realizadas em diferentes cultivos nesse mesmo local registraram cerca de 30 espécies de invasoras como fonte alimentar para abelhas melíferas e nativas. Dentre essas, destacam-se espécies das famílias Convolvulaceae, Leguminosae, Lamiaceae, Malvaceae, Passifloraceae, Rubiaceae, Sterculiaceae e Zygophyllaceae como fonte de néctar e/ou pólen para esses insetos. Quanto à flora nativa, espécies das famílias Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae,

Rhamnaceae e Sapotaceae são citadas como fonte alimentar para abelhas melíferas (Santos *et al.* 2006), o que vem reforçar a importância da manutenção desses grupos como recurso alimentar alternativo nos agroecossistemas.

No que se refere à oferta de alimento para os dípteros, não há estudos feitos no Vale do Submédio São Francisco, sendo poucas informações encontradas em relação ao comportamento alimentar e ciclo biológico desses insetos, o que dificultaria o manejo dos mesmos como agentes polinizadores.

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Propostas de manejo

Diante dos estudos de ecologia da polinização feitos para o cultivo da mangueira no Vale do Submédio São Francisco, os dípteros e himenópteros são considerados os principais agentes polinizadores dessa anacardiácea. Com base nessas informações, algumas propostas de manejo de polinizadores são apresentadas tendo em vista a facilidade de adoção e implementação pelos produtores, bem como as necessidades dos sistemas de produção da região.

O manejo das populações de dípteros para atender aos serviços de polinização da mangueira é uma alternativa pouco viável, em curto prazo, diante de alguns entraves encontrados. Primeiramente, poucas informações são encontradas em literatura sobre a biologia desses insetos, fontes alimentares, ciclo de vida e substratos de nidificação para as regiões tropicais e mais especificamente o Semiárido brasileiro.

A ausência de informações sobre o comportamento dos insetos em resposta a fatores climáticos, como as altas temperaturas e a baixa umidade encontradas no local de estudo, é outro ponto que precisa ser avaliado, uma vez que há referências da influência de temperaturas no comportamento desses insetos (Gilbert 1985, Morales & Köhler 2006). Este pode ter sido um dos motivos da ausência de visitas de algumas espécies de dípteros encontradas na estação seca nas observações feitas em Petrolina-PE, como mencionado anteriormente.

A oferta de fonte alimentar suplementar poderia ser outra estratégia para atrair os dípteros para as áreas de cultivo. Neste sentido, uma alternativa seria associação de espécies nativas e/ou frutíferas nas proximidades do cultivo. Porém, a carência de informações a esse respeito, dificulta a implementação dessa estratégia. De acordo com Machado & Lopes (2003), em levantamento feito para a Caatinga, somente 12,4% das plantas foram consideradas como polinizadas por diversos pequenos insetos. No que se refere aos sistemas de polinização por moscas, as autoras não citam a ocorrência de casos para a Caatinga. Este fato pode estar relacionado às condições semiáridas da região que não são favoráveis ao ciclo biológico desses insetos.

Outro ponto que deve ser levado em consideração refere-se ao substrato recomendado para reprodução desses insetos. Pinto (1996) recomenda a colocação de matéria orgânica, como esterco de galinha, para a proliferação de moscas em cultivo de mangueira. Porém, além do risco da contaminação dos frutos com microorganismos patogênicos, existe o favorecimento da proliferação de insetos danosos (mosca das frutas), o que vai contra com as normas estabelecidas pela Produção Integrada de Frutas - PIF e, portanto, dificilmente seria adotada pelos produtores da região. Além disso, esta estratégia já foi adotada na região de Norte de Minas Gerais sem resultados satisfatórios em produtividade (M.A.C. Mouco, comunicação pessoal).

Assim, para se propor qualquer estratégia de manejo de dípteros para a mangueira seria necessário desenvolver primeiramente estudos detalhados da biologia do grupo, de seu comportamento em relação às condições climáticas buscando encontrar formas alternativas de criar esses insetos em laboratório, utilizando-se substratos aceitáveis pela PIF. Outra possibilidade seria a extração, identificação e produção de feromônios e/ou outras substâncias como atrativos.

Outro aspecto que deve ser avaliado é o impacto que o aumento das populações de moscas pode causar em determinado local, uma vez que as mesmas são vetores de parasitas e microorganismos patogênicos e, associado à ausência de conhecimentos de inimigos naturais, poderiam se tornar um problema sem controle.

Além desses riscos, a produção desses insetos deve ser desenvolvida prevendo um baixo custo para implantação para ter garantida sua aceitabilidade, uma vez que para incrementar a presença dos polinizadores, o produtor aumentará seus gastos com o cultivo sem ter a certeza de que estes serão revertidos em produção e, estratégias que tenham um custo elevado dificilmente seriam adotadas, principalmente pelos pequenos produtores dessa fruteira.

No que se refere aos himenópteros, a proposta seria no sentido de otimizar a presença dos polinizadores nas áreas de cultivo, visando aumentar as possibilidades de contato desses insetos com as flores hermafroditas, de deposição de pólen sobre o estigma e, conseqüente, formação de frutos mais saudáveis. Entre esses polinizadores, *Apis mellifera* se destacou pela sua abundância, frequência e fidelidade, que seriam bons parâmetros para considerá-la como polinizador eficiente. Em análise da carga polínica aderida às diversas partes do corpo de abelhas melíferas e de abelhas nativas do gênero *Trigona*, foi observado que esta carga é 50 vezes maior (cerca de 20.000 grãos) nas primeiras do que a registrada para as abelhas nativas (cerca de 400 grãos) (BEE 2006).

Desde a década de 40, Young (1942) já recomendava a colocação de colméias de abelhas melíferas nos pomares de manga, porém essa prática não foi difundida entre os produtores. Posteriormente, Cruz-Medina & Garcia (1999) recomendaram a colocação de 12 colméias/ha para obter um incremento significativo na produção de frutos. Recentemente, Sung *et al.* (2006), em estudos feitos em Taiwan, comentaram que se faz necessária a utilização de abelhas do gênero *Apis* em programas de polinização da mangueira para aquela região.

Para o Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, essa alternativa pode ser adotada de forma prática e de imediato, dada à facilidade e mobilidade da colocação das caixas nos pomares na época da florada da mangueira, estando também em conformidade com as normas da PIF. Esta prática já vem sendo adotada por alguns produtores com incrementos de até 10% na produção. Tomando como base a média de produção de 18 mil toneladas de manga/ha/ano com valor de mercado de R\$0,50/kg, este incremento representaria um ganho de R\$900,00/ha/ano. Para as condições locais, a utilização recomendada é de duas colméias/ha em áreas irrigadas (Ribeiro *et al.* 2007), com custos de locação e assessoria na faixa de R\$10,00/colméia/mês (L.A. Pulça Junior, comunicação pessoal).

No caso da aquisição de colméias por parte do produtor, os custos por colméia seriam de R\$120,00 na implantação, além dos gastos com assessoria e manutenção das mesmas, fixados atualmente em R\$20,00/colméia/mês (L.A. Pulça Junior, comunicação pessoal). Porém, nesta situação o produtor teria uma renda extra com a venda do mel, estimada em R\$250,00; considerando a produção de 50kg/colméia/ano (Ribeiro *et al.* 2007).

Porém, a introdução de colméias nos perímetros de irrigação deve ser feita com cautela, uma vez que, se por um lado pode incrementar os serviços de polinização de diversas fruteiras (goiaba, coco, limão), por outro pode acarretar alguns impactos negativos como o deslocamento de polinizadores efetivos (comportamento agonístico) e a pilhagem de pólen em larga escala, comprometendo os sistemas reprodutivos, a exemplo do registrado em cultivo de maracujá-amarelo (ver capítulos 10, 11, 12 e 13 deste mesmo livro).

Embora *Apis mellifera* seja uma espécie de grande potencial econômico, com importância na produção de mel e de seus derivados e na polinização de cultivares agrícolas, não há nenhum estudo de impacto ambiental ocasionado por essas abelhas na Caatinga (Zanella & Martins 2003). Assim, pesquisas nesse sentido são necessárias a fim de avaliar a capacidade suporte desse tipo de vegetação, para o estabelecimento da quantidade ideal de colméias/ha.

### 3.2 - Manejo da cultura

No que se refere ao manejo da cultura, algumas práticas são sugeridas para otimizar os serviços de polinização. Uma delas se refere à condução e poda das plantas no sentido de facilitar a exposição das inflorescências, uma vez as abelhas e moscas visitam preferencialmente as inflorescências expostas ao sol e posicionadas em locais de fácil acesso (ápice das copas).

Outro ponto que deve ser enfatizado refere-se ao uso e aplicação de agrotóxicos, buscando alertar os produtores para evitar que esses produtos sejam utilizados durante todo o período da florada. Caso seja necessário o uso de agrotóxicos, que eles não sejam utilizados no período da manhã quando ocorre o pico de visitação dos polinizadores, devendo esta aplicação ser feita preferencialmente ao final da tarde. É necessário enfatizar que devem ser utilizados apenas os agrotóxicos registrados e prescritos para a cultura em questão.

A manutenção da plantas invasoras de cultivos e da vegetação do entorno é outra estratégia que deve ser priorizada, uma vez que as árvores nativas servem de local de abrigo e reprodução para as abelhas melíferas e nativas, além da oferta complementar de néctar e pólen. Neste caso, algumas alternativas poderiam ser propostas, entre elas a preservação da vegetação do entorno, dada a presença de flores de inúmeras plantas como fontes importantes de pólen e néctar para as abelhas. Segundo Machado & Lopes (2003), o sistema de polinização predominante nas plantas da Caatinga é realizado por abelhas (30,5%), mostrando a importância da vegetação nativa como fonte alimentar desses himenópteros.

Desta forma, as áreas de manutenção (sequeiro) e preservação (reserva legal) da Caatinga devem ser valorizadas pelos produtores e medidas devem ser tomadas no sentido de aumentar essas áreas no entorno dos perímetros irrigados e nos lotes. Hoje, essas áreas são representadas por pequenas manchas de Caatinga que esta sob forte ação extrativista. Mesmo nessa situação, é comum a presença de ninhos de abelhas sem ferrão, a exemplo de *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793); *Melipona mandacaia* Smith, 1863; *Frieseomelitta doederleini* (Friese, 1900), bem como de ninhos naturais de *Apis mellifera*, que uma vez mantidos no entorno da cultura, poderiam incrementar os serviços de polinização. Para isso, a criação de formas de incentivos fiscais para propriedades que mantenham essas áreas com vegetação nativa seria uma estratégia para favorecer a manutenção dos polinizadores no entorno dos cultivos.

### 3.3 - Sensibilização e capacitação dos produtores, técnicos e demais atores envolvidos no processo

O serviço de polinização ainda é um tema pouco difundido entre os produtores e técnicos, que desconhecendo a importância dos agentes polinizadores para a reprodução das fruteiras, não se preocupam em mantê-los em seus cultivos. Assim, a sensibilização sobre o tema é um ponto fundamental no processo, para que outras formas de manejos culturais sejam adotadas.

A realização de cursos, dias-de-campo, palestras e outras formas de divulgação devem ser programadas, envolvendo as associações, os distritos de irrigação, as escolas e as comunidades. Orientações na adoção de medidas que venham incrementar a permanência de polinizadores nas áreas devem ser repassadas, en-

focando principalmente a importância da preservação da vegetação nativa das propriedades. Outra medida seria incentivar a manutenção das plantas invasoras de cultivos, que são fontes alternativas de néctar e pólen para os polinizadores, além de servirem como abrigo para inimigos naturais e de cobertura verde.

Outro ponto que deve ser trabalhado é a conscientização dos produtores de que os serviços de polinização prestados pelos insetos são de uso coletivo e, se não houver um trabalho conjunto nos perímetros irrigados, adotando técnicas e manejo mais sustentáveis, esses serviços podem ficar prejudicados. Neste sentido, a produção de materiais de divulgação, como folders, cartilhas, vídeos, bem como a realização de cursos de sensibilização e capacitação são imprescindíveis para o sucesso do manejo de polinizadores na região.

Assim, para o cenário encontrado no Vale do Submédio São Francisco, é necessário levar em conta a ecologia da paisagem dos agroecossistemas, conciliando as necessidades dos serviços de polinização da cultura com os impactos que os mesmos poderiam causar nos ambientes do entorno.

Por fim, vale ressaltar que a otimização dos serviços de polinização na mangueira pode vir a contribuir na produtividade e qualidade dos frutos, porém este não é o único fator responsável pela quantidade de frutos/panícula.

#### 4. Referências Bibliográficas

- ANDERSON, D.L., SEDGLEY, M., SHORT, J.R.T. & ALLWOOD, A.J. 1982. Insect pollination of mango in northern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 33:541-548.
- ANILA, R. & RADHA, T. 2002. Intensity of fruit crop in mango varieties. In VII International Mango Symposium, Embrapa Semiárido, Recife, v.1, p.247.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. 2006. Santa Cruz do Sul-SC, Ed. Gazeta Santa Cruz.
- BEE pollination benefits for mango. Western Australia: Department of Agriculture and Food. 2006. Bulletin, 4298. [http://www.agric.wa.gov.au/servlet/page?\\_pageid=449&\\_dad=portal30&\\_schema=PORTAL30&\\_start\\_url=/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/AAP/HBH/BULLETIN4298\\_MANGO.HTM](http://www.agric.wa.gov.au/servlet/page?_pageid=449&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&_start_url=/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/AAP/HBH/BULLETIN4298_MANGO.HTM) (Acesso em 15 ago 2007).
- CAMPBELL, C.W. & MALO, S.E. 1974. Fruit Crops Fact Sheet – The Mango. Gainesville: University of Flórida, p.1-4.
- CODEVASF. 2007. Os Vales do São Francisco. <http://www.codevasf.gov.br> (acesso em 26 jul 2007).
- CODEVASF. 2008. Censo frutícola do Vale do São Francisco. Juazeiro.
- CRUZ-MEDINA, J. & GARCIA, H.S. 2003. Mango: post-harvest operations. In Compendium on postharvest operations. (D. Mejia & B. Lewis, eds.). Rome' FAO (INPhO). (Chap. 20, sec. 2.8, <http://www.fao.org/inpho/compend/allintro.htm>).
- CUNHA, G.A.P., PINTO, A.C.Q. & FERREIRA, F.R. 2002. Origem, dispersão, taxonomia e botânica. In A cultura da mangueira (P.J.C. Genú & A.C.Q. Pinto, eds.). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap.2, p. 1-36.
- DAG, A. & GAZIT, S. 2000. Mango pollinators in Israel. *Journal of Applied Horticulture* 2:39-43.
- DAVENPORT, T.L. & NÚÑEZ-ELISEA, R. 1997. Reproductive physiology. In *The Mango: botany, production and uses* (R.E. Litz, ed.). Wallingford: CAB International, p.69-146.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. Oxford, Pergamon.
- FAO. 2005. *Production Yearbook*, Roma.
- GALANG, F.G. & LAZO, F.D. 1937. The setting of carabao mango fruits as affected by certain sprays. *Phillipine Journal Agriculture* 8:187-210.
- GILBERT, F.S. 1985. Diurnal activity patterns in hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Entomology* 10:385-392.
- IBRAF 2007. Instituto Brasileiro de Frutas. Produção brasileira de frutas por Estado. [www.ibraf.org.br/estatisticas/ProducaoBrasileiradeFrutasporEstado2007](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/ProducaoBrasileiradeFrutasporEstado2007) (acesso em 08 out 2009).
- IBRAF 2008. Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas 2008. <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exporta%C3%A7%C3%A3o/ComparativoExporta%C3%A7%C3%A3oBrasileiras2008-2007.pdf> (acesso em 23 jul 2009).
- IYER, C.P.A. & DEGANI, C. 1997. Classical breeding and genetics. In *The Mango Botany, Production and Uses* (R.E. Litz, ed). Wallingford: CAB International. p.49-68.
- KIILL, L.H.P., HAJI, F.N.P. & LIMA, P.C.F. 2000. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. *Scientia Agrícola* 57:575-580.

- LACERDA, M.A.D. & LACERDA, R.D. 2004. O Cluster da fruticultura no Pólo Petrolina/Juazeiro. Revista de Biologia e Ciências da Terra 4.
- LIMA FILHO, J.M.P., ASSIS, J.S., TEIXEIRA, A.H.C., CUNHA, G.A.P. & CASTRO NETO, M.T. 2002. Ecofisiologia. In A cultura da mangueira (P.J.C. Genú, A.C. Queiroz Pinto, eds.). Brasília: Informação Tecnológica, v.1, p.37-49.
- MACHADO, I.C.S. & LOPES, A.V. 2003. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em Caatinga. In Ecologia e conservação da Caatinga (I.R. Leal, M.Tabarelli & J.M.C Silva, eds.). Editora Universitária da UFPE, cap. 12, p.515-563.
- MORALES, M.N. & KÖHLER, A. 2006. Espécies de Syrphidae (Diptera) visitantes das flores de *Eryngium horridum* (Apiaceae) no Vale do Rio Pardo, RS, Brasil. Iheringia Serie Zoologia 96:41-45
- MUKHERJEE, S.K. 1948. The varieties of mango (*Mangifera indica* L.) and their classification. Botânica Society of Benghala Bulletin 2:101-133.
- MUKHERJEE, S.K. 1985. Systematic and ecogeographia studies of crop gene pools: 1. *Mangifera* IBPGR Secretariat, Rome, p.1-86.
- MUKHERJEE, S.K., SINHG, R.N., MAJUMDER, P.K. & SARMA, D.K. 1968. Present position regarding breeding (*Mangifera indica* L.) in India. Euphytica 17:462-467.
- PERCIVAL, M.S. 1969. Floral Biology. Oxford: Pergamon Press.
- PINTO, A.C.Q. & FERREIRA, F.R. 1999. Recursos genéticos e melhoramento da mangueira. In Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro (M.A. Queiróz, C.O. Goedert & S.R.R. Ramos, eds.). Versão 1.0. <http://www.cpatas.Embrapa.br>
- PINTO, A.C.Q. 1996. Genética e melhoramento da mangueira-Sinopse. In Manga: Tecnologia de Produção e mercado (A.R São José, I.V.B. Souza, J. Martins, Filho, O.M. Morais, eds.). Vitória da Conquista: UESB, DFZ, p.16-31.
- PINTO, A.C.Q., ANDRADE, S.R.M. & VENTUROLI, S. 2004. Fruit set sucess of three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars using reciprocal crosses. Acta Horticulturae 645:299-301.
- PINTO, A.C.Q., GENU, P.J. & RAMOS, V.H.V. 1987. Avaliação do crescimento e expressão do sexo de cultivares de manga introduzidas na região dos Cerrados. In Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura. Sociedade Brasileira de Fruticultura, Campinas, v.2, p.567-570.
- PINTO, A.C.Q., SOUZA, V.A.B., ROSSETO, C.J., FERREIRA, F.R. & COSTA, J.G. 2002. Melhoramento genético. In A cultura da mangueira (P.J. Genú & A.C.Q. Pinto, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.51-92.
- POPENOE, W. 1939. Manual of tropical and subtropical fruits. New York: The MacMillan Co.
- RAM, S., BIST, L.D., LAKHANPAL, S.C. & JAMWAL, I.S. 1976. Search of suitable pollinizer for mango cultivars. Acta Horticulturae 57:253-263.
- RIBEIRO, M.F., PULCA JUNIOR, L.A., SIQUEIRA, K.M.M. & KIILL, L.H.P. 2007. Avaliação da potencialidade da apicultura em áreas de sequeiro e irrigada na Caatinga em Petrolina-PE. Anais da 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, UNESP-Jaboticabal.

- SANTOS, R.F., KIILL, L.H.P. & ARAUJO, J.L.P. 2006. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. *Revista Caatinga* 13:221-227.
- SCHOLEFIELD, P.B. 1982. A scanning electron microscope study of flower of avocado, litchi, macadamia and mango. *Scientia Horticulturae* 16:263-272.
- SHARMA, D.K. & SINGH, R.N. 1970. Studies on some pollination problems in mango (*Mangifera indica* L.). *Indian Journal of Horticulture* 27:1-15.
- SILVA, A.C. 1996. Botânica da Mangueira. In *Manga: Tecnologia de Produção e mercado* (A.R. São José, I.V.B. Souza, J. Martins Filho & O.M. Morais, eds.). Vitória da Conquista: UESB, DFZ, p.7-15.
- SILVA, P.C.G. & CORREIA, R.C. 2004. Socioeconômica. In *Cultivo da mangueira* (M.A.C. Mouco, ed.). Petrolina: Embrapa Semiárido.
- SIMÃO, S. & MARANHÃO, Z.C. 1959. Os Insetos polinizadores da mangueira. *Anais da Escola Superior de agricultura "Luis de Queiroz"* 16: 209-304.
- SIMÃO, S. 1971. *Manual de fruticultura*. São Paulo: Ceres.
- SINGH, G. 1989. Insect pollinators of mango and their role in fruit setting. *Acta Horticulturae* 231:629-632.
- SINGH, G. 1997. Pollination, Pollinators and fruit setting in mango. *Acta Horticulturae* 1: 116-123.
- SINGH, L.B. 1969. Mango. In *Outlines of perennial crop breeding in the Tropics* (F.P. Ferwerda & F. Wit, eds.). Veenen & Zonen, Wageningen, p.309-327.
- SINGH, R.N., MAJUMDAR, P.K. & SHARMA, D.K. 1962. Self incompatibility in mango (*Mangifera indica* L.) Var. Dashehari. *Current Science* 31:209.
- SOULE, J. 1985. *Glossary for Horticultural Crops*. Wiley, New York.
- SUNG, I.H., LIN, M.Y., CHANG, C.H., CHENG, A.S. & CHEN, W.S. 2006. Pollinators and their behaviors on mango flowers in Southern Taiwan. *Formosan Entomologist* 26:161-170.
- THIMMAPPAIAH, & SUMAN, C. L. 1987. Sex in relation to fruit-set and fruit yield in mango. *Punjab Horticultural Journal* 27:8-11.
- WHILEY, A.W., SARANAH, J.B., RASMUSSEN, T.S., WINSTON, E.C., & WOLSTENHOLME, B.N. 1988. Effect of temperature on growth of 10 mango cultivars with relevance to production in Australia. In *Proceedings of the Fourth Australasian Conference on Tree and Nut Crops* (D. Batten, ed.). Acotanc, Lismore, p.176-185.
- WOLSTENHOLME, B.N. & MULLINS, P.D. 1982. Flowering, pollination and fruit set in mango – A discussion of limiting factors. *South African Mango Grower's Association Research Journal* 2:5-11.
- YOUNG, T.W. 1942. Investigations of the unfruitfulness of Haden mango in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 55:106-110.
- ZANELLA, F.C.V. & MARTINS, C.F. 2003. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In *Ecologia e conservação da Caatinga* (I.R. Leal, M.Tabarelli & J.M.C. Silva). Editora Universitária da UFPE, p.75-134.



### **Diagnósticos e propostas de planos de manejo para polinizadores da mangueira (*Mangifera indica* L. - Anacardiaceae) variedade Tommy Atkins, na Região do Vale do Submédio Rio São Francisco**

Blandina Felipe Viana<sup>1</sup>; Juliana Hipólito de Sousa<sup>1</sup>; Camila Magalhães Pigozzo<sup>2</sup>

#### **1. Caracterização da espécie polinizada**

##### **1.1 - A mangueira (*Mangifera indica*): Origem, distribuição geográfica e formas de cultivo**

A mangueira (*Mangifera indica* Linnaeus) é uma espécie da família Anacardiaceae originada no Sul da Ásia, mais especificamente da Índia, onde existem mais de 1.000 variedades e há mais de 4.000 anos é cultivada, e do arquipélago Malaio, de onde se disseminou pelo mundo (Cunha *et al.* 1994, Silva 2000, Genú & Pinto 2002), tornando-se uma das principais culturas para a economia agrícola.

Comumente, a propagação das fruteiras tropicais se iniciou com a abertura do comércio entre a Europa e a Ásia. Os portugueses foram os primeiros a estabelecer contato comercial entre os dois continentes, com a compra e venda de especiarias e produtos vegetais. As sementes e mudas da manga foram transportadas no início do século XVI de Goa, na Índia, para o leste e o oeste da África e, em seguida, para o Brasil (Mukherjee 1953), primeiro País a cultivar a manga nas Américas (Simão 1971).

A exploração da manga no Brasil, historicamente, foi feita em moldes extensivos, sendo comum o plantio em áreas esparsas, nos quintais e fundos de vales das pequenas propriedades, formando bosques subespontâneos, e tradicionalmente cultivados nas diversas localidades. No Brasil, ainda predominam as variedades locais do tipo “Bourbon”, “Rosa”, “Espada”, “Coqueiro”, “Ouro”, entre várias outras; entretanto, nos últimos anos, esse quadro está mudando com a implantação de grandes áreas com novas variedades de manga de comprovada aceitação pelo mercado externo (Silva & Correia 2004).

O cultivo da mangueira no Brasil, portanto, pode ser dividido em duas fases distintas: a primeira teve como característica principal os plantios de forma extensiva, com variedades locais e pouco ou nenhum uso de tecnologias; e a segunda, caracterizada pelo elevado nível tecnológico, como irrigação, indução floral e variedades melhoradas.

1 Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Rua Barão de Geremoabo s/n, Ondina 40170-210 - Salvador, BA. blandefv@ufba.br, jhdsousa@yahoo.com

2 Faculdades Jorge Amado camilapigozzo@yahoo.com.br

Nos cultivos da manga, alguns aspectos devem ser considerados como a proteção do pomar contra os ventos fortes, os quais provocam a queda de frutos e afetam consideravelmente a produção. Em plantios com tecnologia de produção para exportação, como os do Semiárido nordestino, onde a irrigação é obrigatória, a densidade de plantio mais comum é de 250 plantas/ha (espaçamento de 8 x 5m); no entanto, maiores densidades já estão sendo usadas nessa região, exigindo manejos mais adequados quanto a podas, irrigação e nutrição (Mouco 2004).

## 1.2 - Importância socioeconômica atual e potencial

De acordo com a base de dados da FAO de 2000, a manga é cultivada em 85 países, responsáveis por uma produção de aproximadamente 24,97 milhões de toneladas em 2,76 milhões de hectares. Fernandes & Martins (2004), ao analisarem o contexto econômico mundial da manga, revelaram um crescimento de aproximadamente 48% na produção e 42% na superfície cultivada com a cultura, no período de 1990 a 2000.

Em 2000, o maior produtor mundial de manga foi a Índia, com 12 milhões de toneladas, o que representa 48% da produção mundial. Em seguida, a China (11,8%), México (6,1%), Tailândia (5,4%), Paquistão (3,8%) e Filipinas (3,7%) (FAO 2007).

Ainda segundo dados da FAO (2007), quanto ao rendimento médio, o país com maior produtividade, em 2000, era a China, com 14,05 t/ha, seguida de Tailândia (10t/ha), Paquistão (9,98t/ha), México (9,76t/ha), Brasil (9,6t/ha) e Índia (9,23t/ha). A média mundial é de 9,03t/ha. A área plantada com a cultura também se concentra nestes países, sendo que a Indonésia e a Nigéria também produzem em grandes áreas, mas a produtividade dos dois países é muito baixa.

Em 2004, a produção de manga no Brasil cresceu para 950 mil toneladas em 70 mil hectares plantados, assumindo a liderança do ranking mundial em termos de produtividade, 13,6 t/ha. Em seguida, ficaram: Paquistão (10,2 t/ha), México (9,5 t/ha), China (8,6 t/ha), Índia (6,8 t/ha), Tailândia (6,3 t/ha) e Filipinas (6,1 t/ha). Vale ressaltar que a Índia ainda lidera em termos de área plantada com mais de um milhão de hectares plantados, produzindo cerca de 10 milhões de toneladas por ano (FAO 2007).

A produção brasileira de manga concentra-se nos estados de São Paulo, com 23% do total produzido, Bahia (21%), Minas Gerais (12%), Ceará (7,7%), Paraíba (7,4%) e Pernambuco (5,7%). Entretanto, os estados com maior produtividade são Pará (37,15t/ha), Espírito Santo (21,25 t/ha), Sergipe (24,80 t/ha), Rio de Janeiro (23,27 t/ha), e Paraíba (21,89 t/ha) (Agrianual 2002).

Com exceção desses estados, onde a manga é cultivada, esta fruteira é utilizada extensivamente, em pequenos cultivos com plantio de pés esparsos e com características inadequadas para o mercado externo (Genú & Pinto 2002).

Tais sistemas se encontram localizados nos principais pólos de irrigação da zona semiárida, detentoras de condições climáticas (alta luminosidade, reduzidas precipitações e baixa umidade relativa) e fitossanitárias altamente favoráveis, permitindo aos mangicultores o planejamento das colheitas para qualquer período do ano, fato que possibilita aos mesmos colocar o produto no mercado em épocas de melhores preços (Genú & Pinto 2002).

Dentre essas regiões, que apresentam bons níveis tecnológicos, destaca-se o Pólo de Fruticultura Tropical do Vale do Submédio São Francisco (Petrolina/PE e Juazeiro/BA), considerado o mais modernizado e diversificado do Nordeste, e o maior do país, pela produção de frutas em relação à qualidade, pelo total de área colhida (ha), e pelo valor da produção, que aumentou em 20,4% em Petrolina e em 66,5% em Juazeiro entre os anos de 2005 e 2006 (IBGE 2007). Contudo, vale ressaltar que grande parte do Brasil não possui praticamente nenhuma tecnologia para a produção dessa fruteira (Pimentel *et al.* 2000).

O Pólo de Fruticultura irrigada de Juazeiro/Petrolina está inserido no Bioma Caatinga (**Figura 1**), sendo seu clima semiárido, marcado por elevadas temperaturas médias (entre 25° e 29°C), baixa precipitação anual (de 268 a 800 mm), chuvas irregulares e período seco prolongado; as chuvas se concentram entre os meses de março e junho (Ab'Saber 2003). Atualmente, a manga constitui a cultura mais importante da região com 15.978 ha plantados e uma produção anual de 304.642 t/ano, gerando anualmente R\$ 142.716.000,00 (IBGE 2005, dados de 2004).



**FIGURA 1.** Localização do Polo Irrigado Juazeiro-Petrolina (área limitada por linha contínua verde), no Médio rio São Francisco, na região Nordeste, Brasil. A área estudada situa-se no município de Juazeiro, no Projeto Maniçoba de Fruticultura Irrigada – assentamento da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) (FONTE: figura adaptada a partir de mapas originais retirados da Secretaria executiva do Ministério dos Transportes e IBGE).

A escolha da variedade de manga a ser plantada é considerada um dos fatores econômicos mais importantes para o estabelecimento competitivo da mangicultura (Costa & Santos 2004). As variedades mais indicadas são as que apresentam alta produtividade, coloração atraente do fruto, preferencialmente avermelhado, polpa doce, pouca ou nenhuma fibra, além da resistência ao manuseio e ao transporte para mercados distantes. Outras qualidades também desejáveis são porte reduzido da copa, regularidade de produção e a

resistência a doenças como malformação floral, danos aos frutos provocados pela antracnose e lasiodiplodia, além da baixa incidência de colapso interno da polpa. Como a variedade ideal ainda não está disponível, cabe ao mangicultor procurar a variedade que associe o maior número de características desejadas que atendam ao mercado consumidor (Costa & Santos 2004).

Atualmente, a Tommy Atkins é a variedade mais cultivada e a que possui a maior participação no volume comercializado no mundo, devido principalmente a sua coloração intensa, produções elevadas e resistência ao transporte a longas distâncias. Entretanto, plantios comerciais baseados em apenas uma variedade correm sérios riscos biológicos (pragas e doenças) e econômicos. Assim, a diversificação de cultivares comerciais é de fundamental importância para proporcionar maior sustentabilidade ao agronegócio da manga na região (Costa & Santos 2004).

### 1.3 - Biologia floral e sistemas de polinização da mangueira

#### 1.3.1 - Morfologia floral

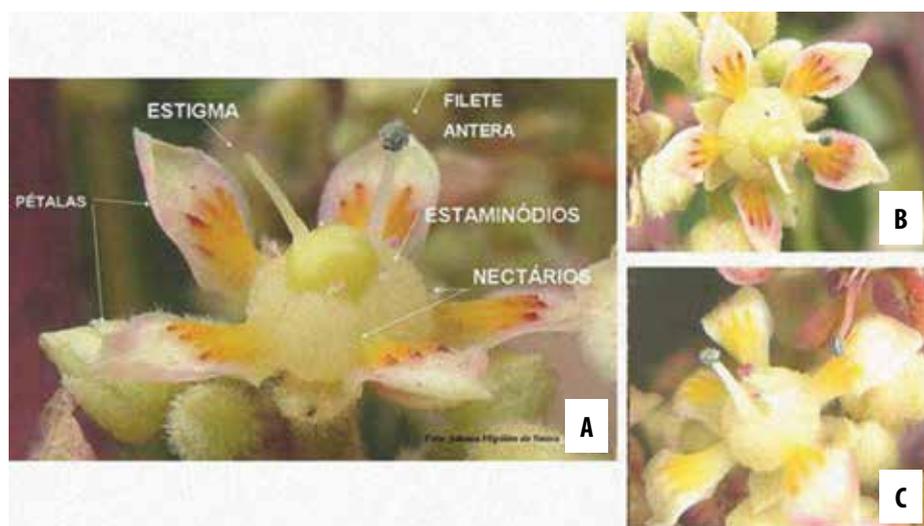
As flores de *Mangifera indica* (variedade Tommy Atkins) são reunidas em inflorescências do tipo panícula determinada de tamanhos variados, com comprimento de 10,0 cm a 42,5 cm e largura de 6,0 cm e 57,0 cm; com o número de flores nas inflorescências variando de 145 a 2.555, além dos botões em pré-antese.

Estas inflorescências são heteromorfas, ou seja, apresentam flores de dois tipos: monoclinas e estaminadas (**Figura 2**). As monoclinas ou perfeitas apresentam um ovário com uma câmara que contém um óvulo com o estilete disposto lateralmente, terminando em um único estigma, e também em posição lateral ao ovário, um único estame fértil (eventualmente, podem-se observar dois ou três estames férteis) (**Figura 2**). Além disso, nota-se a presença de estaminódios (estéreis - geralmente cinco destes).

Em termos quantitativos, de maneira geral, as flores monoclinas apresentam grande variação na quantidade, sendo encontradas em um percentual que varia de 19,8 a 95,2% nas inflorescências. Sua distribuição, no entanto, não é uniforme ao longo da inflorescência, observando-se que na base da inflorescência (porção inferior), as flores estaminadas são mais abundantes, resultado semelhante ao encontrado nos estudos

de Free (1993) e Siqueira *et al.* (2008), enquanto que no ápice da inflorescência (porção superior), não há diferença entre as abundâncias.

As flores apresentam entre quatro e sete pétalas e sépalas, independentemente de serem estaminadas ou monoclinas, sendo o *display* floral mais comum o de flores com cinco pétalas. As pétalas ovais e lanceoladas apresentam coloração vermelha, rosada ou amarela dependendo de seu



**FIGURA 2.** A. Detalhe da flor monoclina de *Mangifera indica* com referência às estruturas florais; B, Detalhe da flor monoclina C, Detalhe da flor estaminada. Fotos: Juliana Hipólito de Sousa

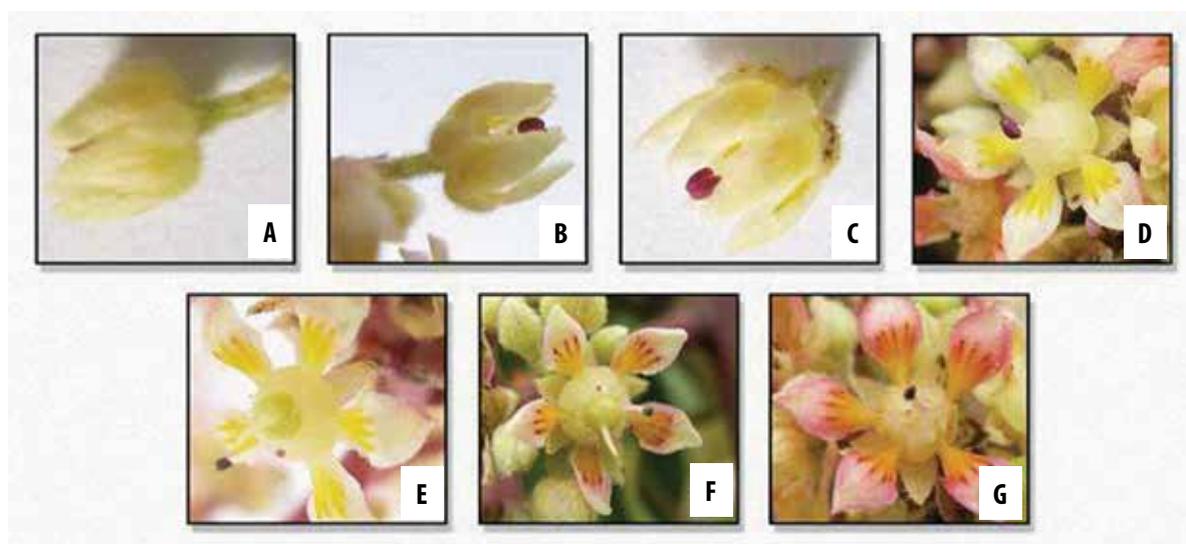
estádio, sendo indicativo da idade da flor (**Figura 3, Tabela 1**). O diâmetro médio das flores é de 7,8 mm e a profundidade média de 5,3 mm, caracterizando uma flor do tipo “prato”, ou seja, com morfologia simplificada, com nectários em forma de gomos, dispostos ao redor do ovário, de fácil acesso aos visitantes florais. Estes nectários posicionam-se na base das pétalas, nas flores estaminadas, e entre as pétalas e o ovário nas monoclinas, contendo uma fina camada de néctar que forma uma película sobre os mesmos.

Os botões florais ao se abrirem tornam-se flores que passarão por sete estádios distintos até o envelhecimento floral. Os estádios diferem pelas alterações na coloração e posição das pétalas, disponibilidade do néctar e deiscência das anteras (**Figura 3, Tabela 1**). Entre a antese e o murchamento, as flores permanecem disponíveis aos visitantes por três dias consecutivos, sem fechamento das mesmas. Durante esse período o estigma permanece receptivo e os grãos de pólen viáveis, de modo que as estruturas sexuais apresentam-se simultaneamente funcionais. O número médio de grãos de pólen nas anteras pode variar de 141 (presente estudo n=12) a 920 (Siqueira *et al.* 2008), para a mesma variedade

**Tabela 1.** Duração dos estádios florais e as alterações morfológicas marcantes das flores de *Mangifera indica*.

Estádios	Hora*	Evento
1		Flores em antese (iniciando a abertura), pétalas amarelas, antera de coloração rósea;
2	2 – 3h	Pétalas alguns milímetros mais distantes;
3	5 – 7h	Pétalas em posição perpendicular em relação ao ovário;
4	24h	Flores ainda jovens, pétalas completamente abertas de coloração ainda amarela;
5	27h	Anteras passam da coloração rósea para negra (deiscência das mesmas);
6	32h	Extremidades distais das pétalas apresentam coloração rósea;
7	48h	Flores rosa, quase vermelhas, anteras escuras, e filete passam de coloração branca para rosada.

\*A hora do evento se refere ao tempo decorrido após a antese que nos botões marcados ocorreu entre 8:00 e 8:30.



**Figura 3.** Estádios do desenvolvimento das flores de *Mangifera indica*: (A), flor em antese; (B), pétalas um pouco mais abertas; (C), pétalas em posição perpendicular ao ovário; (D), um dia após a antese (24h) com flor ainda jovem; (E), anteras sofrem deiscência (27h após a abertura); (F), flor com extremidades distais das pétalas com coloração rósea; (G), Flores mais escuras, totalmente róseas (48h após a antese). Fotos: Juliana Hipólito de Sousa.

### 1.3.2 - Sistemas sexuais e polinização

A partir dos experimentos de polinização realizados (grupo controle, autopolinização espontânea, geitonogamia e polinização cruzada manual), conclui-se que as flores são autocompatíveis, apomíticas e que ocorre a autopolinização espontânea, sugerindo a independência dessa cultura em relação aos polinizadores. A taxa de frutificação entre os tratamentos não diferiu estatisticamente ( $F=0,940$ ;  $\alpha=0,452$ ).

Entretanto, resultados de estudos realizados em outras culturas que, em alguns casos, não requerem obrigatoriamente os “serviços” dos polinizadores para assegurar a sua reprodução, revelaram que a polinização cruzada mediada por vetores bióticos de pólen, incrementa a variabilidade genética nessas populações e aumenta a produção de frutos e sementes (Free 1993).

No caso do kiwi (*Actinia deliciosa* A. Chev.) (Hopping 1976 *apud* Free 1993) e da alfafa (*Medicago sativa* L.) (Free 1993), por exemplo, a polinização cruzada biótica gera frutos de melhor qualidade, maior vigor e maior peso. Experimentos realizados com melão (*Cucumis melo* L.) indicam que cultivos adensados com abelhas *Apis mellifera* L. produziram frutos mais doces (Mc Gregor & Todd 1952 *apud* Free 1993) e com maior peso (Williams 1987 *apud* Free 1993, Sousa *et al.* 2009); com pêra (*Pyrus communis* L.) a presença de polinizadores (*Osmia cornuta* Latreille 1805), aumentou substancialmente a produção de frutos e sementes (Maccagnani *et al.* 2003), semelhante ao encontrado para a gabiroba (*Campomanesia* spp., família Myrtaceae) por Almeida *et al.* (2000).

Na goiaba (*Psidium guajava* L. família Myrtaceae), há o incremento da produção com a polinização cruzada (Alves & Freitas 2007). No caju (*Anacardium occidentale* L.), pertencente à mesma família da manga (Anacardiaceae), a polinização cruzada não só produz frutos maiores, mas a maior parte dos frutos gerados por autopolinização é abortada em cerca de 9 a 15 dias (De Holanda-Neto *et al.* 2002). Assim, embora ainda careça de testes, a polinização cruzada mediada por agentes bióticos pode estar contribuindo para a melhoria da qualidade dos frutos e menor quantidade de abortos na mangueira.

Além do aumento da variabilidade genética, a polinização cruzada pode resultar em um fenômeno denominado *metaxênia*. O termo *metaxênia* é utilizado para designar o efeito da fertilização do óvulo por pólen advindo de flores de indivíduos diferentes, no embrião e/ou no endosperma, alterando suas características genéticas e proporcionando mudanças qualitativas e quantitativas, como aumento de peso e tamanho dos frutos, quantidade de sementes, porcentagem de suco, peso da semente e aceleração da maturação. Tais efeitos são resultantes da produção de enzimas ou hormônios pelo embrião formado pelo pólen exógeno. Essa *metaxênia* pode ser resultado da troca de pólen entre indivíduos da mesma espécie ou entre cultivares agrícolas, sendo que é mais comumente observado em culturas agrícolas, uma vez que existe o interesse na alteração das propriedades do fruto, tornando-o mais atrativo para o mercado. Assim, a *metaxênia* não é uma consequência obrigatória da polinização cruzada.

Apesar de ser pouco conhecido, o fenômeno foi descrito há muito tempo. Nebel & Trump (1932) demonstraram a *metaxênia* em macieiras (*Pirus malus*, L.), obtendo frutos maiores e mais pesados. Mais recentemente, Andrade & Pereira (2005) apresentam resultados de estudos realizados por outros autores em fruteiras como a macieira, a pereira e o pistache, nos quais a polinização cruzada resultou em frutos maiores e mais pesados. Assim, a polinização cruzada além de garantir a variabilidade genética, contribui diretamente para melhorar a renda do produtor, ao prover melhoramento qualitativo e quantitativo nos frutos.

Além dos insetos, o vento e a gravidade podem atuar como vetores de pólen entre as flores da mangueira. Testes de anemofilia (polinização pelo vento) realizados na área de estudo indicaram resultados positivos, ou seja, os grãos de pólen foram encontrados aderidos às armadilhas adesivas o que indica a possibilidade dos mesmos dispersarem-se alcançando o estigma de flores de plantas diferentes (Sousa *et al.* 2010) (**Figura 4**).



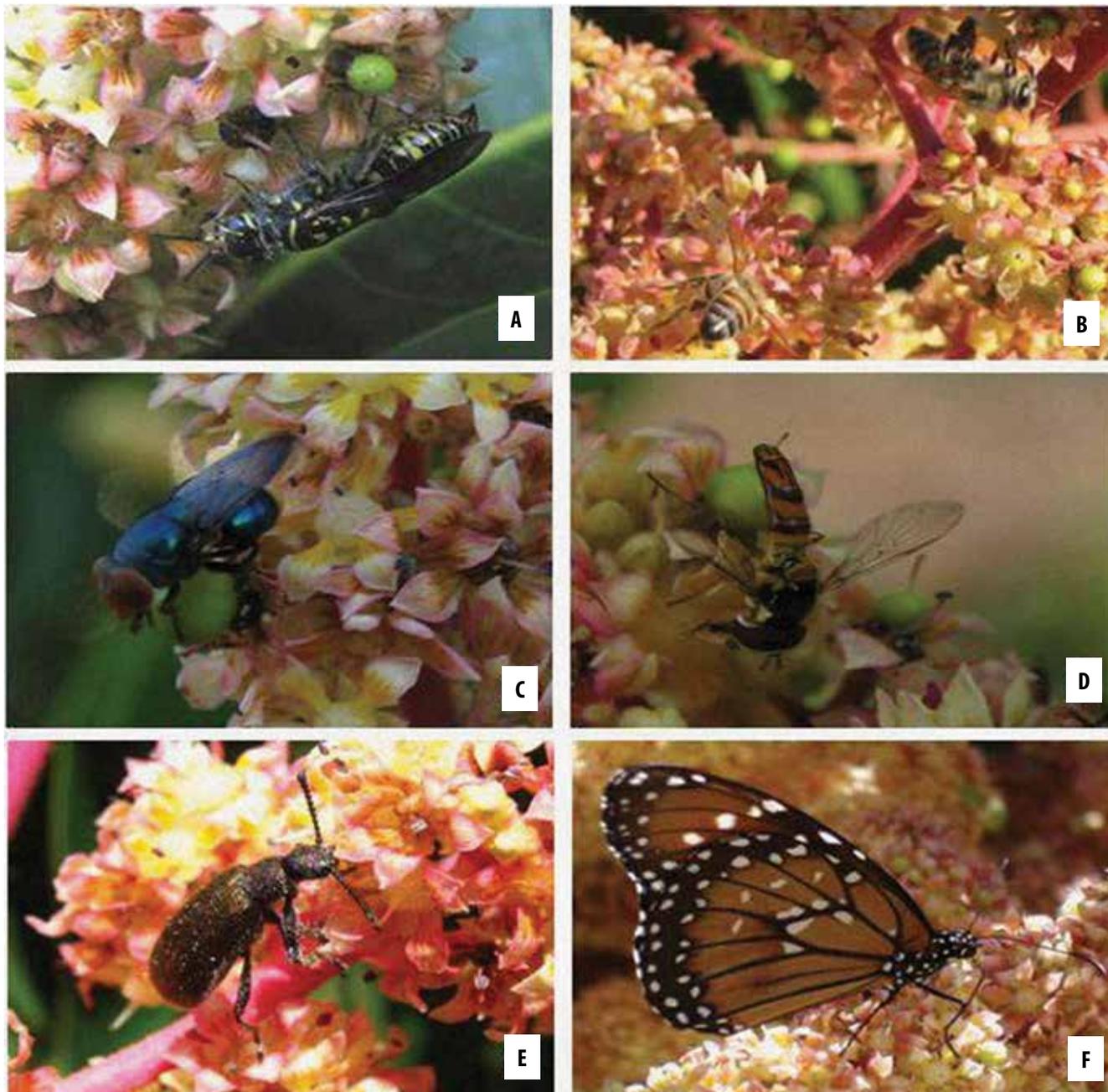
**FIGURA 4.** (A), Teste de Anemofilia em *Mangifera indica* com armadilhas instaladas entre árvores na plantação; (B), Detalhe da armadilha, demonstrando as placas com os furos para a adesão dos grãos de pólen. Fotos: Juliana Hipólito de Sousa.

Contudo, o sucesso da polinização pelo vento deve ser menor do que aquele realizado pelos agentes bióticos (insetos) devido, provavelmente, ao reduzido tamanho da flor e às características dos grãos de pólen, que acabam impedindo o transporte eficiente desses grãos para áreas mais distantes que as da planta focal. Os insetos, por outro lado, por voarem entre flores e entre plantas, dispersam mais eficientemente o pólen, ressaltando, assim, a sua importância para a polinização da manga.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Visitantes florais e potenciais polinizadores

As flores da mangueira exalam um odor adocicado e atraem um grande número de insetos (**Figura 5**). Estes se alimentam principalmente do néctar, que fica exposto na superfície dos nectários. O pólen é produzido em quantidades relativamente pequenas, e é utilizado por poucas espécies (Anderson *et al.* 1982).



**Figura 5:** Insetos observados nas flores da Mangueira. (A) Vespa (Hymenoptera), (B) Abelha melífera (Hymenoptera), (C) Mosca Calliphoridae (Diptera), (D) Mosca Sirfidae (Diptera), (E) Besouro (Coleoptera) e (F) Mariposa (Lepidoptera). Fotos: Juliana Hipólito e Luciano Carvalho.

Estudos realizados na mangueira demonstram que a composição de insetos que visitam as flores da manga é muito variável (**Tabela 2**), e a importância deles como polinizadores não é bem conhecida.

**Tabela 2.** Composição da guilda de visitantes florais de *Mangifera indica*, em termos de ordens de insetos.

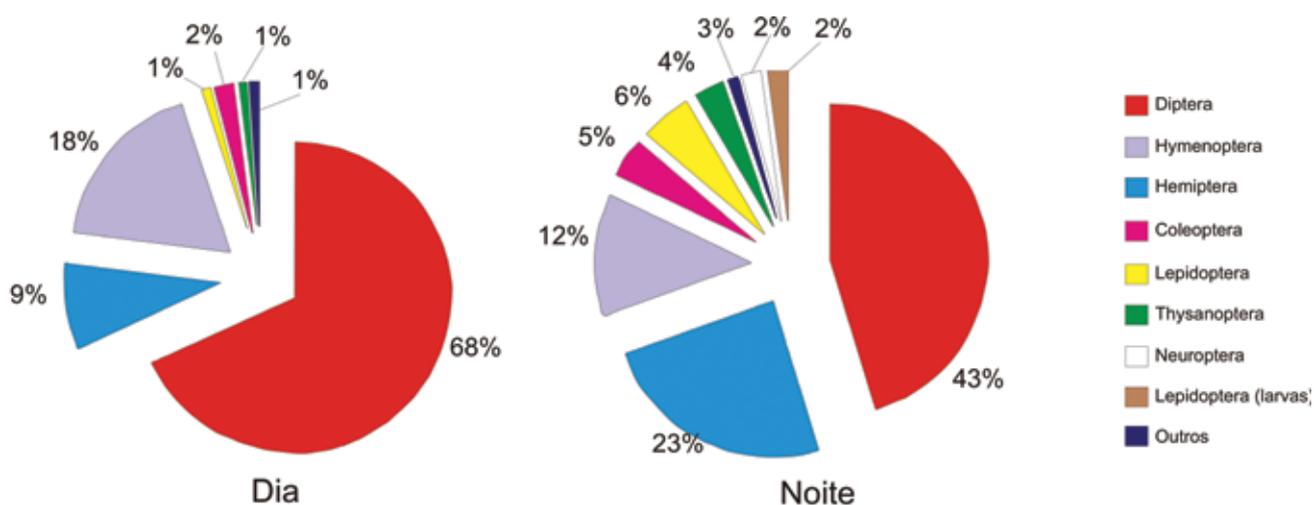
Autor	Local	Composição da fauna visitante				
		Diptera	Hymenoptera	Coleoptera	Lepidoptera	Thysanoptera
Spencer & Kennard (1995)	Trindade	49 e 37%	21 e 22%	--	--	11 e 25%
Simão & Maranhão (1959)	Brasil	20%	21%	--	10%	--
Jirón & Hedström (1985)	Costa Rica	51,60%	3,60%	11,60%	33%	--
Siqueira <i>et al.</i> (2008)*	Brasil	17,70%	45,60%	--	2,92%	--
Presente estudo	Brasil	81,00%	10,80%	3,80%	2,10%	1,30%

\*No trabalho de Siqueira *et al.* (2008) foi considerado apenas o cultivo convencional, pelo fato de no presente trabalho a cultura também ser de cultivo convencional e não orgânico.

Estudos mais específicos, na região de Juazeiro, os visitantes florais coletados em duas árvores de posição central no cultivo, em julho de 2005, ao longo de 24 horas com auxílio de rede entomológica, foram insetos, dentre os quais 68% pertencem à Ordem Diptera, sendo os demais 32% pertencentes a outras ordens como p. ex. Hymenoptera, Coleoptera e Lepidoptera. Estes visitantes foram mais abundantes durante o dia (6-17h) do que à noite (18-5h) (**Figura 6**). Em ambos os períodos, o grupo dos Diptera é o mais abundante, constituindo 68% dos visitantes diurnos e 43% dos noturnos.

A maioria dos insetos visitantes florais amostrados nas flores da mangueira em Juazeiro, BA, possui corpo com menos de 3 mm de comprimento (82%); esses insetos são menos efetivos na polinização da mangueira, pois ao se alimentarem nas flores não tocam as suas partes reprodutivas (estigma e antera) (Anderson *et al.* 1982).

Porém, a importância desses insetos “menos efetivos” não deve ser desconsiderada, pois, se eles forem muito mais abundantes que aqueles considerados “mais efetivos”, ou seja, aqueles que se alimentam com o corpo próximo às partes reprodutivas das flores e carregam grande quantidade de grãos de pólen, eles podem realizar grande parte dos “serviços” de polinização (o que parece acontecer no Vale do Submédio São Francisco).

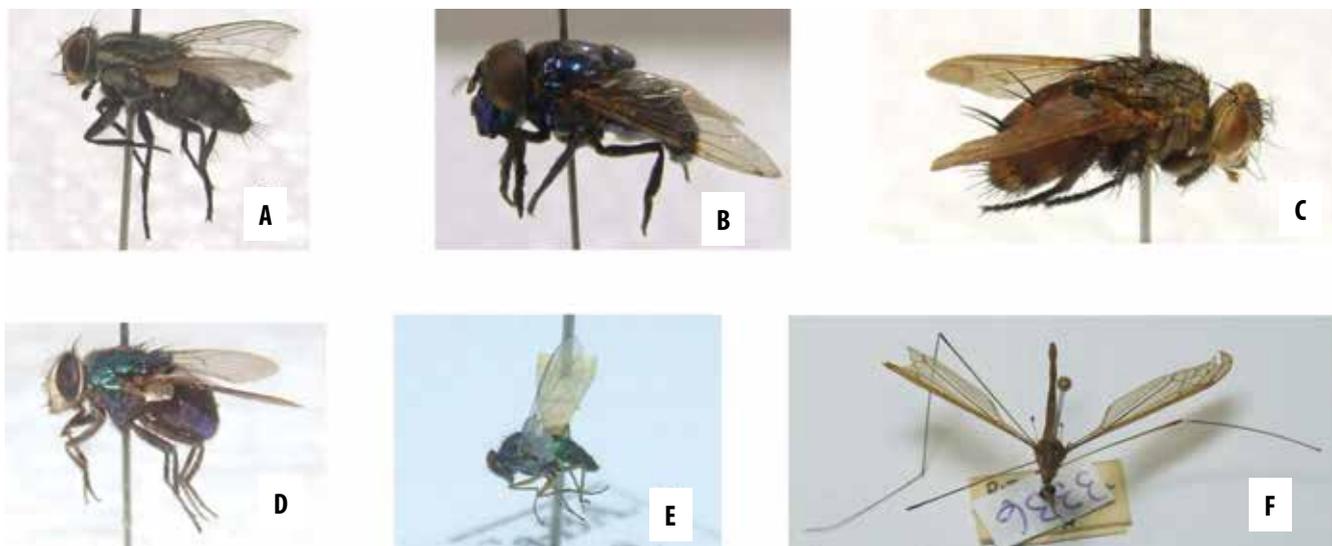


**FIGURA 6.** Composição da fauna de visitantes, diurnos e noturnos, em ordens de insetos, das flores *Mangifera indica*.

Os testes de eficiência dos potenciais polinizadores da manga não foram bem sucedidos em virtude das limitações físicas oferecidas pelas pequenas dimensões das flores da mangueira, aliadas à elevada densidade floral nas inflorescências. Tais aspectos tornaram a metodologia inviável. Dessa maneira, os potenciais polinizadores são indicados a partir de inferências feitas com base na morfologia das espécies visitantes, compatibilidade de tamanho e comportamento nas flores, uma vez que esses atributos permitam ao animal contatar as estruturas reprodutivas das flores (apesar de não ter sido verificada a presença de grãos de pólen viáveis no corpo dos visitantes).

Pode-se inferir, então, pelas características das flores da mangueira, que os seus potenciais polinizadores, dentre os visitantes observados em Juazeiro, são as moscas das famílias: Calliphoridae, Chironomidae, Dolichopodidae, Milichidae, Muscidae, Otitidae, Sarcophagidae, Syrphidae, Tachinidae, Tephritidae e Tipulidae (**Figura 7**), por apresentarem as seguintes características morfológicas: a) pêlos na região ventral, local de contato com as estruturas reprodutivas da flor, que permitem o transporte passivo de grãos de pólen viáveis; b) tamanho compatível com as dimensões florais; e c) aparelho bucal do tipo lambedor-embebedor, eficiente na coleta do néctar produzido em nectários em discos, pelas flores da mangueira.

Em segundo lugar estariam as abelhas, principalmente as pequenas como as espécies de meliponíneos, *Plebeia* sp. e *Tetragonisca angustula*, com tamanho corporal entre 4 e 10 mm, que ocorrem nessa região. Essas abelhas coletam ativamente nas flores da mangueira, tocando com frequência as partes reprodutivas das flores. Em estudos, citados por Free (1993), há relatos de observações de que as abelhas da espécie *Apis mellifera*, geralmente, tocavam as partes reprodutivas das flores da mangueira quando as visitavam, e todas as que foram examinadas tinham pólen aderido ao corpo. Siqueira *et al.* (2008, em estudo realizado na região com a mesma variedade de mangueira), também sugeriu que *Apis mellifera* teria papel importante na polinização dessa cultura.



**Figura 7.** Algumas Famílias de Moscas que visitam as inflorescências de *Mangifera indica* registradas no Vale do São Francisco: (A) Sarcophagidae; (B) Syrphidae; (C) Tachinidae; (D) Calliphoridae; (E) Dolichopodidae; (F) Tipulidae. Fotos: Juliana Hipólitude Sousa. Identificação: Prof. Luiz Augusto Mazarolo.

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Sustentabilidade dos serviços de polinização

Os polinizadores realizam os serviços de polinização ao transferirem os grãos de pólen das anteras para o estigma da flor, viabilizando assim a primeira etapa do desenvolvimento das sementes e frutos. Mas, como mencionado anteriormente, apesar da manga ser relativamente independente dos serviços da polini-

zação cruzada, intermediada principalmente pelos insetos, para a sua reprodução, esses insetos devem desempenhar importante papel na manutenção do fluxo gênico nas populações dessa cultura, garantindo a variabilidade genética, tornando as populações menos susceptíveis às mudanças ambientais e contribuindo para melhoria da qualidade dos frutos, tanto nos aspectos físicos, como tamanho, peso, coloração e formato, quanto organolépticos.

Esse serviço realizado pelos polinizadores não gera custos adicionais aos produtores, eles polinizam sem ônus, e sem a sua presença seria um processo extremamente oneroso para os produtores, principalmente, na mangueira, visto que a transferência manual do pólen é complexa, devido ao pequeno tamanho da sua flor. Assim, a presença dos insetos polinizadores na plantação de mangueiras pode representar a garantia de bons frutos e talvez, de maior quantidade desses.

A perda de polinizadores autóctones em sistemas agrícolas pode ocorrer tanto pelo envenenamento direto por agrotóxicos quanto pela perda do habitat natural, que reduz a oferta de recursos tróficos e locais de nidificação (Kevan & Viana 2003).

No Vale do Submédio São Francisco o sistema de produção agrícola está baseado na monocultura, que cria ambiente extremamente instável, suscetível à infestação de pragas (Root 1973 *apud* Altieri 1989), favorecendo assim, o uso de agrotóxicos para combatê-las que acabam eliminando tanto os inimigos naturais dessas pragas quanto os potenciais polinizadores.

Na região, por enquanto, parece não haver limitação de polinizadores para a mangueira. Entretanto, antes que as populações dos polinizadores fiquem limitadas pela ação antrópica, comprometendo os serviços de polinização, são necessárias implantações de medidas preventivas imediatas para a conservação desses insetos, como mencionadas abaixo.

### 3.2 - Propostas de manejo

Para conservar as populações de polinizadores, é preciso evitar, ao máximo, pulverizações de inseticidas durante o período de floração. Porém, muitas pragas atacam justamente nesse período. É necessário, portanto, recorrer aos inseticidas orgânicos, feromônios e controle biológico, que possuem ação mais específica e estão disponíveis em lojas especializadas. Vários exemplos de inseticidas alternativos são descritos por Barbosa *et al.* (2006) e foram testados pela EMBRAPA.

Dentre as pragas de maior importância econômica para a cultura da manga, destacam-se as moscas-das-frutas (Tephritidae). Para controlar sua população, foram introduzidas no Brasil em 1994 vespas parasitóides (família Braconidae). Esses parasitóides localizam as larvas das moscas-das-frutas no interior dos frutos e ovopositam no corpo da larva da mosca. Sua larva consome a mosca quando esta atinge a fase de pupa, no solo. Recentemente, uma biofábrica se instalou em Juazeiro, BA, com o objetivo de produzir machos estéreis da mosca-da-fruta (*Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824, Tephritidae), o que parece ser uma alternativa ainda mais promissora. A biofábrica pretende liberar 200 milhões de machos estéreis por semana, o que deve ser suficiente para causar uma supressão populacional nas áreas de fruticultura.

Há também as lagartas-de-fogo (Megalopygidae); para combatê-las é possível fazer pulverizações com o *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (uma bactéria encontrada naturalmente no solo, utilizada como inseticida biológico). Seu custo varia de U\$ 7 a 15 para um hectare. Ovos de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae)

também são comercializados, e estes atuam como controle biológico de ácaros, pulgões, cochonilhas, lagartas e trips. O fungo *Metarrizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, 1883 é usado também para combater cigarrinhas, cupins e trips.

No combate aos ácaros *Eriophyes mangifera* Sayed, 1946 que atacam a mangueira, podem ser usados o enxofre, que praticamente não é tóxico, ou o óleo de algodão. O ácaro *Aceria mangifera* Sayed, 1946 pode ser controlado com o uso de quinometionato, que é pouco tóxico e é recomendado pelo Programa de Produção Integrada de Fruteiras (PIF), do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

Essas práticas são recomendadas pelo PIF – MDA e têm por objetivo a melhoria do processo de produção e da conservação ambiental, minimizando a poluição das águas, do ar e do solo, garantindo a qualidade do produto final e a qualidade de vida dos consumidores. A PIF é uma tentativa de reduzir os custos da produção e do impacto ambiental e a elevação da qualidade e do rendimento do pomar, visando à competitividade da produção (já que esta é melhorada) e uma produção sustentável (Tavares *et al.* 2001).

Propomos também o emprego de outras práticas de manejo que visam o aumento das populações dos polinizadores. O emprego dessas técnicas só é recomendável no caso de comprovada limitação de polinizadores na região. Nesse caso, essas práticas poderão ser inseridas nas recomendações do Programa de Produção Integrada de Fruteiras e da Produção Orgânica, exclusivamente para regiões onde seja comprovado déficit nos serviços de polinização, na cultura da mangueira.

Cada uma dessas práticas deve ser testada separadamente considerando dois grupos experimentais que deverão ser comparados quanto: à abundância do inseto que se deseja aumentar a população; e à produtividade das mangueiras, como mencionado no item anterior.

Dentre essas práticas, destacamos:

### 3.2.1 - Criação de Abelhas

Algumas abelhas, principalmente as abelhas sociais nativas sem-ferrão, cujo manejo é recomendável para áreas agrícolas, por serem mansas e de fácil manuseio, são recomendadas para a polinização da mangueira (Anderson *et al.* 1982) A meliponicultura, ou seja, a criação dessas abelhas, está bem corroborada no Brasil. Há inúmeras técnicas adotadas que podem ser utilizadas na região (Nogueira-Neto 1997). Assim, recomenda-se ao produtor procurar um técnico local para orientá-lo no emprego dessas práticas.

### 3.2.2 - Criação de Diptera saprófagos

A criação dos Diptera, potenciais polinizadores da mangueira, é uma prática utilizada em vários países da Ásia, no entanto, dado o risco de contaminação e proliferação de doenças, o emprego dessa prática deve ser cuidadosamente supervisionado por técnicos especializados.

Na Malásia, por exemplo, há criação de moscas para a polinização, usando restos de peixe como substrato, durante o curto período de floração. Essa prática, no entanto, não deve ser usada muito próxima a residências, para evitar a transmissão de doenças, e nem próxima a criações de animais, para evitar miíases (bicheiras).

Roubik (1995) recomenda o uso de recipientes (garrafas PET cortadas ou sacos plásticos perfurados por todos os lados) nos quais é colocado meio quilo de carne ou peixe, após serem deixados no sol por alguns dias para que as moscas ponham seus ovos. As garrafas ou sacos com a carne ou peixe devem ser pendurados em

ramos baixos das mangueiras na plantação, em uma concentração de um recipiente para cada 8 a 10 árvores. As moscas adultas emergem em menos de uma semana durante o verão. Em menos de duas semanas a abundância de moscas aumenta drasticamente, sendo suficiente para polinizar toda a floração de mangueiras em uma plantação. Ao contrário das abelhas, as moscas não retornam para um domicílio fixo, e se dispersam rapidamente pela plantação.

Após a polinização, é necessário remover os recipientes para não acumular água parada, onde mosquitos (Culicidae) se reproduzem. Os resíduos podem ser adicionados em uma composteira.

O emprego dessa técnica deve ser cuidadosamente supervisionado por um técnico.

No Brasil Central, Pinto (1995), em experimentos controlados de hibridação, empregou uma técnica denominada "método do cruzamento múltiplo", na qual, uma árvore, com ramos enxertados de vários cultivares é isolada por meio de um telado, onde esterco de galinha úmido é usado como substrato para a reprodução das moscas. O uso de esterco, porém, pode propiciar a contaminação dos frutos por ovos de helmintos e microorganismos patogênicos transportados pelas moscas.

Embora a criação de moscas tenha sido empregada com êxito em alguns países, nos não a recomendamos em plantações comerciais de mangueira, como na região do Agropolo de Petrolina/Juazeiro, pois o risco dessa prática na transmissão de doenças, inviabiliza a sua adoção na Produção Integrada de Frutas.

### 3.2.3 - Práticas agroecológicas que podem beneficiar os polinizadores

Práticas agroecológicas que viabilizam a manutenção dos habitats dos polinizadores devem ser encorajadas, como por exemplo, os sistemas de policulturas e a adubação verde, o cultivo mínimo e os sistemas agroflorestais (SAFs), que contribuem para o aumento da biodiversidade nos sistemas agrícolas, favorecendo os polinizadores ao oferecer uma maior disponibilidade de fontes alternativas de recursos tróficos e de locais para nidificação e/ou oviposição (Kevan *et al.* 1990), além de oferecer abrigos para os inimigos naturais das pragas e reduzir a necessidade do uso de agrotóxicos (Altieri 1989).

Policulturas (consórcios) são amplamente recomendadas, principalmente pela Embrapa, por proporcionarem aos pequenos agricultores maior produtividade por hectare, pois várias culturas podem ser cultivadas simultaneamente com o mesmo espaçamento que seria usado para cada uma em uma monocultura, ou um espaçamento um pouco maior. Consórcios também permitem a produção de culturas de ciclo curto enquanto as de ciclo longo ainda estão se desenvolvendo. Outra vantagem dos consórcios é a maior estabilidade na renda da família, pois se um cultivo sofre uma baixa na produção em um ano, ainda se pode contar com as outras culturas (Altieri 1989).

Deve-se, portanto incentivar o cultivo de espécies anuais nas entrelinhas que, inclusive, serão fontes alternativas de recursos aos polinizadores. Na região já vem sendo adotada essa prática de cultivo consorciado, antes da mangueira atingir idade para produção, com o cultivo de maracujá que também é uma cultura economicamente importante e lucrativa na região.

Entretanto, o consórcio também pode ser utilizado quando as árvores da mangueira estão em idade reprodutiva. Para esta cultura é recomendado o plantio de culturas temporais de porte médio a baixo como o abacaxi, feijão, mamona, amendoim, girassol e milho a uma distância de 1,0 m a 1,5 m das árvores da mangueira (Cunha 2004, Finetto 2008).

Contudo, a escolha da cultura em consórcio deve ser estudada antes de sua implantação, pois algumas plantas devem estar em associação apenas em determinados períodos, como por exemplo, a mamona que é recomendada apenas nos primeiros anos (Finetto 2008), ou mesmo porque dependendo da região, algumas culturas em consórcio podem trazer problemas fitossanitários, aumentando o risco de ocorrência de doenças (Cunha 2004).

Já a adubação verde, por outro lado, consiste no cultivo de outras espécies nas entrelinhas, com a finalidade de incorporar nutrientes ao solo, como o N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na (Silva *et al.* 2005), reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. Outro benefício das coberturas vegetais é a inibição do crescimento de ervas daninhas, devido à produção de compostos aleloquímicos (Carvalho & Castro Neto 2002). Em consórcios com a manga devem ser evitadas espécies trepadoras, como as mucunãs e o feijão.

Uma estratégia sugerida para a manutenção das populações dos visitantes florais nas áreas cultivadas é a oferta de fontes alternativas de recursos, tanto de néctar como de pólen, pois abelhas que estejam à procura de pólen podem visitar também as flores da cultura de interesse. As espécies fornecedoras de néctar devem ser roçadas durante a floração das mangueiras, para que os polinizadores visitem as flores da manga. Entre as espécies utilizadas para a adubação verde, o guandu (*Cajanus cajan* L.) (Heard 1999, Mendes 1992), o girassol (*Helianthus annuum* L.) (Carvalho *et al.* 1999, Heard 1999), o gergelim (*Sesamum indicum* L.) (Heard 1999, Marchini *et al.* 2001) e o milho (*Zea mays* L.) são visitados por abelhas e constituem fontes alternativas para o forrageio, além de suas sementes serem comestíveis.

### 3.2.4 - Manejo das áreas de entorno

Além da área cultivada, um manejo adequado da caatinga circundante aos plantios também pode ser uma boa forma de manter populações adequadas de polinizadores. Em Juazeiro, cada pequena propriedade possui uma área de sequeiro, onde a caatinga deve ser preservada.

Para fornecer abrigos para a nidificação das abelhas, as áreas de sequeiro também podem ser enriquecidas com a imburana-de-cambão, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett. (Burseraceae), a catingueira, *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Caesalpinaceae) e a braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae), árvores cujos ocos são muito utilizados por abelhas sem ferrão da tribo Trigonini (Martins *et al.* 2004). A imburana (*C. leptophloeos*) é também especialmente importante para abelhas do gênero *Xylocopa*, que polinizam o maracujá, cultura também importante economicamente na região.

Se essas árvores puderem ser reproduzidas por estaquia, poderão ser utilizadas também como mourões vivos para cercas, oferecendo abrigo extra para a nidificação de abelhas. O plantio dessas espécies só dará resultados em longo prazo, depois que as árvores estiverem envelhecidas com partes ocas em seus troncos, mas é uma alternativa barata que no futuro pode representar a diferença entre a necessidade ou não da criação de polinizadores. As abelhas da tribo Trigonini costumam nidificar também em alguns cipós e raízes de árvores na Caatinga (M.S. Castro, comunicação pessoal), e são necessários estudos para identificar as espécies mais frequentemente utilizadas por essas abelhas, na região.

Como fonte de alimento extra, pode-se substituir as cercas de arame farpado por fileiras densas de arbustos com espinhos, que ofereçam recursos florais, como é o caso da jurema-preta, *Mimosa tenuiflora* Wild (Mimosaceae).

#### 4. Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial.
- AGRIANUAL. 2002. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP.
- ALMEIDA, M.J.O.F., NAVES, R.V. & XIMENES, P.A. 2000. Influência das abelhas (*Apis mellifera*) na polinização da Gabiroba (*Campomanesia* spp.). Pesquisa Agropecuária Tropical 30:25-28.
- ALTIERI, M.A. 1989. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. PTA-FASE, Rio de Janeiro.
- ALVES, J.E. & FREITAS, B.M. 2007. Requerimentos de polinização da goiabeira. Ciência Rural 37:1281-1286.
- ANDERSON, D.L., SEDGLEY, M., SHORT, J.R.T. & ALLWOOD, A.J. 1982. Insect pollination of mango in northern Australia. Australian Journal of Agricultural Research 33:541-548.
- ANDRADE, J.A.C. & PEREIRA, F.C.D. 2005. Uso do efeito xênia em híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L.). Revista Brasileira de Milho e Sorgo 4:65-78.
- BARBOSA, F.R., SILVA, C.S.B. & CARVALHO, G.K.L. 2006. Uso de inseticidas alternativos no controle de pragas agrícolas. Documentos, 191, EMBRAPA Semiárido, p.1-47.
- CARVALHO, C.A.L., MARCHINI, L.C. & ROS, P.B. 1999. Fontes de pólen utilizadas por *Apis mellifera* L. e algumas espécies de Trigonini (Apidae) em Piracicaba, SP. Bragantia 58:49-56.
- CARVALHO, J.E.B. & CASTRO NETO, M.T. 2002. Manejo de plantas infestantes. In A cultura da mangueira (P.J.C. Genú & A.C.Q. Pinto, eds.). Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 145-164.
- COSTA, J.G. & SANTOS, C.A.F. 2004. Cultivo da Mangueira. Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/plantio.htm>.
- CUNHA, G.A.P. 2004. Cultivo do Abacaxizeiro - Consorciação e Rotação de Culturas. Comunicado Técnico, 108, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas – BA.
- CUNHA, G.P., SAMPAIO, J.M.M., NASCIMENTO, A.S., SANTOS FILHO, H.P. & MEDINA, V.M. 1994. Manga para exportação: aspecto técnico da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI Série publicações técnicas Frupep, v.8., p.1-35.
- DE HOLANDA-NETO J.P., FREITAS B.M., BUENO D.M. & DE ARAUJO Z.B. 2002. Low seed/nut productivity in cashew (*Anacardium occidentale*): Effects of self-incompatibility and honey bee (*Apis mellifera*) foraging behavior. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 77:226-231.
- FAO. 2007 [www.fao.org.br](http://www.fao.org.br).
- FERNANDES, F.P. & MARTINS, M.I.E.G. 2004. Mercado Internacional de Manga. [http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii\\_cbf/socio\\_economia/894.htm](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/socio_economia/894.htm).
- FINETTO, M. 2008. Dois melhor que um. Revista Frutas e Derivados ano 3, ed.11.
- FREE, J.B. 1993. Insect pollination of crops. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, Londres.
- GENÚ, P.J.C. & PINTO, A.C.Q. 2002. A Cultura da Mangueira. Brasília: Embrapa, p.1-454.

- HEARD, T.A. 1999. Stingless bees and crop pollination. *Annual Review of Entomology* 44:183-206.
- IBGE. 2005. [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/estatisticas\\_previsao\\_safras/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/estatisticas_previsao_safras/default.shtm).
- IBGE. 2007. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impressao.php?id\\_noticia998](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia998).
- JIRÓN, L.F. & HEDSTRÖM, I. 1985. Pollination ecology of mango (*Mangifera indica* L.) (Anacardiaceae) in the Neotropical region. *Turrialba* 35:269-277.
- KEVAN, P.G. & VIANA, B.F. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity* 4:1-8.
- KEVAN, P.G., CLARK, E.A. & THOMAS, V.G. 1990. Insect pollinators and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 5:12-22.
- MACCAGNANI, B., LADURNER, E., SANTI, F. & BURGIO, G. 2003. *Osmia cornuta* (Hymenoptera, Megachilidae) as a pollinator of pear (*Pyrus communis*): fruit- and seed-set. *Apidologie* 34:207-216.
- MARCHINI, L.C., MORETI, A.C.C.C., TEIXEIRA, E.W., SILVA, E.C.A., RODRIGUES, R.R. & SOUZA, V.C. 2001. Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do estado de São Paulo. *Scientia Agricola* 58:413-420.
- MARTINS, C.F., CORTOPLASI-LAURINO, M., KOEDAM, D. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. 2004. Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó, PB, João Câmara, RN). *Biota Neotropica* 4:1-8.
- MENDES, J.N. 1992. Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandú (*Cajanus cajan* L. Mills). Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda, Ituverava.
- MOUCO, M.A.C. 2004. Cultivo da Mangueira. Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/plantio.htm>.
- MUKHERJEE, S.K. 1953. The mango – its botany, cultivation, uses and future improvement, specially as observed in India. *Economic Botany* 1:130-162.
- NEBEL, B.R. & TRUMP, I.J. 1932. Xenia and metaxenia in apples. *Genetics: nebel and trump. Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 18:356-359.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão. Editora Nogueirapis.
- PIMENTEL, C.R.M., ALVES, R.E. & FILGUEIRAS, H.A.C. 2000. Manga - pós-colheita. Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicação para Transferência de Tecnologia. *Frutas do Brasil*, v.2, p.1-40.
- PINTO, A.C.Q. 1995. Melhoramento da mangueira (*Mangifera indica* L.) no ecossistema do Cerrado do Brasil Central por meio da hibridação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30:369-374.
- ROUBIK, D.W. 1995. Applied pollination in tropical America. *Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO Agricultural Services Bulletin* 118, p.1-198.
- SILVA, D.A.M. 2000. Mangueira (*Mangifera indica* L.) Cultivo Sob Condição Irrigada. 2ª ed. Recife SEBRAE/PE.

- SILVA, M.S.L., GOMES, T.C.A., MACHADO, J.C.M., SILVA, J.A.M., CARVALHO, N.C.S. & SOARES, E.M.B. 2005. Produção de fitomassa de espécies vegetais para adubação verde no Submédio São Francisco. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido, n. 71.
- SILVA, P.C.G. & CORREIA, R.C. 2004. Cultivo da mangueira. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/socioeconomia.htm>.
- SIMÃO, S. & MARANHÃO, Z.C. 1959. Os insetos como agentes polinizadores da mangueira. In Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p.299-304.
- SIMÃO, S. 1971. Manual de fruticultura. São Paulo, Ceres.
- SIQUEIRA, K.M.M., KIILL, L.H.P., MARTINS, C.F., LEMOS, I.B., MONTEIRO, S.P. & FEITOZA, E.A. 2008. Estudo comparativo da polinização de *Mangifera indica* L. em cultivo convencional e orgânico na região do Vale do Submédio do São Francisco. Revista Brasileira de Fruticultura 30:303-310.
- SOUSA, J.H., PIGOZZO, C.M., VIANA, B.F. 2012. Polinização de Manga (*Mangifera indica* L. – Anacardiaceae) variedade Tommy Atkins, no Vale do São Francisco, Bahia. Oecologia Brasiliensis 14:165-173.
- SOUSA, R.M, AGUIAR, O.S., FREITAS, B.M., SILVEIRA NETO, A.A., PEREIRA, T.F.C. 2009. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú - CE - Brasil. Caatinga 22:238-242.
- SPENCER, J.L. & KENNARD, W.C. 1995. Studies on mango (*Mangifera indica* L.) fruit set in Puerto Rico. Tropical Agriculture 32:323-330.
- TAVARES, S.C.C.H, COSTA, V.S.O, SANTOS, C.A.P, MOREIRA, W.A, LIMA, M.F & LOPES, D.B. 2001. Monitoramento de Doenças na Cultura da Mangueira. Documentos da Embrapa Semiárido, n. 158.



### Aspectos da polinização de *Annona coriacea* e *A. dioica* (Annonaceae) no Cerrado matogrossense

Mônica Josene Barbosa Pereira<sup>1</sup>; Marilza da Silva Costa<sup>2</sup>; Diones da Silva<sup>1</sup>; Ricardo José da Silva<sup>2</sup> e Erenilda Monteiro de Souza<sup>1</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

##### 1.1 - Origem e caracterização das espécies do gênero *Annona* do Cerrado matogrossense

O Cerrado é uma região característica da parte central do Brasil. Ocupa cerca de 20% do território nacional, um total de 2.000.000 de Km<sup>2</sup>. A vegetação de Cerrado exhibe árvores de médio porte, retorcidas, de folhas ásperas e casca grossa e rugosa (Henriques 2003). É uma vegetação savânica com fitofisionomias campestres e florestais, caracterizada por um clima sazonal com fortes chuvas durante os meses de verão, entre outubro e março e um prolongado período seco durante o inverno (Harley *et al.* 2005).

A biodiversidade do Cerrado é elevada, sendo que o número de plantas vasculares é superior àquele encontrado na maioria das regiões do mundo (Mendonça *et al.* 1998). Quarenta e quatro por cento da flora é endêmica e, nesse sentido, o Cerrado é a mais diversificada savana tropical do mundo. Existe uma grande diversidade de habitats e alternância de espécies (Ratter *et al.* 2003) sendo o Cerrado *stricto sensu* a formação mais comum, onde convivem gramíneas com espécies lenhosas.

No Cerrado é comum famílias de plantas frutíferas, como exemplo os representantes da família Annonaceae, que pertence à subclasse Magnoliidae e apresenta características morfológicas consideradas como primitivas. A origem da maior parte das espécies de *Annona* concentra-se na região tropical, sendo que, das 119 espécies descritas para este gênero, 109 são nativas da América tropical e 10 da África tropical (Pinto 2005).

No Brasil, foram registrados 29 gêneros, compreendendo cerca de 260 espécies (Barroso *et al.* 2002). Destas, 19 foram relatadas como típicas do Cerrado: uma espécie de *Xylopia*, uma de *Cardiopetalum*, quatro de *Dugetia* e 13 de *Annona* (Gottsberger 1994).

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Tangará da Serra, Departamento de Agronomia, Caixa-postal 287, CEP 78.300-000 Tangará da Serra, MT. monica@unemat.br

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Tangará da Serra, Departamento de Ciências Biológicas, CEP 78.300-000 Tangará da Serra, MT, Brasil.

O gênero *Annona* foi dividido nas seguintes seções: Annonellae, Pilaeflorae, Acutiflorae, Attae e Guanabani, sendo os dois últimos os mais estudados (Peña *et al.* 2002). O grupo Attae apresenta flores pendentes, axilares, isoladas, hermafroditas, com cálice e corola trímeros, carnosos de coloração verde na face externa e creme na face interna (Kiill & Costa 2003).

O grupo Guanabani é caracterizado pela presença de flores largas, com pétalas espessas e carnudas (ex. *Annona coriacea* Mart. e *Annona dioica* St. Hill.). As espécies que formam este grupo apresentam o cálice com três sépalas livres, pequenas e coriáceas. A corola é formada por seis pétalas distribuídas em dois verticilos, sendo três externas, de pré-floração valvar e coloração amarelo-esverdeada, e três internas, de pré-floração imbricada e coloração amarelada (Peña *et al.* 2002). Estes verticilos estão localizados na parte inferior do receptáculo e são oriundos do alargamento do pedúnculo. Na parte mediana do receptáculo localiza-se o androceu composto por numerosos estames laminares, geralmente com conectivo truncado e expandido sobre os lóculos das anteras que são biloculares, com lóculos alongados, rimosos, ou com locelos transversais (Judd *et al.* 2009). O gineceu é dialicarpelar, formado por muitos carpelos uniloculares, ocupando o pólo superior do receptáculo alongado, somente os estigmas são externamente visíveis (Pontes *et al.* 2004).

As flores de *Annona* são auto-estéreis em virtude do fenômeno fisiológico denominado dicogamia protogínica, onde a fase feminina (período de receptividade dos estigmas) e a fase masculina (período de liberação do pólen) são nitidamente distintas temporariamente, o estigma apresenta-se receptivo quando o pólen ainda não foi liberado (Webber 1981). Outro fenômeno que dificulta a autogamia é a hercogamia, caracterizada pela separação espacial de anteras e estigmas (Richards 1997). Portanto, devido a essa dicogamia, as espécies do gênero *Annona* necessitam de um agente polinizador para garantir a perpetuação da espécie.

Várias espécies de Thysanoptera, Coleoptera (Scarabaeidae, Staphylinidae, Nitidulidae, Crysomelidae) e Diptera (Drosophilidae) já foram registradas como potenciais polinizadores de Annonaceae na Amazônia Central (Küchmeister *et al.* 1998). De acordo com Gottsberger (1977) os coleópteros da família Scarabaeidae subfamília Dynastinae são os principais polinizadores de *Annona* no Cerrado, segundo este autor, os besouros são atraídos pelo forte odor liberado pela flor durante a antese.

A câmara de polinização, formada pelas pétalas internas fechadas sobre o centro da flor, emite odores característicos, atraindo os coleópteros, que penetram e se abrigam em seu interior. Desta forma, ficam protegidos dos predadores e encontram alimentação (tecido e pólen) e, provavelmente recebem sinais que estimulam a cópula no interior da flor (Gottsberger 1994). Segundo o mesmo autor, a principal função da câmara de polinização é manter os besouros no seu interior até que a flor entre na fase masculina, assegurando assim o contato dos besouros com o pólen.

Algumas espécies de *Annona* apresentam termogênese, fenômeno de elevação da temperatura no interior da flor, intensificando, provavelmente, a volatilização dos odores liberados pelos osmóforos presentes nas pétalas, o que resulta numa atração intensa dos besouros polinizadores, uma vez que os odores funcionam principalmente como atrativos à distância (Küchmeister *et al.* 1998).

## 1.2 - Espécies de *Annona* estudadas no Cerrado matogrossense

### 1.2.1 - *Annona dioica*

*Annona dioica* foi registrada no estado de Mato Grosso em áreas de Cerrado campo sujo, com maior concentração de indivíduos em campo alagável, na forma de arbusto em moita (**Figura 1A**) com altura de 0,68 a 1,30 m, enquanto as que estavam em terreno seco apresentavam caule isolado com aproximadamente 1,50 m. Resultados diferentes foram encontrados por Pott & Pott (1994) em campo alagável, que variou de 0,4 a 1,0 m e em terreno seco foi de 2,0 m, respectivamente.

*Annona dioica* é a única espécie da família Annonaceae que apresenta androdioiccia, ou seja, presença de flores masculinas e hermafroditas em indivíduos diferentes. As flores medem 2,0 a 3,0 cm de comprimento são trímeras, carnosas e de coloração verde na face externa e creme na parte interna (**Figura 1B**). Descrição semelhante para a espécie foi realizada por Gottsberger (1989) em áreas de Cerrado nos Estados de São Paulo e Minas Gerais e por Paulino Neto & Teixeira (2006) em áreas do Pantanal de Mato Grosso do Sul.



**FIGURA 1.** (A) Planta de *Annona dioica* em área de cerrado campo sujo. (B) Flores de *A. dioica* expondo suas pétalas justapostas.

As flores de *A. dioica* não expõem seus estigmas e estames durante a antese, ocorre apenas uma leve separação das pétalas internas, caracterizando a antese. Esta separação entre as pétalas não é total, os ápices das mesmas permanecem fracamente unidos.

Na flor hermafrodita os estigmas apresentou coloração creme e os estames esverdeada e estão distribuídos de forma compacta na região central da flor. A receptividade do estigma ocorre 48 horas antes do desprendimento dos estames. Esta receptividade é caracterizada pela presença de uma secreção brilhante sobre os estigmas. Esta secreção era insípida ao iniciar a antese, tornando-se mais abundante quando a emissão de odor se intensificava. De acordo com Escobar *et al.* (1986), *A. muricata* L. apresenta estigmas receptivos entre 36 a 48 horas antes da queda das peças florais.

Os estames normalmente estão firmemente compactados e em posição ligeiramente inclinada. Um afrouxamento dos estames causado pela queda dos estigmas faz com que ocorra a deiscência das anteras e a liberação do pólen, em seguida os estames se desprendem do receptáculo, ocorrendo a queda das pétalas.

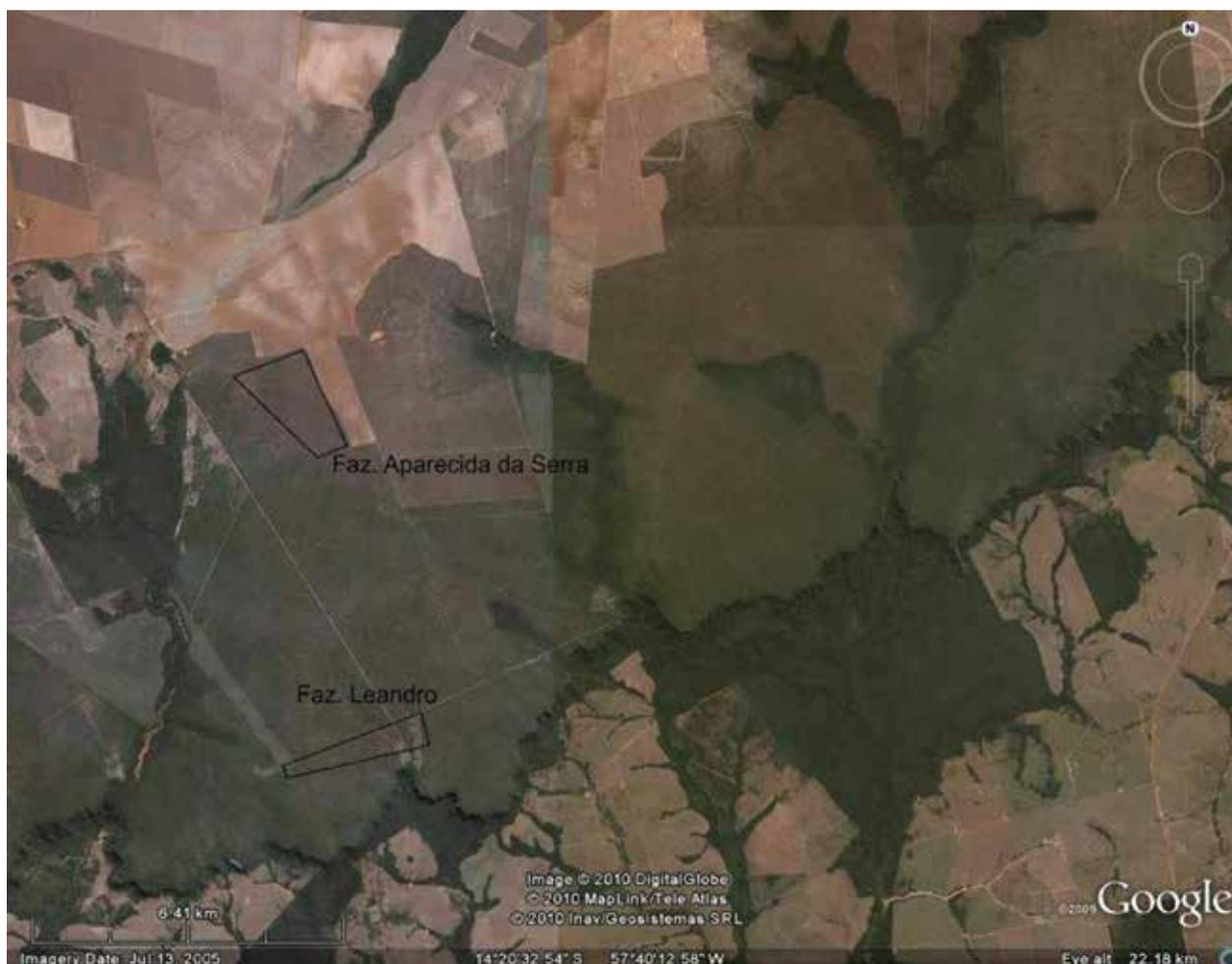
Em *A. dioica* observou-se que o número de estames nas flores masculinas é bem maior do que o apresentado pelas flores hermafroditas. Em média 507 estames nas flores masculinas versus 213 nas flores hermafroditas, que possuem, além disso, 180 estigmas. Escobar *et al.* (1986) em trabalhos realizados com *A. muricata* mostra que nesta espécie o número de estames e estigmas fica bem acima da média encontrada em *A. dioica*, variando de 1002 a 1053 estames e de 290 a 380 estigmas.

### 1.2.2 - *Annona coriacea*

Plantas de *A. coriacea* estudadas em área de Cerrado *stricto sensu* na região sudoeste do Mato Grosso (**Figura 2**) apresentaram altura variando de 2,9 a 7,5 m, com diâmetro à altura do peito (DAP) de 5,8 a 17,2 cm.

As flores ocorrem sobre brotações anuais, em posição lateralmente inclinada e necessitam, em média de 51,1 dias para completarem a fase de botão floral até a deiscência das pétalas.

Esse período foi superior ao observado por Bleicher *et al.* (1997) para *A. muricata*, com aproximadamente 43 dias desde a formação do botão até a antese.



**Figura 2.** Cerrado *stricto sensu* com áreas de *Annona coriacea* nas fazendas Aparecida da Serra e Fazenda Leandro na região sudoeste do Mato Grosso.

O cálice é constituído por três sépalas livres, pequenas, coriáceas e persistentes. A corola é formada por seis pétalas de cor laranja, sendo as três pétalas externas carnosas, com pelugens marrom, internamente côncavas e com bordas unidas no botão de pré-floração valvar. As três pétalas internas são arredondadas, côncavas e com pré-floração imbricada.

Estas flores não expõem seus estigmas e estames durante a antese. Neste caso o início da antese é caracterizado por uma leve separação das pétalas internas, onde os ápices das mesmas permanecem fracamente unidos. Em *A. coriacea* a antese ocorreu durante o período noturno e durou cerca de 59 horas, iniciando pela separação do ápice da pétala até a queda completa dos estames (**Figura 3**). Resultados superiores aos observados por Gottsberger (1989) para esta espécie no Estado de São Paulo onde a antese durou entre 36 a 48 horas.

Nas primeiras 12 horas observou-se apenas uma pequena abertura entre as pétalas externas que não ultrapassou 5,5 mm, em média (**Figuras 3A e 3B**). Nesta fase as pétalas externas mediram 23,9 mm de comprimento por 28,2 mm de largura e apresentaram coloração laranja esverdeado.

Durante as 24 horas de antese a flor apresentou uma maior abertura (**Figura 3C**), as pétalas externas ficaram mais flexíveis, expondo as pétalas internas, o que facilitou a observação dos órgãos sexuais. Neste período as pétalas externas e internas apresentaram coloração laranja (**Figura 3D**) e os estigmas e estames coloração de bege a amarelo claro. A liberação do odor é facilitada pela elevação da temperatura e a produção de uma substância viscosa sobre o estigma ocorreu também nesta fase (**Figura 3E**), eventos estes que já foram observados em várias espécies da família Annonaceae, tais como *Unonopsis guatterioides* (A. DC.) R. E. Fn. (Carvalho & Webber 2000), *A. squamosa* L. (Kiill & Costa 2003) e *Annona crassiflora* Mart. (Gottsberger 1989).

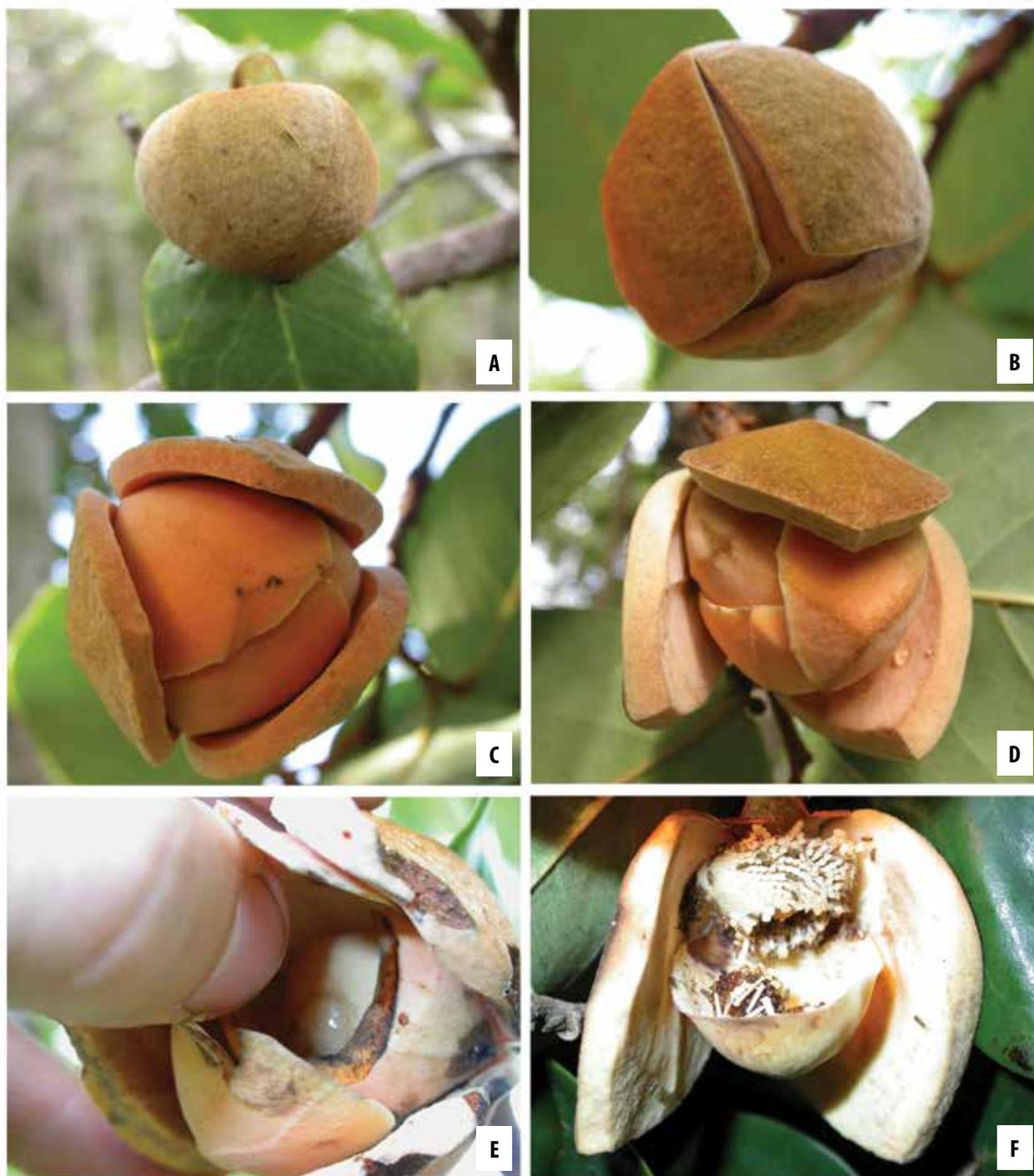
A flor de *A. coriacea* permaneceu receptiva (fase feminina) por 48 horas (**Figura 3E**). Após este período as pétalas externas apresentaram um evidente sinal de escurecimento na parte basal e interna, provavelmente devido ao aumento da temperatura no interior da flor.

No terceiro dia houve um lento intumescimento das células estéreis que circundavam os estigmas e aproximadamente duas horas depois ocorreu à queda da capa estigmática (**Figura 3F**), finalizando assim a fase feminina e iniciando a fase masculina. Esta última fase durou em torno de 2 horas, sendo caracterizada pela deiscência das anteras e liberação do pólen, finalizando a antese e a floração desta *Annona*.

De acordo com Gottsberger (1989), as pétalas e os órgãos reprodutivos de *A. coriacea* tornam-se aquecidos durante a antese e a elevação da temperatura facilita a liberação do cone estigmático, além de ter forte influência na liberação do odor. Este autor observou que a elevação da temperatura ocorreu entre 18h00 e 19h00, tornando-se progressivamente elevada e atingindo seu pico de 34°C entre 20h30 e 21h30, depois a flor gradualmente esfriou até finalmente alcançar a temperatura ambiente.

Observou-se que em plantas de *A. coriacea* que possuíam mais de uma flor em antese, o processo de descarga de pólen ocorria de forma simultânea, pois quando caíam os estames de uma flor, ao mesmo tempo caíam os estames de todas as flores que estavam em antese naquele indivíduo. Já nos outros indivíduos, esse horário era diferente. Essa sincronia de descarga de pólen também foi observada por Webber (1981) em *A. sericea* Dunal.

Em *A. sericea*, Webber (1981) verificou que estames normalmente estavam firmemente compactados e em posição ligeiramente inclinada. Um afrouxamento dos estames causado pela queda da capa estigmática, facilita a deiscência das anteras e liberação do pólen.



**FIGURA 3.** Flores de *Annona coriacea*. (A) Início da antese, (B) flor com 12 h após o início da antese, (C) 24 h após o início da antese, (D) 48 h após o início da antese, (E) produção de substância viscosa sobre o estigma, (F) 56 h após o início da antese

### 1.3 - Estratégias reprodutivas de *Annona* sp.

As características morfológicas das flores refletem adaptações a diferentes agentes polinizadores (Gottesberger 1977, Gottesberger 1989). A polinização consiste na saída de grãos de pólen das anteras e a sua deposição no estigma da flor. Agentes polinizadores, os responsáveis pelo processo de polinização, podem ser tanto seres vivos, chamados de agentes bióticos, como vento e água, os agentes abióticos de transporte de pólen (Trindade *et al.* 2004).

Os principais agentes polinizadores das Annonaceae neotropicais são os besouros (Gottsberger 1999). Uma das estratégias reprodutivas para atrair polinizadores em Annonaceae é a liberação de odores, produzidos pelos osmóforos presentes na base interna das pétalas. Durante o período noturno há um aumento de temperatura da flor em antese, acompanhada pela produção de odor (Gottsberger 1999, Webber 1981). Com a volatilização deste odor a flor passa a ser visitada por besouros polinizadores. Estes penetram na flor fazendo escavações por entre as pétalas e permanecendo no seu interior, alimentando-se de pólen e/ou tecidos nutritivos das pétalas, além de utilizar a flor como local de abrigo e cópula. Essa proteção dos besouros no interior da flor é devido à presença da câmara floral ou de polinização, formada pelas pétalas internas, durante a antese (Gottsberger 1999). O conjunto de estratégias que a flores de *Annona* sp. apresentam e as dimensões adequadas de seus visitantes conferem a probabilidade de maior sucesso na sua polinização (Webber 1981).

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Visitantes florais e atividade de polinizadores de *Annona dioica*

Flores de *A. dioica* foram visitadas por insetos das ordens Blattodea (baratas), Hymenoptera (formigas) e Coleoptera (besouros). Dentre estes insetos, os besouros das espécies *Cyclocephala octopunctata* Bumeister (1847) (**Figura 4**) e *C. atricapilla* Mannerheim (1829) (**Figura 5**), da família Scarabaeidae, foram considerados os polinizadores de *A. dioica*, devido ao seu comportamento e à frequência de visitação, conforme descrito a seguir.



**FIGURA 4.** *Cyclocephala octopunctata* se alimentando da base interna da pétala da flor de *Annona dioica*.

Durante o período de antese, o horário de visita dos besouros *Cyclocephala* era diferente nos diferentes tipos de flores de *A. dioica*. Nas masculinas as visitas ocorriam por volta das 19h00 às 21h00, período em que a emissão de odor pela flor era mais acentuada. Já nas flores hermafroditas as visitas se davam por volta das 03h00 às 05h00 da manhã, também era caracterizado pela mesma emissão de odor forte. Gottsberger (1989) relata que em flores masculinas de *A. dioica* o pico de liberação do odor ocorre às 22h00.

Nas flores masculinas a deiscência das anteras se dava por volta das 08h00 às 10h00 da manhã seguinte, e os besouros permaneciam nas flores até o desprendimento de todas as peças florais. Já nas flores hermafroditas a deiscência ocorria das 21h00 às 23h00 e, como nas flores masculinas, os insetos permaneciam até a queda de todas as peças florais. Este mesmo comportamento foi relatado por Gottsberger (1989).



**FIGURA 5.** *Cyclocephala atricapilla* com grãos de pólen aderidos ao corpo em plantas de *Annona dioica*.

O número de besouros que entrou na flor foi variável, tendo sido encontrados até três numa mesma flor. Esta atração do besouro pela flor provavelmente se justifica pelo odor emitido e também pelo alimento oferecido, uma vez que esses besouros se alimentam das partes internas das pétalas (**Figura 4 e 6**). Comportamento semelhante foi descrito por Webber (1981) para besouros *Cyclocephala* em flores de *A. sericea* e por Gottsberger (1989) para várias espécies de Annonaceae do Cerrado brasileiro.



**FIGURA 6.** *Cyclocephala octopunctata* alimentando da parte basal da pétala da flor masculina de *Annona dioica*.

## 2.2 - Atividade e comportamento dos polinizadores em flores de *Annona coriacea*

Foram observados, durante o período de novembro 2005 a abril 2006 em 28 flores de *A. coriacea*, um total de 41 besouros da tribo Cyclocephalini, distribuídos entre as espécies *Cyclocephala atricapilla*, *C. undata* Olivier (1789) (**Figura 7**), *C. ohausiana* Hoehne (1923) (**Figura 8**), *C. octopunctata* e *Arriguttia brevissima* (Arrow, 1911) (**Figura 9**).



**FIGURA 7.** *Cyclocephala undata* alojado na câmara floral de *Annona coriacea*.

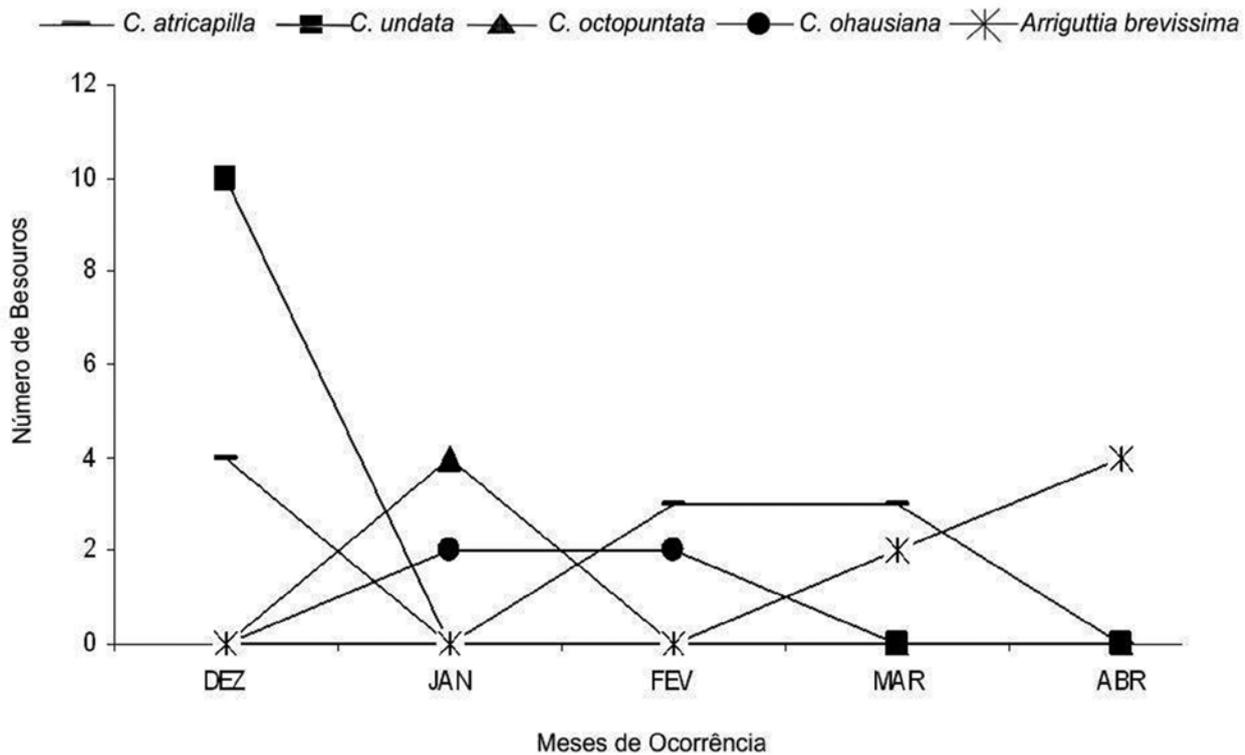


**FIGURA 8.** *Cyclocephala ohausiana* alimentando-se dos estames em flores de *Annona coriacea*.



**FIGURA 9.** *Arriguttia brevissima* com o corpo carregado de pólen em planta de *Annona coriacea*.

As espécies de besouros realizavam visitas às flores em época distintas, durante os meses de observação, com predominância de *C. undata* no mês de dezembro, de *C. octopunctata* em janeiro, de *C. ohausiana* em fevereiro, de *C. atricapilla* em março e em abril somente foi observada a espécie *A. brevissima* (**Figura 10**). Pôde-se perceber também que *C. atricapilla* foi a espécie mais frequente durante todos os meses de observação, tal como registrado por Gottsberger (1989) no estado de São Paulo.



**FIGURA 10.** Distribuição das espécies de besouros da tribo Cyclocephalini durante os cinco meses de observação em flores de *Annona coriacea* no Cerrado matogrossense.

Todas as espécies de besouro apresentaram comportamento semelhante perante as flores. Geralmente os besouros visitavam as flores após 24 horas do início da antese e eram atraídos pelo odor liberado pela flor, podendo permanecer nas câmaras florais até a deiscência das anteras.

Os besouros chegavam às flores de *A. coriacea*, durante toda a noite, forçavam as pétalas externas e internas até entrarem na câmara floral (**Figura 11**). O horário de maior intensidade de visitas foi no período de 22h00 às 03h00 da manhã. Diferente das observações realizadas por Gottsberger (1989) onde o período de visitas variou de 20h00 às 22h00.

No período em que estavam dentro da câmara floral, os besouros se alimentavam das pétalas internas (**Figura 11**) e as utilizavam como locais de cópula. Se-



**FIGURA 11.** Câmara floral de *Annona coriacea* abrigando *Cyclocephala atricapilla*.

gundo Carvalho & Webber (2000), na região interna da pétala, da qual os besouros se alimentavam, estão localizados os osmóforos, que são células especializadas, responsáveis pela liberação do odor. Gottsberger (1989) diz que, aparentemente, essas duas regiões (base das pétalas internas) possuem mais nutrientes (**Figura 12**).

Ocasionalmente foi observado besouros se alimentando da região apical dos estames, antes da deiscência das anteras. De acordo com Nandel & Peña (1994), em algumas espécies do gênero *Annona* o conectivo expandido pode atuar como mais uma recompensa para o polinizador.

Alguns besouros permaneceram nas câmaras florais até a deiscência das anteras, o que acarretava na aderência de grãos de pólen sobre seus corpos (**Figura 13**). Este comportamento foi observado somente no período de 18h00 às 22h00, período esse em que coincide com a hora da descarga de pólen que ocorre no terceiro dia da antese, indicando o final do ciclo reprodutivo da flor.

Os grãos de pólen encontrados nos besouros, antes de entrar na flor, eram tétrades, possuindo as mesmas características dos pólenes liberados pela flor, esse fato indica que esses insetos podem ser o agente polinizador de *A. coriacea*.

O número de besouros que entrou na flor foi variável, tendo sido encontrados até 10 em uma mesma flor. Esse número pode variar de região para região, sendo o número mais comum de 1 a 10, podendo chegar até 40 indivíduos por flor (Gottsberger 1994).

Durante o período de estudo observou-se que larvas de *Cyclocephala* ficavam localizadas entre a serrapilheira e as primeiras camadas do solo, alimentando-se de material em decomposição (**Figura 14**). Estas foram identificadas através da distribuição dos pêlos no raster, que corresponde ao décimo segmento do abdome. A localização destas larvas, próxima a superfície do solo, é uma informação de extrema importância para futuras propostas de plano de manejo para este polinizador, pois as populações tradicionais e os índios



**FIGURA 12.** *Cyclocephala atricapilla* alimentando-se da parte interna das pétalas de *Annona coriacea*.



**FIGURA 13.** *Cyclocephala atricapilla* presente na flor de *Annona coriacea* durante a deiscência das anteras.

que usam o araticum (*A. coriacea* e *A. dioica*) como fonte de alimento, relatam a escassez desses frutos no Cerrado, e uma possível justificativa para a redução desta espécie são os frequentes incêndios, comuns neste ecossistema, destruindo a população de larvas do polinizador presente nas proximidades da serrapilheira.



**FIGURA 14.** Larvas de *Cyclocephala* na serrapilheira abaixo das copas das plantas de *Annona coriacea* em áreas de Cerrado *stricto sensu* no sudoeste do Mato Grosso.

### 2.3 - Sistema reprodutivo de *Annona coriacea*

Nas flores visitadas por todas as espécies de *Cyclocephala* e de *A. brevissima* foi observada uma taxa de frutificação de 42,8% (**Tabela 1**), indicando que os polinizadores têm realizado o fluxo gênico entre os indivíduos. A importância destes para *A. coriacea* pode ser constatada pela baixa taxa de autopolinização espontânea de 1,5% (**Tabela 1**), que já era esperada, visto que a espécie tem separação temporal das fases reprodutivas, necessitando desta forma de um vetor de pólen para que ocorra a fecundação.

O teste de polinização cruzada foi a que obteve as melhores médias de frutificação, chegando a um resultado bastante expressivo de 100% de frutificação (**Tabela 1**). De acordo com George *et al.* (1989), a polinização manual pode aumentar a frutificação em mais de 40% em *Annona cherimolia* Mill. A porcentagem de frutificação nas condições do Cerrado matogrossense foi de 11% de frutos vingados, indicando excelentes resultados quando comparado com graviola (*A. muricata*) que apresenta taxa de frutificação abaixo de 5% (Freitas 2000).

**Tabela 1.** Tratamentos de polinização e formação de frutos em condições naturais em *Annona coriacea* Mart. no Cerrado matogrossense.

	Flores Marcadas	Frutos Vingados	Porcentagem de Frutificação (%)
Autopolinização	67	1	1,5
Polinização por besouro	28	12	42,8
Polinização cruzada	5	5	100
Polinização natural (flores marcadas sem proteção)	529	58	11,0

**Agradecimentos:**

À professora Milene Vieira, pelas valiosas contribuições na metodologia do trabalho; a Tadeu Cavalcante, pela contribuição durante a execução deste projeto; ao professor Leandro Sales, por disponibilizar sua área para coleta de dados; à professora Celice Alexandre, pela valiosa contribuição na correção do texto; às professoras Márcia Maciel e Rosangela Aguiar, pelas contribuições durante a execução deste trabalho; e a todos os demais que direta ou indiretamente ajudaram na execução deste capítulo.

**3. Referências bibliográficas**

- BARROSO, M.G., GUIMARÃES, E.F., ICHASO, C.L.F., COSTA, C.G. & PEIXOTO, A.L. 2002. Sistemática de Angiospermas do Brasil. UFV, Viçosa.
- BLEICHER, E., MELO, Q.M.S., MOSCA, J.L. & SILVA, C.S. 1997. Growth aspects of reproductive phase of soursop tree (*Annona muricata* L.). In Memórias do Congresso Internacional de Annonaceas (L.M. Andrade, coord.). UAC, Chapingo, p.225-228.
- CARVALHO, R. & WEBBER, A.C. 2000. Biologia floral de *Unonopsis guatterioides* (A.D.C.) R.E.Fr., uma Annonaceae polinizada por Euglossini. Revista Brasileira de Botânica 23:421-425.
- ESCOBAR, W.T., ZARATE, R.D.R. & BASTIDAS, A. 1986. Biología floral y polinización artificial del guanabano *Annona muricata* L. en condiciones del Valle del Cauca, Colombia. Acta Agronómica 36:7-20.
- FREITAS, G. B. 2000. Propagação, florescimento e produção da gravioleira (*Annona muricata* L.). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GEORGE, A.P., NISSEN, R.J., IRONSIDE, D.A. & ANDERSON, P.A. 1989. Effects of nitidulid beetles on pollination and fruit set of *Annona* spp. hybrids. Scientia Horticulturae 39:289-299.
- GOTTSBERGER, G. 1977. Some aspects of beetle pollination in the evolution of flowering plants. Plant systematic and evolution Sup.1:221-226.
- GOTTSBERGER, G. 1989. Comments on flower evolution beetle pollination in the genera *Annona* e *Rollinia* (Annonaceae). Plant systematics and evolution 167:189-194.
- GOTTSBERGER, G. 1994. As anonáceas do cerrado e a sua polinização. Revista Brasileira de Biologia 54:391-402.
- GOTTSBERGER, G. 1999. Pollination and evolution in Neotropical Annonaceae. Plant Species Biology 14:143-152.

- HARLEY, R.M., GIULIRTTI, A.M., GRILO, A.S., SILVA, T.R.S., FUNCH, L., FUNCH, R.R., QUEIROZ, L.P., FRANÇA, F., MELO, E., GONÇALVES, C.N. & NASCIMENTO, F.H.F. 2005. Cerrado. In Biodiversidade e conservação da Chapada diamantina. Brasília, MMA, p.123-152.
- HENRIQUES, R.P.B. 2003. O futuro ameaçado do Cerrado brasileiro. *Ciência Hoje* 33:34-39.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A. STEVENS, P.F. & DONOGHUE, M.J. 2009. Sistemática vegetal: um enfoque filogenético. Artmed, Porto Alegre.
- KIILL, L.H.P. & COSTA, J.G. 2003. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. *Ciência Rural* 33:851-856.
- KÜCHMEISTER, H., WEBBER, A.C., SILBERBAUER-GOTTESBERGER, I., & GOTTESBERGER, G. 1998. A polinização e sua relação com a termogênese em espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central. *Acta amazônica* 28:217-245.
- MENDONÇA, R.J., FELFILI, B., WALTER, J.C., SILVA JR., REZENDE, A., FILGUEIRAS, T. & NOGUEIRA, P. 1998. Flora vascular do Cerrado. In Cerrado. Ambiente e flora (S. Sano & S. Almeida, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina: p.288-556.
- NANDEL, H. & PEÑA J.E. 1994. Identity, behavior, and efficacy of nitidulid beetles (Coleoptera: Nitidulidae) pollinating commercial *Annona* species in Florida. *Entomological Society of America* 23:878-886.
- PAULINO NETO, H.F. & TEIXEIRA, R.C. 2006. Florivory and sex ratio in *Annona dioica* St. Hil. (Annonaceae) in the Pantanal at Nhecolândia, southwestern Brazil. *Acta Botânica Brasileira* 20:405-409.
- PEÑA, J.E., NANDEL, H., BARBOSA-PEREIRA, M.J. & SMITH, D. 2002. Pollinators and pests of *Annona* species. In Tropical fruit pests and pollinators: Biology, economic importance natural enemies and control (J.E. Peña, J.L. Sharp, M. Wysoki, eds.). Cabi Publishing, London, p.197-221.
- PINTO, A.C. Q. 2005. Taxonomy and Botany. In *Annona* species (A.C.Q. Pinto, M.C.R. Cordeiro, S.R.M. Andrade, H.A. Ferreira, H.A.C. Filgueiras, R.E. Alves & D.I. Kinpara). University of Southampton, Southampton, p.3-16.
- PONTES, A.F., BARBOSA, M.R.V. & MAAS, P.J.M. 2004. Flora Paraibana: Annonaceae Juss. *Acta Botânica Brasilica* 18:281-293.
- POTT, A. & POTT, V. 1994. Plantas do Pantanal. Embrapa, Corumbá.
- RATTER, J., BRIDGEWATER, S. & RIBEIRO, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 60:57-109.
- RICHARDS, A.J. 1997. Plant breeding systems. Chapman and Hall, London.
- TRINDADE, M.S.A., SOUSA, A.H., VASCONCELOS, W.E., FREITAS, R.S., SILVA, A.M.A., PEREIRA, D.S. & MARACAJÁ, P.B. 2004. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 4:1-10.
- WEBBER, A. C. 1981. Alguns aspectos da biologia floral de *Annona sericea* Dun. (Annonaceae). *Acta Amazônica* 11:61-65.

## A polinização da gravioleira (*Annonaceae*) no Estado de Pernambuco

Artur Campos Dália Maia<sup>1</sup>; Clemens Schindwein<sup>2</sup>; Celso Feitosa Martins<sup>3</sup>; Carlos Eduardo Beserra Nobre de Almeida<sup>4</sup>; Fábria Geórgia Santos de Andrade<sup>4</sup>; Fernando César Vieira Zanella<sup>5</sup>

### 1. Caracterização da espécie polinizada

#### 1.1 - Origem, distribuição geográfica e biologia floral

A gravioleira (*Annona muricata* L.) é uma árvore de pequeno porte de origem provável na América Central e vales peruanos, ainda que desconhecida em estado silvestre (Pinto & Genú 1984, Pinto & Ramos 1997a). Atualmente, é cultivada no Brasil, Colômbia, México, Havaí e regiões da África e Ásia. Seu fruto é o maior entre as espécies comerciais de *Annona* (São José 1997) variando de 1,2 a 6,0 kg, dos quais até cerca de 85% são de polpa (Bosco *et al.* 1996, Sacramento *et al.* 2003). A espécie costuma ser cultivada em clima tropical seco e subtropical, dada sua baixa tolerância ao frio. Desenvolve-se bem em regiões de altitudes inferiores a 1.200 m e com solos profundos e bem drenados (Morton 1966).

A cultura da gravioleira apresenta grande potencial econômico no Brasil (Pinto & Silva 1994). A expansão da cultura no país é limitada principalmente pelas dificuldades técnicas envolvidas na produtividade das plantas, que frequentemente apresentam baixo índice de frutificação e frutos mal-formados (Manica 1997, Pinto & Ramos 1997b, Pinto *et al.* 2001). Estudos recomendam a polinização artificial da gravioleira, uma operação lenta que consiste em gentilmente se pincelar pólen no gineceu de flores receptivas, como a prática mais eficiente para obtenção de maior sucesso reprodutivo e frutos bem formados (Figueroa 1981, Escobar *et al.* 1986, Lemos *et al.* 1999, Cavalcante 2000). Entretanto, o tempo e a disponibilidade de pessoal necessário à aplicação desta técnica a inviabiliza em plantações muito extensas, ou nos pequenos pomares residenciais, comuns principalmente na região Nordeste (Lopes 1987). Os maiores produtores no Brasil estão concentrados nesta região, destacando-se os estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Bahia e Ceará. A maior demanda no mercado levou à implantação da cultura especialmente em pontos das regiões litorâneas e semiáridas do Nordeste. Grandes produtores em outras regiões encontram-se nos estados de Minas Gerais e Pará (Lima 2004).

1 Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

2 Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Caixa-postal: 486, Pampulha 31270-901 - Belo Horizonte, MG. schindw@gmail.com

3 Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, Paraíba.

4 Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

5 Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Biológicas, Patos, Paraíba.

Quando fresca, a graviola apresenta altos valores no mercado interno e externo como fruta de mesa (Seaton 1988, Pinto & Silva 1994). No entanto, a pericibilidade da fruta é uma grande barreira à sua popularização longe das áreas produtoras, uma vez que as etapas de transporte e armazenamento facilmente danificam os frutos. Em consequência, boa parte da produção destina-se às agroindústrias produtoras de polpa, suco, néctar e sorvetes (São José 1997).

Tradicionalmente, no cultivo da gravioleira são realizadas práticas de manutenção da cultura através de podas de formação e limpeza. Essas podas têm como objetivos limitar a altura, provocar a emissão de ramos laterais para facilitar a colheita e extirpar ramos indesejáveis ou doentes. Devido à alta susceptibilidade às duas principais pragas do fruto da gravioleira, a broca-do-fruto, *Cerconota anonella* (Sepp. 1830) e a broca-da-semente, *Bephratelloides pomorum* (Fabricius 1908), diversas práticas manejo são realizadas na cultura incluindo a utilização de produtos químicos. Frutos recém formados são imersos em solução de inseticida e fungicida e posteriormente envolvidos em sacos plásticos translúcidos perfurados no fundo. Outra prática aconselhável é a inspeção semanal do pomar visando à coleta e enterrio de todos os frutos atacados por broca encontrados na planta ou no chão (Broglia-Micheletti & Berti-Filho 2000, Broglia-Micheletti *et al.* 2001).

Embora *A. muricata* seja essencialmente autocompatível, suas flores apresentam características morfofuncionais que as tornam dependentes de vetores para a polinização (Webber 1981, Cavalcante 2000). Durante os primeiros 1-2 dias da antese, as flores de gravioleira são funcionalmente femininas e no último dia masculinas (Lederman & Bezerra 1997, Pinto & Ramos 1997a, São José *et al.* 1999). Esta protoginia, aliada à hercogamia (posicionamento dos estigmas acima das anteras) evita a autopolinização natural da espécie (Pinto & Silva 1994).

A maioria das espécies de *Annona* está associada à cantarofilia, síndrome de polinização por besouros (Gottsberger 1999, Silberbauer-Gottsberger *et al.* 2003). Em *A. muricata* e outras espécies com flores grandes, escarabeídeos do gênero *Cyclocephala* (Scarabaeidae, Dynastinae, Cyclocephalini) figuram como os principais polinizadores (Webber 1981, Gottsberger 1990, Cavalcante 2000, Silberbauer-Gottsberger *et al.* 2003, Cavalcante *et al.* 2005). Sistemas de polinização por besouros Cyclocephalini apresentam características notáveis que envolvem principalmente adaptações das flores ao comportamento de seus visitantes (Gottsberger 1990). Pétalas carnosas fechadas ou parcialmente fechadas sobre o receptáculo floral formam uma câmara que protege as estruturas férteis durante toda a antese (Gottsberger 1999). Nestas câmaras florais, os besouros encontram abrigo, alimento (na forma de pólen, partes florais nutritivas e exudatos produzidos pelos estigmas) e sítio de acasalamento (Webber 1981, Gottsberger 1990). Tais recompensas permitem que as flores mantenham contato com os polinizadores por períodos longos, necessários para a fecundação dos numerosos óvulos (Barth 1991, Endress 1996, Gottsberger 1999).

A atração dos visitantes é essencialmente olfativa e as flores emitem odores em horários de atividade dos insetos, geralmente crepuscular ou noturna (Gottsberger 1990, 1999). Estes odores são volatilizados através de um mecanismo preciso de termogênese floral, intimamente relacionado às etapas da antese (Gottsberger 1999).

## 1.2 - Local de Estudo

O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Itapirema, inserida na região da Zona da Mata Norte de Pernambuco, município de Goiana (07°38'S, 34°57'W; altitude 14 m; temperatura média anual 24 °C; precipitação anual aproximada 2.000 mm). Possui extensão total de aproximadamente 224 ha, ocupados principalmente por cultivo de cana-de-açúcar, frutíferas e um pequeno fragmento de Floresta Atlântica nativa, com cerca de 20 ha.

O pomar de gravioleiras está localizado às margens do fragmento de mata nativa e é composto de 460 plantas maduras, com idades entre três e oito anos. Tratos culturais se resumem a podas extensivas duas vezes ao ano, em geral em fevereiro e outubro, e aplicação de herbicida de contato não-seletivo sempre que a vegetação ruderal se encontra mais desenvolvida. Estes procedimentos visam facilitar o deslocamento de pessoal para coleta. Os frutos imaturos são ensacados a fim de evitar infestação por insetos minadores e brocadores, comuns à cultura.

## 1.3 - Sucesso reprodutivo de *A. muricata*

O sucesso reprodutivo foi avaliado através do acompanhamento da taxa de frutificação em experimentos de polinização controlada. Em abril de 2005 foram realizados ensaios de polinização manual (autopolinização e polinização cruzada) e autopolinização espontânea com pelo menos 13 repetições. A persistência de frutos imaturos após três meses de realização do experimento foi utilizada como critério de indicação de polinização efetiva.

O maior índice de sucesso reprodutivo na gravioleira foi observado no experimento de polinização cruzada (28,57%, n=13) seguido pelo controle (17,39%, n=13). Isto pode estar relacionado ao déficit de polinizadores efetivos durante o mês de abril. Resultados similares foram observados por Cavalcante *et al.* (2009) em estudo sobre a polinização do araticum (*A. crassiflora*). Os baixos índices de frutificação obtidos nos ensaios de autopolinização espontânea (7,69%, n=13) deve ser consequência da separação temporal da receptividade estigmática e liberação de pólen.

O sucesso reprodutivo natural do pomar foi observado entre outubro de 2004 e janeiro de 2005 em 127 flores de 20 indivíduos. Foi evidenciado um baixo índice de frutificação (29,3%), consequência provável de abortos florais em diversos estágios de maturação anteriores à antese (24,7%). Braga Filho *et al.* (2005) também destacaram alta taxa de aborto de botões florais em *A. crassiflora*, o que minimiza a produtividade comercial da espécie.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

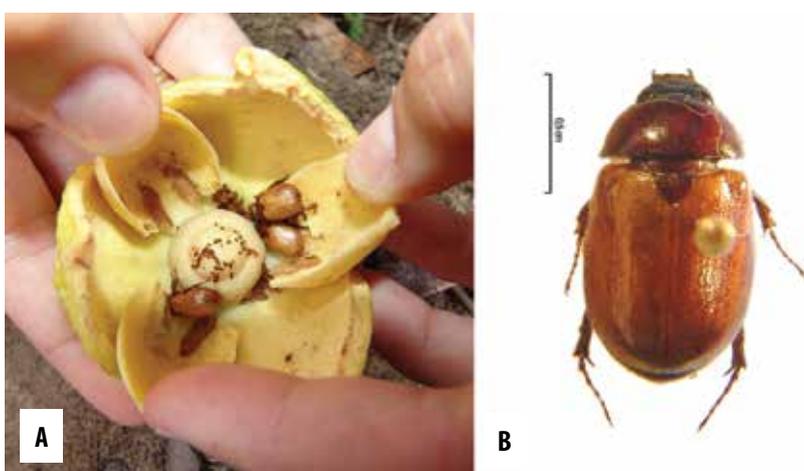
### 2.1 - Inventário dos visitantes florais da gravioleira e verificação dos polinizadores efetivos

Visitantes florais foram coletados ao longo da antese em horários diurnos e noturnos, durante a época de floração. Como a gravioleira apresenta uma floração quase contínua ao longo do ano, coletas foram realizadas tanto no período chuvoso quanto no seco. Os besouros foram identificados por Paschoal Grossi, Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure (DZUP), Paraná.

Besouros das famílias Curculionidae, Staphylinidae, Chrysomelidae e Nitidulidae foram documentados em flores de *A. muricata* no pomar estudado (**Tabela 1**). No entanto, um dinastíneo (Scarabaeidae) da tribo Cyclocephalini, *Cyclocephala vestita* Höhne, 1923, foi a única espécie encontrada frequentemente em flores de *A. muricata*, as quais utilizavam como sítio de acasalamento e como recurso energético, uma vez que se alimentavam do tecido nutritivo localizado na face interna basal das pétalas interiores (**Figura 1A e B**). Embora trabalhos com outras anonáceas, como *Annona squamosa* L., reportem besouros dos gênero *Carpophilus* e *Haptoncus* (Nitidulidae) como polinizadores efetivos (Kiill & Costa 2003), as dimensões das flores de *A. muricata* desfavorecem besouros de pequeno porte como polinizadores.

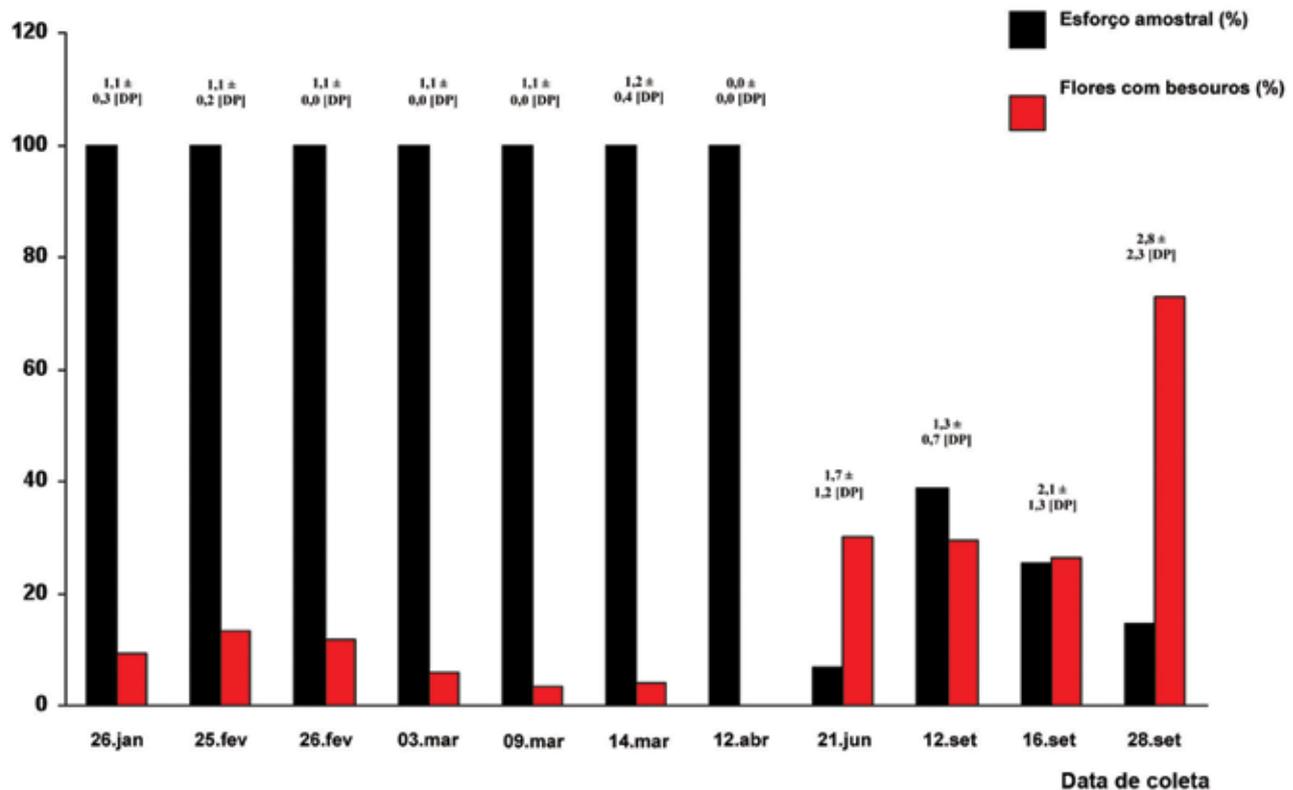
**Tabela 1.** Principais espécies de besouros antófilos encontrados na Estação Experimental de Itapirema, Goiana – PE, coletados manualmente em plantas hospedeiras ou atraídos a armadilhas luminosas instaladas entre as 17h30 e 21h00.

Espécie	Método de coleta		Planta hospedeira
	manual	armadilha	
<i>Cyclocephala vestita</i> (Scarabaeidae)	x	x	<i>Annona muricata</i> (Annonaceae)
<i>C. paraguayensis marginella</i>	x	x	Amaryllidaceae
<i>C. distincta</i>	---	x	---
<i>C. latericia</i>	x	x	<i>Taccarum ulei</i> (Araceae)
<i>C. celata</i>	x	x	<i>T. ulei</i> , <i>Caladium bicolor</i> , <i>Philodendron acutatum</i> (Araceae)
<i>Lygirus cordatus</i> (Scarabaeidae)	---	x	---
<i>L. cuniculus</i>	---	x	---
Nitidulidae	x	---	<i>A. muricata</i> , <i>C. bicolor</i>
Cuculionidae	x	---	<i>A. muricata</i>
Staphylinidae	x	x	<i>P. acutatum</i>



**FIGURA 1.** Besouros em flor de *Annona muricata* no segundo dia de antese. (B) *Cyclocephala vestita*. Reservas de amido na face adaxial das pétalas internas oferecem recompensa nutritiva aos besouros visitantes.

Quanto à frequência dos visitantes florais, observou-se que *C. vestita* esteve presente em mais de 97% das flores, no pomar estudado. Estudos prévios (Aguiar *et al.* 2000, Cavalcante 2000) já indicavam que *A. muricata* fosse visitada por *Cyclocephala* (*C. gravis*, *C. hirsuta* e *C. vestita*). Além disso, verificou-se flutuação sazonal da frequência de besouros nas flores e número de besouros por flor, fato associado à disponibilidade ou densidade de flores encontradas no pomar (**Figura 2**).



**FIGURA 2.** Relações temporais entre o percentual do número de flores em antese para esforço amostral de observação em 150 plantas e o percentual de flores contendo *Cyclocephala vestita* no interior das câmaras florais em pomar de *Annona muricata* no município de Goiana – PE, em 2005. Acima das colunas, a média de insetos por flor.

## 2.2 - Fidelidade floral e localização de pólen no corpo dos visitantes florais

Foram analisados 30 espécimes de *C. vestita*, único besouro polinizador efetivo para as flores da gravioleira na região estudada, para verificar a presença de diferentes tipos polínicos e sua distribuição. O pólen encontrado foi retirado com pequenas porções de gelatina glicerizada corada com fucsina básica e transferido para lâminas. Estas foram aquecidas em lamparinas com álcool, cobertas com uma lamínula e seladas com parafina (Louveaux *et al.* 1978, Wittmann & Schlindwein 1995). Os grãos de pólen foram identificados com uso de microscópio e por comparação com lâminas da palinoteca do Laboratório Plebeia – Ecologia de Abelhas e da Polinização da UFPE.

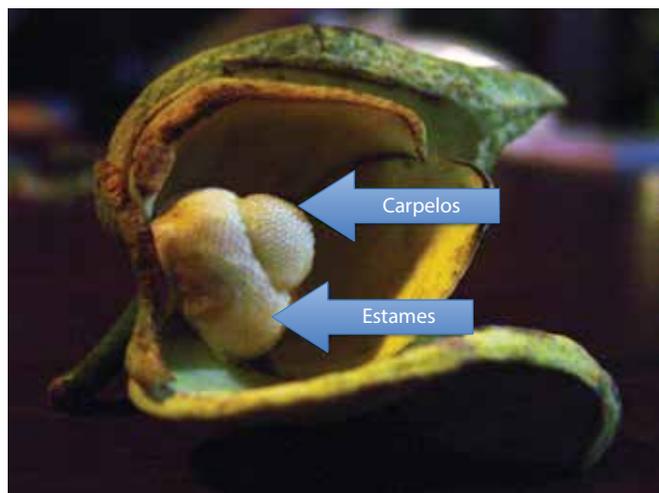
Em todas as análises, apenas grãos de pólen de *A. muricata* L. foram encontrados aderidos à cutícula dos besouros, indicando alta fidelidade floral dos besouros *C. vestita*. Este fato, associado à ausência de autopolinização e polinização espontânea apontam para uma alta dependência da cultura ao seu polinizador local.

As demais espécies de insetos visitantes florais associados a *A. muricata* durante o período de estudo foram apenas ocasionalmente observadas e não mostraram presença de pólen aderido ao seus corpos.

## 2.3 - Comportamento dos visitantes e biologia floral da gravioleira

Cada flor apresentou, em média, 996 estames (DP=101; n=10) e 459 carpelos (DP=73; n=10) (**Figura 3**). Os estames foram retirados da flor com pinça e estilete e foram contados. Para a contagem dos carpelos foi retirada a camada mucilagínosa que os recobria, e os estigmas contados. A quantidade de óvulos foi definida com base no número de carpelos existentes na flor, já que cada carpelo possui apenas um óvulo. A contagem

dos grãos de pólen foi feita retirando-se todo o pólen de uma antera em placa de Petri contendo uma solução de álcool etílico a 70%. Após evaporação da solução de álcool etílico, os grãos de pólen foram contados sob estereomicroscópio.



**FIGURA 3.** Flor aberta de graviola evidenciando estames e carpelos.

A quantidade média de grãos de pólen encontrado por flor, estimada a partir da contagem em cinco anteras de dez flores, foi de  $369.258 \pm 61.813$  [DP] ( $n = 10$ ). A razão pólen/óvulo de 816 corresponde ao padrão de uma espécie facultativamente xenógama segundo Cruden (1977).

Cinquenta flores de *A. muricata* foram monitoradas ao longo da antese. A fase feminina, reconhecida pela secreção de exudatos estigmáticos, iniciou entre 16h50 e 18h00 ( $n=20$ ) com os estigmas já receptivos, associado à emissão de um característico odor das flores. A secreção do exudato ocorreu pouco antes da chegada dos besouros (por volta das 19h00). Autores como Schatz (1990) e Gibernau *et al.*

(1999) sugerem que odores florais de espécies cantarófilas podem desempenhar função semelhante à dos feromônios em *Cyclocephala*.

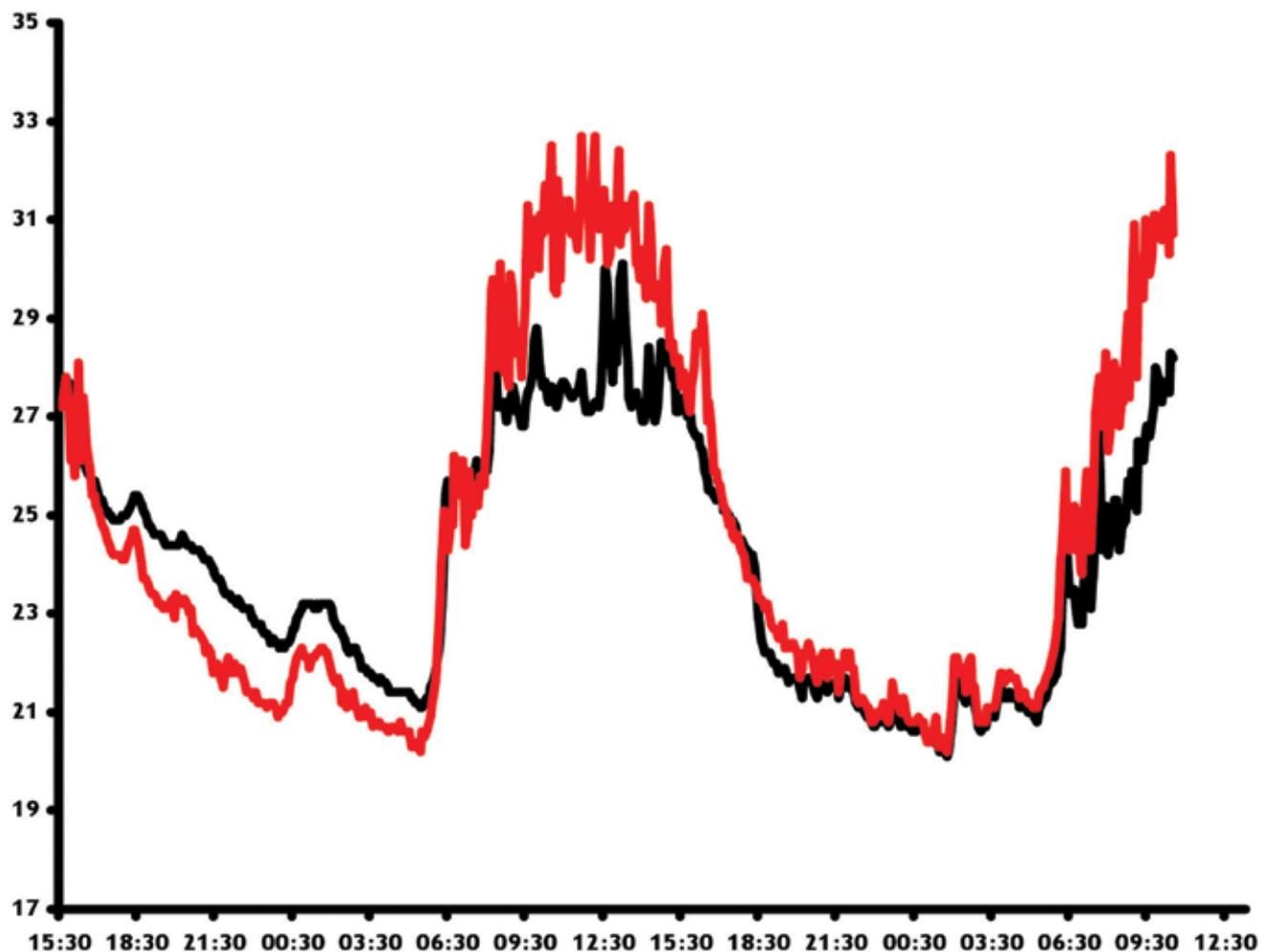
A fase feminina dura de um a dois dias, com receptividade do estigma ocorrendo desde o início da secreção do exudato até o começo da manhã do dia seguinte. A fase masculina, no entanto, dura apenas um dia. O início desta é reconhecido pela visualização das anteras, enquanto que o final culmina com a deiscência de todo o arcabouço floral, à exceção do receptáculo. A variação na duração da fase feminina possivelmente está relacionada à polinização, ou seja, flores polinizadas no primeiro dia de sua abertura entrariam no dia seguinte na fase masculina, mas se não polinizadas adentrariam no segundo dia de fase feminina para assegurar a polinização. Gottsberger (1989) observou grande flexibilidade de ritmo floral em *A. crassiflora* e *A. cornifolia*, mas é evidente a coordenação das fases feminina e masculina para assegurar a transferência de pólen.

Ao longo da tarde e da noite do segundo dia (início da fase masculina), a fixação das pétalas no receptáculo floral se tornou gradativamente mais laxa. Em torno das 20h00 - 20h30, os estames começaram a liberar pólen e os besouros que até então se encontravam abrigados nas câmaras florais tornaram-se ativos. As pétalas e os estames se destacaram dos receptáculos florais pouco tempo depois, em um processo talvez acelerado pela atividade dos insetos. Sem o abrigo das câmaras florais, os besouros cobertos de pólen, aderido ao corpo com auxílio do exudato estigmático, voaram para novas flores odoríferas na fase feminina.

Os besouros que chegaram às flores no primeiro dia da antese (fase feminina) mantiveram-se abrigados dentro das câmaras florais durante o dia seguinte, até o começo da noite. Até nove indivíduos foram encontrados por flor ( $2 \pm 1,7$  [DP],  $n = 43$ ). Foi verificada maior frequência de fêmeas, numa razão de 2,2:1. A eficiência de besouros Cyclocephalini como polinizadores é evidente. Young (1988) mostrou que 1-2 indivíduos são capazes de assegurar a frutificação de *Dieffenbachia longispatha* (Araceae). No entanto, até 70 indivíduos foram observados numa única flor de *A. coriacea* (Gottsberger 1989).

As flores da gravioleira apresentaram termogênese, fenômeno previamente reportado para diversas espécies de Annonaceae (Gottsberger 1989, 1999). Para sua caracterização foi utilizada uma flor em pré-antese. Temperaturas do receptáculo floral e do ar ambiente foram registradas com um termômetro portátil equipado com *data-logger* e sondas individuais (Hanna Instruments Inc., USA), em intervalos regulares de 5 min ao longo de três dias. Para medição das temperaturas no receptáculo floral uma das sondas foi inserida cerca de 0,5 cm na porção média do androceu. A sonda para monitoramento de temperatura ambiente foi posicionada em área sombreada a aproximadamente 50 cm da flor.

O aquecimento nas flores de *A. muricata* foi muito discreto (**Figura 4**). O início da termogênese, na fase feminina, ocorreu por volta das 16h45, horário que coincide com o início da secreção do exudato. As maiores diferenças de temperatura ocorreram na fase feminina com diferenças máximas de temperaturas entre a flor e o ambiente de 2,1°C. A fase masculina apresentou pequenas variações de temperaturas, começando aproximadamente às 17h20, hora que confere com a evidenciação dos estames. A fase masculina apresentou uma elevação de temperatura máxima de apenas 0,6°C em relação à temperatura do ambiente. Desta forma, alterações evidentes de temperatura ocorreram apenas durante a fase feminina da antese. O padrão bifásico de aquecimento floral é característico em *Annona* e várias outras espécies de angiospermas polinizadas por besouros Cyclocephalini (Gottsberger 1986, 1999).



**FIGURA 4.** Temperatura do receptáculo floral (traço negro) e ambiental (traço vermelho) de uma flor de *Annona muricata* durante a antese.

Observou-se uma intensificação do odor atrativo durante os picos de temperatura. Contudo, foi impossível avaliar a importância do aquecimento floral em *A. muricata*, uma vez que a variação de temperatura foi pequena, em comparação com outros estudos realizados em plantas cantarófilas (Maia & Schlindwein 2005, 2006).

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Caracterização das necessidades ambientais das espécies polinizadoras

##### 3.1.1 - Fontes de recursos florais adicionais para os polinizadores no local de estudo

Para determinar as fontes de recursos alimentares utilizadas pelos polinizadores da gravioleira, foi analisado o pólen aderido ao corpo de besouros atraídos por armadilhas luminosas e coletados em flores de espécies cantarófilas locais. O pólen encontrado foi retirado com pequenas porções de gelatina glicerinada corada com fucsina básica e transferido para lâminas. Estas foram aquecidas em lamparinas com álcool, cobertas com uma lamínula e seladas com parafina (Louveaux *et al.* 1978, Wittmann & Schlindwein 1995).

O material botânico foi identificado com base em bibliografia específica e consulta de acervos locais, e depositado no Herbário Geraldo Mariz, da Universidade Federal de Pernambuco (UFP) e no Herbário Lauro Pires Xavier do Departamento de Sistemática e Ecologia, da Universidade Federal da Paraíba (JPB). Das plantas coletadas, foram realizadas lâminas de referência polínica, confeccionadas com metodologia semelhante à descrita acima.

##### 3.1.2 - Características ambientais para manutenção dos estádios imaturos dos besouros polinizadores

As larvas de besouros da subfamília Dynastinae, à qual pertence *C. vestita*, alimentam-se de raízes de gramíneas e partes vegetais em decomposição, (Costa *et al.* 1988, Lawrence & Britton 1991, Lawrence *et al.* 1999, Marinoni *et al.* 2001). Esses micro-habitats foram preferencialmente investigados na área de estudo, na busca por sítios de oviposição e estádios imaturos do polinizador de *A. muricata*. Foram vasculhadas partes vegetativas e sexuais de plantas adultas da gravioleira, em especial raízes e galhos próximos ao solo. O solo do entorno também foi analisado, bem como troncos mortos em diversas fases de decomposição, raízes de plantas ruderais e folhíço. Metodologia semelhante foi aplicada dentro do fragmento de mata nativa adjacente, concentrando-se na área de entorno do pomar.

Apesar de adultos de *C. vestita* serem frequentemente vistos em campo durante o crepúsculo e início da noite, não foram identificadas evidências de sítios de oviposição da espécie na Estação Experimental de Itapirema. A busca por estádios imaturos também se mostrou infrutífera, bem como não foram encontradas galerias, exúvias e orifícios de defecação das larvas.

Obtivemos oviposições e larvas de primeiro instar a partir de fêmeas adultas coletadas em cópula nas flores e levadas para um terrário com solo da própria plantação incluindo gramíneas e suas raízes. A larva de *C. vestita* não era conhecida previamente. As formas de tratamento do cultivo, como a utilização de arados, herbicidas, inseticidas e queimadas devem diminuir sensivelmente o tamanho da população dos besouros e diminuir a produtividade do pomar.

### 3.2 - Avaliação de alternativas para aumentar a abundância dos polinizadores efetivos

Apesar de não registrado e desta maneira ilegal, o uso de inseticidas é comum na cultura estudada, devido a ocorrência de várias espécies de pragas. No pomar estudado, foi aplicado o herbicida de contato Gramoxone®. De composição química, 1,1-dimetil-4,4 bupiridilo dicloreto íon, 200 g/l, o produto possui classe toxicológica I, ou seja, extremamente tóxico. Não possui ação seletiva, afetando os organismos que entram em contato consigo. Porém seu ingrediente ativo, Paraquat, é quebrado quando em contato com o solo, não afetando aqueles organismos que estejam abaixo deste ou mesmo as raízes das plantas (Serra *et al.* 2003). O herbicida eliminou as plantas herbáceas ocorrentes no pomar e pode ter interferido negativamente sobre a população de *Cyclocephala vestita*.

Nos cultivos experimentais estudados foi observada a poda extensiva anual da cultura, a qual tem o intuito de facilitar o deslocamento de trabalhadores para a coleta dos frutos. Também era utilizado o ensacamento de flores polinizadas, pouco após a queda das pétalas, para evitar ataques de insetos brocadores/minadores e cochonilhas sobre os frutos. Algumas flores e frutos foram eliminados no processo, mas tanto a poda como o ensacamento não devem afetar direta ou indiretamente a população larval, uma vez que não ocorre competição de adultos por flores.

No pomar experimental do IPA, em Pernambuco, a existência de um fragmento de Floresta Atlântica no entorno do cultivo, pode ter influenciado positivamente a abundância de besouros polinizadores locais. Em áreas sem a presença de vegetação conservada no entorno, é possível que a abundância de polinizadores seja menor, determinando um maior déficit de polinização.

## 4. Considerações Finais

No presente estudo, foi verificado que uma espécie de coleóptero, *Cyclocephala vestita*, é o único polinizador efetivo de gravioleira na área estudada. Cavalcante (2000) também observou esses besouros como polinizadores efetivos de gravioleira na região de Una, na Bahia. Além das boas taxas de frutificação observadas no pomar da Estação Experimental de Itapirema, onde não se aplicam técnicas de polinização artificial, da abundância e tamanho dos besouros, condizentes com as medidas florais, o comportamento dos besouros de migrarem de uma flor para outra durante a mudança de fase sexual das mesmas, não deixa dúvidas que *C. vestita* é o polinizador local efetivo de *A. muricata*. As análises de grãos de pólen aderidos às cutículas dos espécimes coletados indicaram a presença exclusiva de pólen de *A. muricata*, fato que assinala flores da espécie como único recurso floral utilizado pelos besouros, além da capacidade de transporte de grãos de pólen em abundância.

Não existem registros de indivíduos de *C. vestita* coletados em flores de outras espécies de plantas, mas a ampla distribuição da espécie no Nordeste brasileiro evidencia a utilização de diferentes recursos alimentares pelos adultos de espécies nativas de Annonaceae (Barbosa *et al.* 1996, Silberbauer-Gottsberger *et al.* 2003) e Araceae (Barbosa *et al.* 1996, Maia & Schindwein 2006).

Cavalcante (2000) observou que a presença e abundância de *C. vestita* em pomares de *A. muricata* estão relacionadas à proximidade de áreas com cobertura vegetal nativa. Situação semelhante foi observada na área de estudo, onde um fragmento de Mata Atlântica de cerca de 20 ha margeia o cultivo de gravioleiras. É provável que as áreas de mata disponham de sítios de oviposição, substrato para manutenção de imaturos e/ou recursos alimentares para os adultos. I. Lederman (comunicação pessoal) relata que cultivares de gravioleira

no interior de Pernambuco apresentam taxas de frutificação muito baixas, associadas à pequena abundância de besouros polinizadores. Provavelmente, essas áreas são desprovidas da cobertura florestal necessária à manutenção de populações viáveis dos besouros.

O ciclo floral de *A. muricata* apresentou características comuns a anonáceas polinizadas por besouros Cyclocephalini (Silberbauer-Gottsberger *et al.* 2003). A liberação de odores florais, volatilizados por aquecimento do receptáculo floral no início da noite do primeiro dia da antese, atrai os besouros em seu horário de maior atividade. A termogênese floral em *A. muricata* apresentou-se bastante discreta com relação ao observado em outras espécies do gênero, como *A. crassiflora* e *A. coriacea* (Silberbauer-Gottsberger *et al.* 2003). Seymour *et al.* (2003) apontam o aquecimento floral como um importante recurso energético para os besouros, que necessitam de temperaturas corporais altas para desempenharem várias atividades. No caso de *A. muricata*, a termogênese deve estar unicamente relacionada à liberação dos odores atrativos.

A obtenção de formas imaturas de *C. vestita* em laboratório, até então desconhecidas, mostra a possibilidade de sistematização de um protocolo de criação e manejo do polinizador, visando formas de criação racional para aumentar a disponibilidade de polinizadores nos pomares locais. O sucesso de oviposição em galerias previamente construídas é uma forte indicação de que as fêmeas do besouro utilizam o solo local como sítio de oviposição. No entanto, é necessário ampliar o conhecimento de outros aspectos do ciclo de vida desses besouros, principalmente quanto às fontes de alimento das larvas, ainda praticamente desconhecidas. Em relação aos adultos, não foram observadas outras espécies de plantas visitadas, além da gravioleira, que poderiam ser manipuladas para a manutenção ou ampliação da população de besouros nos períodos de entressafra.

Em grandes pomares, a polinização manual da gravioleira representa um significativo aumento de custos e de tempo, enquanto a polinização natural depende apenas da presença do polinizador efetivo. Desse modo, os pequenos e grandes produtores têm grande benefício, quando há a presença de populações desses besouros na área dos plantios. Devem ser tomadas precauções quanto ao uso de agrotóxicos e outras práticas de manejo da cultura enquanto não se tem conhecimento do impacto dos mesmos nas populações do polinizador.

## 5. Agradecimentos

Agradecemos à Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias (IPA), Itapirema, Pernambuco e todo pessoal de suporte, pelo apoio logístico e permissão de trabalhar na plantação; aos doutores Ildo Eliezer Lederman e João Emmanoel F. Bezerra (IPA) e aos bolsistas Eric Câmara Leal Bezerra Cavalcanti e Marcelo Guimarães de Melo pela colaboração; ao PROBIO, BIRD/GEF, MMA e CNPq, pelo apoio financeiro.

## 6. Referências bibliográficas

- AGUIAR, J.R., BUENO, D.M., FREITAS, B.M., SOARES, A.A. & COSTA, J.T.A. 2000. Tecido nutritivo em flores de gravioleira, *Annona muricata* L. *Ciência Agrônômica* 31:51-55.
- BARBOSA, M.R.V., MAYO, S.J., CASTRO, A.A.J.F., FREITAS, G.L., PEREIRA, M.S., GADELHA NETO, P.C. & MOREIRA, H.M. 1996. Checklist preliminar das angiospermas. In *Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso e Perspectivas* (E.V.S.B. Sampaio, S.J. Mayo & M.R.V. Barbosa, eds.). Sociedade Botânica do Brasil/Seção Regional de Pernambuco, Recife, p.253-415.
- BARTH, F.G. 1991. *Insects and flowers: The biology of a partnership*. New Jersey, Princeton University Press.
- BOSCO, J., AGUIAR-FILHO, S.P. & BARREIRO-NETO, M. 1996. Características físicas de frutos de gravioleiras cultivadas na Paraíba. *Revista Brasileira de Fruticultura* 18:85-91.
- BRAGA FILHO, J.R., VELOSO, V.R.S., NAVES, R.V., NASCIMENTO, J.L. 2005. Danos de *Telemus chapadanus* (Casey 1922) sobre o florescimento do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) no Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 35:25-29.
- BROGLIO-MICHELETTI, S.M.F. & BERTI -FILHO, E. 2000. Control of *Cerconota anonella* in a soursop orchard. *Scientia Agricola* 57:557-559.
- BROGLIO -MICHELETTI, S.M.F., AGRA, A.G.S.M., BARBOSA, G.V.S., GOMES, F.L. 2001. Controle de *Cerconota anonella* (Sepp.) (Lep.: Oecophoridae) e de *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hym.: Eurytomidae) em frutos de graviola (*Annona muricata* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 23:722-725.
- CAVALCANTE, T.R.M. 2000. Polinizações manual e natural da gravioleira (*Annona muricata* L.). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CAVALCANTE, T.R.M., NAVES, R.V., FRANCESCHINELLI, E.V., SILVA, R.P. 2009. Polinização e formação de frutos em araticum. *Bragantia* 68:13-21.
- CAVALCANTE, T.R.M., SILVA, R.P., NAVES, R.V. 2005. Araticum: besouros polinizadores e polinização artificial. In *Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica*, Goiânia. CD-ROM.
- COSTA, C., VANIN, S.A. & CASARI -CHEN, S.A. 1988. *Larvas de Coleoptera do Brasil*. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.
- CRUDEN, R.W. 1977. Pollen-ovules ratios: a conservation indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31:32-46.
- ENDRESS, P.K. 1996. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge, Cambridge University Press.
- ESCOBAR, W.T., ZARATE, R.D.R. & BATISTA, A. 1986. Biología floral y polinización artificial del guanabana (*Annona muricata* L.) em condiciones del valle del Cauca, Colombia. *Acta agronómica* 36:7-20.
- FIGUEROA, M. 1981. Cultivo de la Guanabana. 32 p. In *VIII Convención Nacional de Fruticultores*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracaibo.

- GIBERNAU, M., BARABÉ, D., CERDAN, P. & DEJEAN, A. 1999. Beetle pollination of *Philodendron solimoesense* (Araceae) in French Guiana. *International Journal of Plant Science* 160:1135-1143.
- GOTTSBERGER, G. 1986. Some pollination strategies in Neotropical savannas and forests. *Plant Systematics and Evolution* 152:29-45.
- GOTTSBERGER, G. 1989. Beetle pollination and flowering rhythm of *Annona* spp. (Annonaceae) in Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 167:165-187.
- GOTTSBERGER, G. 1990. Flowers and beetles in the South American tropics. *Botânica Acta* 103:360-365.
- GOTTSBERGER, G. 1999. Pollination and evolution in Neotropical Annonaceae. *Plant Species Biology* 14:143-152.
- KIILL, L.H.P. & COSTA, J.G. 2003. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. *Ciência Rural* 33:851-856.
- LAWRENCE, F.A., HASTING, A.M., DALLWITZ, M.J., PAINE, T.A. & ZURCHER, E.J. 1999. Beetles of the world. A key and information system for families and subfamilies. Melbourne, CSIRO Publishing.
- LAWRENCE, J.F. & BRITTON, E.B. 1991. Coleoptera. In *The Insects of Australia* (CSIRO eds.). New York, Cornell University Press, p.543-683.
- LEDERMAN, I.E. & BEZERRA, J.E.F. 1997. Indução e Polinização de Anonáceas. In *Anonáceas Produção e mercado (Pinha, graviola, atemóia e cherimólia)* (A.R. São José, I.V.B. Souza, O.M. Morais & T.N.H. Rebouças, eds.). Vitória da Conquista, DFZ/UESB, p.141-149.
- LEMOS, E.E.P., PEREIRA, P.C.C. & CAVALCANTE, R.L.R. 1999. Artificial pollination of soursop (*Annona muricata* L.), to improve fruit yield and quality. In *Anais del Congresso Internacional de Anonáceas* (J.T.S. Torres, J.M. Hermoso Gonsales & J.M. Farre Massip, eds.), v.2, Chiapas, p.247-250.
- LIMA, M.A.C. 2004. O cultivo da gravioleira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26:385-566.
- LOPES, J.G.V. 1987. A cultura da gravioleira. In *Informativo SBF*, v.6, n.2, p.14-25.
- LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A. & VORWOHL, G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World* 59:139-157.
- MAIA, A.C.D. & SCHLINDWEIN, C. 2006. *Caladium bicolor* (Araceae) and *Cyclocephala celata* (Coleoptera, Dynastinae): a well established pollination system in the northern Atlantic Rainforest of Pernambuco, Brazil. *Plant Biology* 8:529-534.
- MAIA, A.C.D. & SCHLINDWEIN, C. 2005. Pollination of *Philodendron acutatum* Schott (Araceae) in Pernambuco. In *VII Congresso de Ecologia do Brasil*. Caxambu.
- MANICA, I. 1997. Taxonomia, Morfologia e Anatomia. In *Anonáceas. Produção e Mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia)* (A.R. São José, I.V.B. Souza, O.M. Morais & T.N.H. Rebouças, eds.). Vitória da Conquista, DFZ/UESB. p.20-35.
- MARINONI, R.C., GANHO, N.G., MONNÉ, M.L. & MERMUDES, J.R.M. 2001. Hábitos alimentares em Coleoptera (Insecta). Ribeirão Preto, Holos, Editora Ltda.

- MORTON, J.F. 1966. The soursop or guanabana (*Annona muricata* Linn.). Proceedings of Florida State Horticultural Society 79:355-366.
- PINTO, A.C.Q. & GENÚ, P.J.C. 1984. Contribuição ao estudo técnico científico da graviola (*Annona muricata* L.). In VII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Florianópolis, p.529-546.
- PINTO, A.C.Q. & RAMOS, V.H.V. 1997a. Graviola: Formação do Pomar e Tratos Culturais. In Anonáceas. Produção e Mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). (A.R. São José, I.V.B. Souza, O.M. Morais & T.N.H. Rebouças, eds.). Vitória da Conquista, DFZ/UESB, p.94-104.
- PINTO, A.C.Q. & RAMOS, V.H.V. 1997b. Melhoramento Genético da Graviola. In Anonáceas. Produção e Mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). (A.R. São José, I.V.B. Souza, O.M. Morais & T.N.H. Rebouças, eds.). Vitória da Conquista, DFZ/UESB, p.55-60.
- PINTO, A.C.Q. & SILVA, E.M. 1994. Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção Série Publicações Técnicas FRUPEX Embrapa, v.7. Brasília.
- PINTO, A.C.Q., RAMOS, V.H.V. & RODRIGUES, A.A. 2001. Floração, polinização, frutificação e produção. In Graviola. Produção: aspectos técnicos. (M.A.S. Oliveira, ed.) Planaltina, Embrapa Informações Tecnológicas, p.48-51.
- SACRAMENTO, C.K., FARIA, J.C., CRUZ, F.L., BARRETTO, W.S., GASPARG, J.W. & VIEIRA -LEITE, J.B. 2003. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.). Revista Brasileira de Fruticultura 25:329-331.
- SÃO JOSÉ, A.R. 1997. Aspectos Gerais das Anonáceas no Brasil. In Anonáceas. Produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). (A.R. São José, I.V.B. Souza, O.M. Morais & T.N.H. Rebouças, eds.). Vitória da Conquista, DFZ/UESB, p.5-6.
- SÃO JOSÉ, A.R., REBOUÇAS, T.N.H., SILVA, A.C., NIETO -ANGEL, D. & BONFIM, M.P. 1999. El cultivo de guanábana (*Annona muricata* L.) y saramuyo (*A. squamosa* L.) en Brasil. In Anais del Congreso Internacional de Anonaceas, 2 (J.T.S. Torres, J.M. Hermoso Gonsales & J.M. Farre Massip, eds.). Chiapas, p.224-229.
- SCHATZ, G.E. 1990. Some aspects of pollination biology in Central American forests. In Reproductive ecology of tropical forest plants (K.S. Bawa & M. Hadley, eds.). Paris, Parthenon, p.69-84.
- SEATON, L. 1988. Perishability: the problem for cherimoya and soursop market growth. Fruit Trades Journal 2:16-32.
- SERRA, A., DOMINGOS, F. & PRATA, M.M. 2003. Intoxicação por Paraquat. Acta Médica Portuguesa 16:25-32.
- SEYMOUR, R.S., WHITE, C.R. & GIBERNAU, M. 2003. Heat reward for insect pollinators. Nature 426:243-244.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., GOTTSBERGER, G. & WEBBER, A.C. 2003 Morphological and functional flower characteristics of New and Old World Annonaceae with respect to their mode of pollination. Taxon 52:701-718.
- WEBBER, A.C. 1981. Biologia Floral de algumas Annonaceae na região de Manaus, AM. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus.

WITTMANN, D. & SCHLINDWEIN, C. 1995. Melittophilous plants, their pollen and flower visiting bees in Southern Brazil 1: Loasaceae. *Biociências* 3:19-34.

YOUNG, H.J. 1988. Differential importance of beetle species pollinating *Dieffenbachia longispatha* (Araceae). *Ecology* 69:832–844.

### Diagnóstico e manejo dos polinizadores da mangabeira em Pernambuco e Paraíba: conservando polinizadores para produzir mangabas (*Hancornia speciosa*, Apocynaceae)

Reisla Oliveira<sup>1</sup>; Clemens Schlindwein<sup>2</sup>; Celso Feitosa Martins<sup>3</sup>; José Araújo Duarte Junior<sup>1</sup>;  
Carlos Eduardo Pinto<sup>4</sup>; Fernando César Vieira Zanella<sup>5</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

O valor sócio-econômico da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes – Apocynaceae) está associado à comercialização dos seus frutos, as mangabas, utilizadas quase que exclusivamente na fabricação de sucos concentrados, sorvetes e polpa congelada. Outros derivados como doces compotas, geléias, refrigerantes e licores são pouco difundidos e praticamente desconhecidos da maioria dos consumidores devido à escassez da matéria prima (Lederman & Bezerra 2006). Além dos frutos, outras partes da mangabeira têm potencial uso comercial. O látex contido no caule, por exemplo, foi empregado na fabricação de borracha entre 1910 e 1912 e durante a Segunda Guerra Mundial (Bekkedahl & Saffioti 1948, Heringer 1958, Pinheiro & Pinheiro 2006); folhas, casca e látex são utilizados com fins medicinais (Silva Junior 2003).

Entre 1996 e 2001, no Brasil foram produzidas entre 1181 e 1364 toneladas de mangabas por ano, produção colhida quase exclusivamente de forma extrativista nos Tabuleiros Costeiros no Nordeste do Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia e áreas do Cerrado de Minas Gerais (IBGE 2000, Lederman & Bezerra 2006). Plantios comerciais ainda são raros. Nos últimos anos, a ocorrência natural da mangabeira nos Tabuleiros Costeiros diminuiu drasticamente devido às construções desordenadas ligadas à expansão do turismo e pela intensa concorrência com o cultivo da cana-de-açúcar que se expandiu pelos solos dos Tabuleiros Costeiros nos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (Lederman & Bezerra 2006). No período de frutificação, entre janeiro a abril, inúmeras famílias estão envolvidas na colheita e comercialização dos frutos em feiras livres.

1 Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro s/n, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Biodiversidade Bauxita 35400-000 - Ouro Preto, MG. reisla\_oliveira@yahoo.com.br

2 Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, Belo Horizonte

3 Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, Paraíba

4 Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife

5 Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba



**FIGURA 1.** Estação Experimental de Mangabeira, Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), João Pessoa; (A, B) Cultivo de mangabeira procedentes da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. (C, D) Em viveiros, mudas das mangabeiras são produzidas para distribuição entre pequenos produtores rurais.

Na Paraíba, a comercialização da mangaba constitui uma fonte de renda sazonal, mas importante para famílias na mesorregião de João Pessoa e dos litorais norte e sul. Na EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba), em João Pessoa, desde 1991, mangabeiras de 21 procedências compõem um Banco Ativo de Germoplasma e vêm sendo avaliadas quanto a sua produtividade e qualidade nutricional dos frutos (Barreiro Neto 2003, Silva *et al.* 2006) (**Figura 1**). A empresa busca desenvolver um sistema de produção tecnificado.

Distribuída da Bolívia ao Brasil (Engler 1964, Lorenzi 1992), *Hancornia speciosa* é uma arvoreta típica do Cerrado e dos Tabuleiros Costeiros (Tavares 1964, Rizzini 1997) (**Figura 2**). Os Tabuleiros Costeiros apresentam fisionomia do Cerrado e ocorrem em áreas sobre solos arenosos pobres e lixiviados, próximas ao litoral no Nordeste brasileiro, sobre a Formação Geológica Barreiras no domínio da Mata Atlântica (Andrade-Lima 1960). Esta formação vegetacional herbáceo-ar-

bustiva é composta por elementos exclusivos como *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae), *Hirtella ciliata* Mart. & Zucc. e *H. racemosa* Lam. (Chrysobalanaceae) e típicos do Cerrado como a própria mangabeira, *Curatella americana* L. (Dilleniaceae) e *Bowdichia virgilioides* Kunth (Fabaceae) (Tavares 1964).

### 1.1 - Mangabas

As mangabas são bagas carnosas, amarelo, verdes e com manchas vermelhas (**Figura 3**). No Tabuleiro Paraibano, o pico de frutificação ocorre de janeiro a abril. Quando duas safras ocorrem ao ano, a segunda é entre agosto e outubro.

### 1.2 - Flores

As flores da mangabeira são brancas, hipocrateriformes, com um tubo floral longo (3,4 cm; amplitude= 2,5 a 4,2cm) e estreito (1,2 mm de diâmetro) (**Figura 4**). As anteras localizam-se ao redor do ápice da



**FIGURA 2.** Mangabeiras (*Hancornia speciosa* no Tabuleiro Costeiro Paraibano (Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape). O porte das árvores, indicadas por setas, pode variar de 2 a 7 metros.



**FIGURA 3.** As mangabas são consumidas *in natura* ou processadas como suco, sorvete e geléia. Apesar da crescente demanda pelo fruto no mercado nacional, sua produção ainda ocorre de forma extrativista.

A antese das flores, sincronizada entre os indivíduos, inicia-se entre 15h30 e 16h30 e perdura até as 10h00 do dia seguinte. O início da antese é marcado pela liberação de um forte odor adocicado. Durante a abertura das flores, há uma deflexão da parte livre das pétalas que se recurvam em ângulo obtuso em relação ao centro do tubo floral. Ao final da antese, as flores estão murchas e castanhas.

### 1.3 - Sistema Reprodutivo

*Hancornia speciosa* é uma espécie autoincompatível e produz frutos apenas após polinização cruzada. Após polinização cruzada manual, as taxas de frutificação formam de 21% em uma população no Tabuleiro Paraibano na Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape (PB) e de 40% na plantação da EMEPA (**Figura 7**).

cabeça estigmática onde liberam seu pólen antes da antese da flor. O pólen é depositado na porção estéril da cabeça estigmática (apresentação secundária do pólen) e se forma uma câmara polínica (Schlindwein *et al.* 2004, Darrault & Schlindwein 2006).

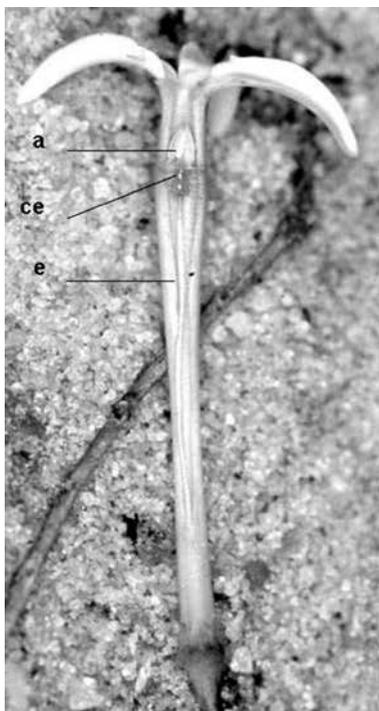
O néctar é secretado ao redor dos ovários e para coletá-lo, um visitante deve possuir peças bucais longas o suficiente para alcançar o fundo da corola e fortes para passar por canais estabelecidos ao longo do tubo floral (**Figura 5**). Tais canais, com cerca de 1,0 mm de diâmetro, estão entre os estiletos e estendem-se em direção à base do tubo floral. São delimitados por 10 fileiras de pêlos que agem como guias das peças bucais dos visitantes em direção ao néctar, único recurso alimentar oferecido pelas flores. A cerca de 1 cm da base da corola, os canais são delimitados apenas por cinco fileiras dos pêlos grossos.

A cabeça estigmática, com cerca de 2,1 mm de comprimento, é verticalmente setorizada em três áreas funcionais (**Figura 6**): uma apical, estéril, para deposição do pólen endógeno, seguida por uma secretora de uma substância mucilagínosa, adesiva e uma basal funcionando como su-

perfície estigmática receptiva (Schick 1980, Darrault & Schlindwein 2005).



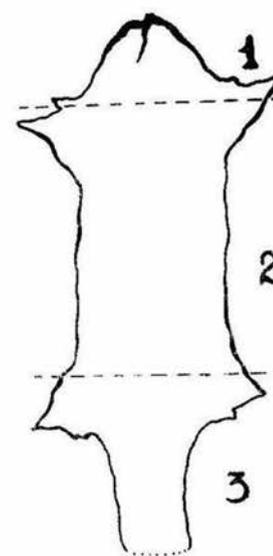
**FIGURA 4.** Flor e botão floral da mangabeira. As flores brancas têm, em média, 3,4cm de comprimento e 1,2mm de largura.



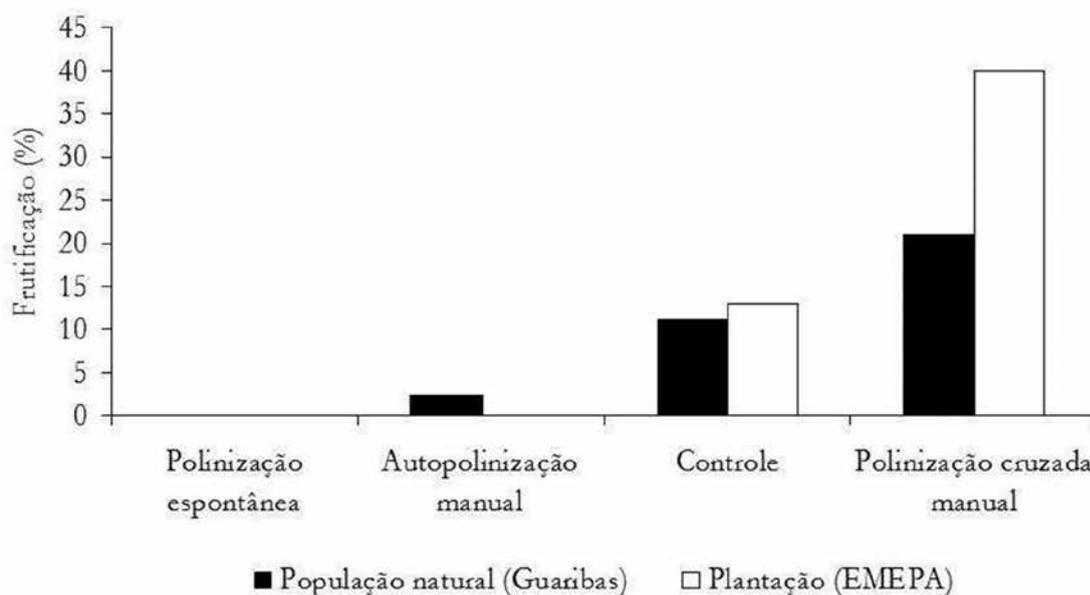
**FIGURA 5.** Flor da mangabeira em corte longitudinal. As anteras (a) depositam pólen no ápice da cabeça estigmática (ce) formando uma câmara polínica. Logo abaixo da cabeça estigmática e no terço inferior do tubo floral encontram-se fileiras longitudinais de pêlos que formam canais por onde passam peças bucais de visitantes florais em busca de néctar no fundo da corola; a: anteras, ce: cabeça estigmática com substância adesiva na parte central (brilhante); e: estilete.

Nos dois locais a taxa de frutificação natural da mangabeira, resultado da polinização por insetos, esteve muito abaixo daquela proveniente de polinização cruzada manual: 13% no cultivo da EMEPA e 11% na população no Tabuleiro em Guaribas. Isto significa que a produtividade em número de frutos por pé poderia ser triplicada ou quadruplicada se as populações de polinizadores fossem maiores.

Na Rebio Guaribas, o número total de sementes produzidas por fruto foi, em média, quatro vezes maior naqueles decorrentes de polinização cruzada manual em relação aos do controle (**Tabela 1**). Nestes, o número de sementes produzidas por fruto variou de duas a três (n=5), e nos de polinização cruzada manual de 1 a 25 (n=9). Em média, foram fertilizados 12% dos óvulos das flores submetidas à polinização cruzada, 3% das polinizadas naturalmente e 1% das autopolinizadas, estas com apenas uma semente por fruto. A variação do número de sementes das mangabas deve estar relacionada a um número variável de grãos de pólen depositados na porção receptiva da cabeça estigmática.



**FIGURA 6.** Desenho esquemático da cabeça estigmática de *Hancornia speciosa*, corte longitudinal. 1- porção apical estéril, deposição de pólen endógeno; 2- porção mediana, secretores; 3- porção basal, superfície estigmática receptiva; (modificado de Darrault & Schindwein 2005).

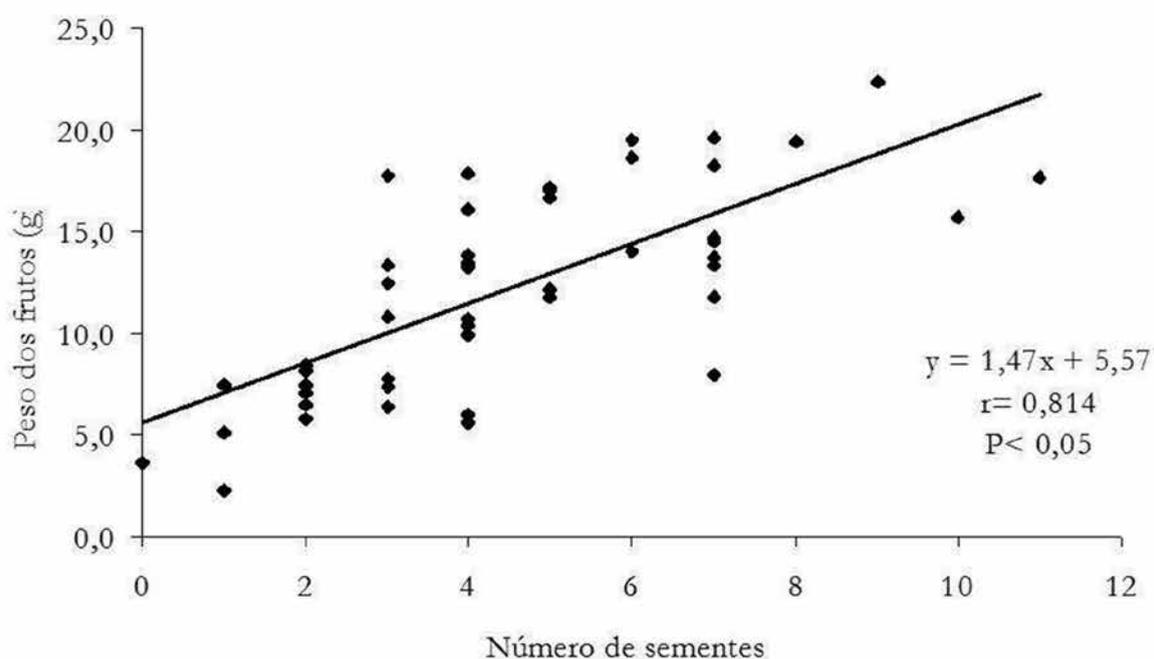


**FIGURA 7.** Taxa de frutificação de mangabeiras em uma população natural na Reserva Biológica Guaribas e na plantação da Estação Experimental de Mangabeira da EMEPA, ambas na Paraíba. Em Guaribas, houve um acréscimo de 95,5% no número de frutos produzidos a partir da polinização cruzada manual em relação à natural (controle).

**Tabela 1.** Número de sementes em frutos maduros decorrentes de diferentes tratamentos de polinização em flores de *Hancornia speciosa* numa população natural na Rebio Guaribas (PB) (Darrault & Schlindwein 2005).

	Autopolinização manual	Polinização cruzada manual	Controle	Auto-polinização espontânea
Frutos	1	9	5	0
Nº total de sementes	1	80	10	0
Nº médio de sementes/fruto ± desvio padrão	1,0	8,8 ± 6,6	2,0 ± 0,7	0

No Tabuleiro Paraibano, frutos colhidos de indivíduos não submetidos a tratamento algum apresentaram um número variado de sementes (1-12; n=52). Houve uma correlação positiva, significativa entre o número de sementes e o peso dos frutos ( $r = 0,8135$ ;  $P < 0,05$ ) (**Figura 8**), indicando que frutos com um maior número de sementes são mais pesados (Darrault & Schlindwein 2006).

**FIGURA 8.** Relação entre número de sementes e peso das mangabas. Uma arvoreta apresenta frutos com peso e número de sementes variadas, de modo que flores polinizadas de forma mais eficiente resultam em frutos mais pesados (de Darrault & Schlindwein 2006).

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Visitantes florais

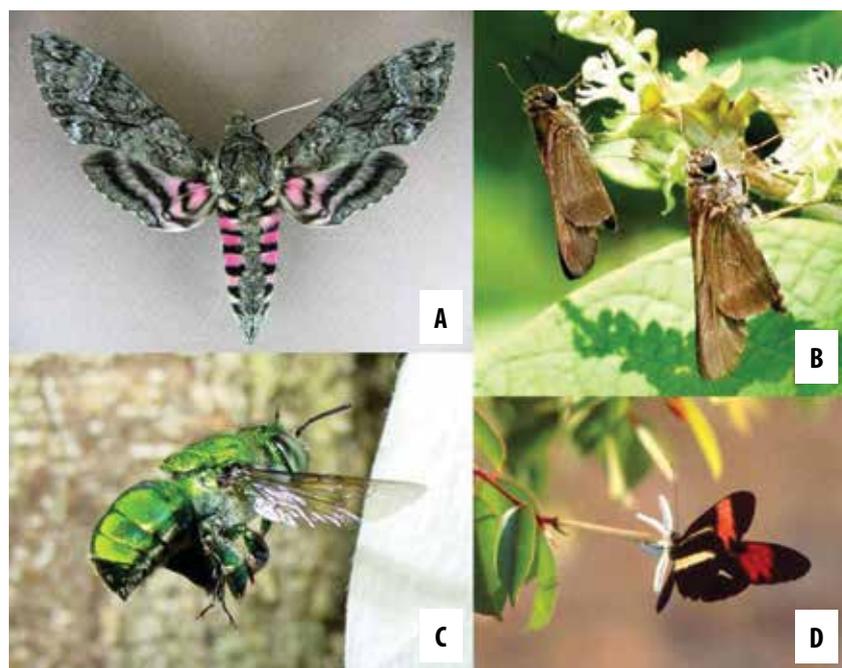
Insetos de 33 espécies recorreram às flores da mangabeira para se alimentar, incluindo abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae), borboletas HesperIIDae e Nymphalidae (Lepidoptera) e, especialmente, esfingídeos (Sphingidae - Lepidoptera) (**Tabela 2, Figura 9**). Esfingídeos visitaram as flores à noite e os demais visitantes em horas crepusculares e pela manhã. Os visitantes florais da mangabeira são portanto insetos diurnos e noturnos, mas a maior parte com peças bucais longas (Darrault & Schlindwein 2005).

**Tabela 2.** Visitantes florais da mangabeira (*Hancornia speciosa*, Apocynaceae) na Rebio Guaribas; número de indivíduos amostrados, comprimento das peças bucais e turno de visita (modificado de Darrault & Schlindwein 2006).

VISITANTES FLORAIS	Nº de indivíduos	Comprimento do aparelho bucal	Turno <sup>1</sup> (horário)
<b>HYMENOPTERA</b>			
<b>APIDAE</b>			
APINAE			
CENTRIDINI			
<i>Centris</i> sp.	2	0,6	M
<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i> Lepelletier, 1841	1	-	M
XYLOCOPINAE			
XYLOCOPINI			
<i>Xylocopa (Megaxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	2 <sup>2</sup>	-	M
EUGLOSSINI			
<i>Euglossa</i> sp.	1 <sup>2</sup>	-	M
<i>Eulaema bombiformis</i> (Packard 1869)	3	-	M
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	3	-	CM; M
<i>Eulaema flavescens</i> (Friese 1899)	2	-	M
<i>Eulaema nigrita</i> Lepelletier 1841	7	2,9	M;T
<i>Exaerete smaragdina</i> Guérin, 1845	1	-	M
BOMBINI			
<i>Bombus brevivillus</i> Franklin, 1913	1		
<b>LEPIDOPTERA</b>			
<b>HESPERIIDAE</b>			
<i>Bupalotis</i> sp.	1	3,8	CM
<i>Dysocephaly nicephorces</i> (Hewitson, 1867)	1	3,8	CM
<i>Nascus phocus</i> (Cramer, 1777)	2	4,6	M ; CV
<i>Perichares philetus adela</i> (Hewitson, 1867)	3	4,3	CM
<i>Phocides pigmalion</i> (Cramer, [1779])	1	2,5	M
<i>Urbanus durantes durantes</i> (Stoll, 1790)	2	4,6	CM
<i>Urbanus proteus proteus</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	CM;M
<i>Urbanus teleus</i> (Hübner, 1821)	1	-	M
<b>NYMPHALIDAE</b>			
<i>Heliconius phyllis</i> (Fabricius, 1793)	1	1,5	M
<i>Heliconius nanna</i> Stichel, 1899	12	1,5	CM; M
<i>Historis acheronta</i> (Fabricius, 1775)	1	-	MD

VISITANTES FLORAIS	Nº de indivíduos	Comprimento do aparelho bucal	Turno <sup>1</sup> (horário)
<b>SPHINGIDAE</b>			
MACROGLOSSINI			
<i>Hyles euphorbium</i> (Guérin-Méneville & Percheron, 1835)	2	2,8	MD
DILOPHONOTINI			
<i>Aellopos fadus</i> (Cramer, 1775)	1 <sup>3</sup>	1,4	CM; M
<i>Agrius cingulatus</i> (Fabricius, 1775)	2	-	MD
<i>Enyo ocypte</i> (Linnaeus, 1758)	1 <sup>3</sup>	2,2	N; MD
<i>Erinnyis ello</i> (Linnaeus, 1758)	5	3,7	N ; MD
<i>Isognathus caricae</i> (Linnaeus, 1758)	1 <sup>3</sup>	4,0	N; MD
<i>Isognathus menechus</i> (Boisduval, [1875])	4	3,9	N; MD
<i>Pachylia ficus</i> Linnaeus, 1758	2	3,7	CV; N
<i>Pachylia syces</i> (Hübner, [1819])	1 <sup>3</sup>	3,7	N
<b>SPHINGINI</b>			
<i>Manduca diffissa</i> (Butler, 1871)	1 <sup>3</sup>	8,2	MD
<i>Manduca sexta paphus</i> (Cramer, 1779)	6	7,2	N; MD
<i>Neogene dynaeus</i> (Hübner, [1827]-[1831])	2 <sup>3</sup>	1,5	N
Nº total de indivíduos	77		

<sup>1</sup>CM= crepúsculo matutino (04h – 05h); CV= crepúsculo vespertino (17h – 18h); M= manhã; T= tarde; N= noite (18h – 00h) e MD= madrugada (00h – 04h). <sup>2</sup>Indivíduos apenas observados. <sup>3</sup>Indivíduos coletados em iscas luminosas (luz mista ou luz negra).

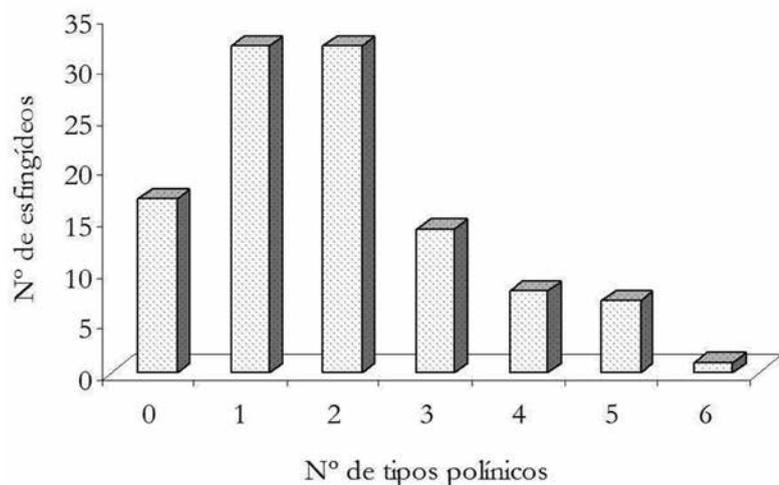


**FIGURA 9.** Visitantes florais da mangabeira (A) *Agrius cingulatus* - Sphingidae. (B) *Urbanus* sp. – Hesperidae. (C) *Euglossa cordata* – Apidae. (D) *Heliconius* sp. – Nymphalidae.

Os esfingídeos (37% das visitas) foram os visitantes florais mais frequentes, seguidos pelas Euglossini (20%), Hesperidae (19%) e Nymphalidae (17%) (**Tabela 2**). Ainda que mais frequentes, os esfingídeos foram provavelmente subamostrados já que devido ao seu hábito noturno, muitos indivíduos observados não puderam ser coletados. Além disso, cerca de 46% das espécies de esfingídeos amostradas por um ano na região utilizaram *H. speciosa* como fonte alimentar (Darrault & Schindwein 2002).

Os visitantes florais da mangabeira transportam seu pólen exclusivamente nas peças bucais. A análise

dos grãos de pólen aderidos à espirotromba dos esfingídeos mostrou que estes geralmente carregaram poucos tipos polínicos. Na espirotromba de 70% dos esfingídeos amostrados foi encontrado pólen de apenas uma a duas espécies de plantas (**Figura 10**).



**FIGURA 10.** Número de tipos polínicos registrados nas espirotrombas de esfingídeos. A maioria dos indivíduos carrega pólen de uma a duas espécies de plantas, se mostrando altamente fiel durante uma viagem de forrageio (modificado de Darrault & Schlindwein 2002).

Apenas 1/3 dos indivíduos apresentaram mais de três tipos polínicos nas espirotrombas. Isto significa que estas mariposas são vetores de pólen bastante fiéis e que a probabilidade de transportar pólen para o estigma de um indivíduo co-específico é alta. Parece, contudo, que relações espécie-específicas estreitas não predominam nas comunidades esfingídeos-plantas esfingófilas, como corroborado pelos poucos dados disponíveis em Mata Seca, Costa Rica (Haber & Frankie 1989), no Tabuleiro Paraibano (Darrault & Schlindwein 2002) e na Caatinga (Duarte & Schlindwein não publ.).

Nas diferentes comunidades de esfingídeos e plantas esfingófilas, a segregação temporal da antese deve ser um mecanismo importante para diminuir o fluxo polínico interespecífico. Certas espécies de plantas são dominantes em comunidades naturais, em termos de abundância, e em plantações como aquelas de mangaba, os esfingídeos devem apresentar fidelidade floral muito alta.

## 2.2 - Influência do comportamento dos polinizadores na produtividade do cultivo

A mangabeira é autoincompatível e os grãos de pólen precisam ser transportados de uma planta para outra para haver formação de frutos. Indivíduos de todas as espécies de polinizadores visitaram diversas flores da mesma planta antes de procurarem por outra. Essas visitas sucessivas na mesma mangabeira resultam na deposição decrescente de pólen exógeno, aumentando a taxa de transferência de pólen entre flores do mesmo indivíduo (geitonogamia), diminuindo o valor da polinização para a formação de frutos.

O mecanismo de polinização de flores da mangabeira é altamente eficiente: cerca de 46% do pólen trazido nas peças bucais de um esfingídeo, por exemplo, é captado na parte receptiva da cabeça estigmática. Simulações, com um fio de náilon, de seis visitas florais consecutivas no mesmo indivíduo da mangabeira mostraram que somente na primeira e na segunda visita há alta probabilidade de formação de frutos. A partir da quinta visita nenhum fruto foi formado (Pinto *et al.* 2008). Isso demonstra que o elevado grau de geitonogamia exerce um forte efeito negativo no sucesso reprodutivo de *H. speciosa*.

O comportamento de forrageio ideal de um polinizador de *H. speciosa* seria visitar apenas uma ou duas flores por arvoreta. Caso houvesse uma baixa incidência de geitonogamia, uma visita que resultasse na retirada de cerca de 700 grãos de pólen, carga polínica média registrada nos experimentos com as línguas preparadas, exceto no caso de Hesperíidae, seria suficiente para polinizar todos os óvulos de nove flores (Darrault

& Schlindwein 2006, Pinto *et al.* 2008). Contudo, considerando a frequente ocorrência de geitonogamia, cada flor deve necessitar de mais de uma visita para que todos os seus óvulos sejam fecundados. Com o crescimento populacional dos polinizadores espera-se a produção de mangabas mais pesadas e em maior número.

## 2.3 - Requerimentos ecológicos das espécies de polinizadores

### 2.3.1 - Fontes adicionais de recursos florais para esfingídeos

Apesar da conspicuidade dos esfingídeos, levantamentos sistematizados da esfingofauna brasileira são escassos, sobretudo se comparados com aqueles de outros polinizadores como as abelhas. O hábito noturno e a necessidade de se empregar armadilhas luminosas para coleta dificulta a elaboração de listas esfingídeo-plantas. Atualmente há somente duas disponíveis no país (Darrault & Schlindwein (2002) para o Tabuleiro Costeiro e Duarte & Schlindwein (em prep.) para a Caatinga).

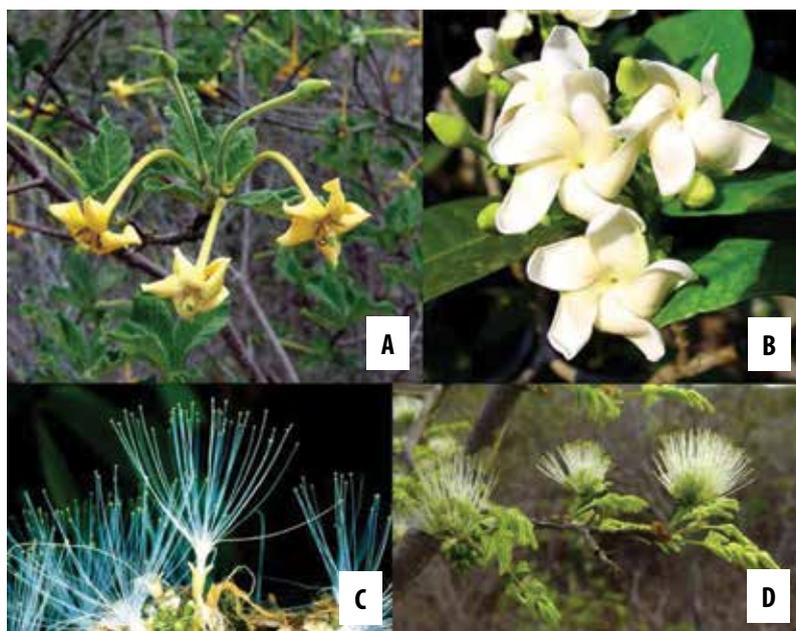
Devido à dificuldade em se registrar visitas florais de esfingídeos durante a noite, sobretudo para flores de árvores, buscamos o acesso indireto às relações dos esfingídeos com plantas esfingófilas através da análise do pólen aderido às peças bucais. A análise polínica mostrou que no ambiente do Tabuleiro em Mamanguape, onde a mangabeira é componente abundante, esfingídeos de 24 espécies utilizaram flores de 36 espécies de plantas, incluindo *H. speciosa* (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Plantas cujas flores foram visitadas por esfingídeos no Tabuleiro Paraibano. As plantas esfingófilas foram registradas através da análise de pólen aderido às espirotrombas dos esfingídeos. Várias morfo-espécies foram identificadas ao nível de gênero (de Darrault & Schlindwein 2002).

Espécies de plantas	Forma da flor
<b>APOCYNACEAE</b>	
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Hipocrateriforme
<i>Mandevilla scabra</i> (Roem. & Schult.) K. Schum.	Goela/ infundibuliforme
<b>ASTERACEAE</b>	
sp.1	-
<b>BIGNONIACEAE</b>	
<i>Pithecoctenium</i> sp.	Goela
Morfo-espécie 1 (3-zono-colporado)	-
<b>BORAGINACEAE</b>	
<i>Cordia</i> sp.	Infundibuliforme
<i>Tournefortia</i> sp.	Infundibuliforme
<b>CAPPARIDACEAE</b>	
<i>Capparis</i> sp.	Pincel
<b>CONVOLVULACEAE</b>	
<i>Ipomoea</i> sp.	Infundibuliforme
Morfo-espécie 1 (3-zono-colporado)	-

Espécies de plantas	Forma da flor
<b>EUPHORBIACEAE</b>	
<i>Cnidocolus</i> sp.	Hipocrateriforme
<b>LORANTHACEAE</b>	
Morfo-espécie 1 (3-zono-colporado)	Hipocrateriforme
<b>LYTHRACEAE</b>	
<i>Cuphea flava</i> Spreng.	Goela/ labiada
<b>MYRTACEAE</b>	
Morfo-espécie 1 (3-zono-colporado)	Pincel
Morfo-espécie 2 (3-zono-colporado)	Pincel
Morfo-espécie 3 (3-zono-colporado)	Pincel
Morfo-espécie 4 (3-zono-colporado)	Pincel
<b>MIMOSACEAE</b>	
<i>Calliandra</i> sp.	Pincel
<i>Inga</i> sp.1	Pincel
<i>Inga</i> sp.2	Pincel
<b>RUBIACEAE</b>	
<i>Guettarda platyipoda</i> DC.	Hipocrateriforme
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltl.) K.Schum.	Hipocrateriforme
Morfo-espécie 1 (8-zono-colporado)	-
Morfo-espécie 2 (zono-colporado)	-
Morfo-espécie 3 (8-zono-colporado)	-
<b>SAPINDACEAE</b>	
<i>Serjania</i> sp.	Goela/ labiada
<b>TILIACEAE</b>	
<i>Luehea paniculata</i> Mart.	Disco/ pincel
<b>NÃO IDENTIFICADOS</b>	
Morfo-espécie 1 (3-zono-colporado)	-
Morfo-espécie 2 (zono-colporado)	-
Morfo-espécie 3 (panto-porado)	-
Morfo-espécie 4 (3-panto-colporado)	-
Morfo-espécie 5 (4-zono-porado)	-
Morfo-espécie 6 (3-zono-colporado)	-
Morfo-espécie 7 (zono-colporado)	-
Morfo-espécie 8 (zono-colporado)	-
Morfo-espécie 9 (3-zono-colporado)	-

Flores esfingófilas são tipicamente brancas, apresentam antese noturna, emitem perfume adocicado intenso e muitas vezes possuem tubos florais compridos (Müller 1873, Vogel 1954, Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger 1975). Via análise polínica, contudo, ficou evidente que tais polinizadores apresentaram alta flexibilidade em relação aos hábitos e aos tipos florais das plantas visitadas. As espécies mais abundantes e registradas por quase todo ano, como *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) e *Isognathus menechus* (Boisduval, 1875), visitaram flores de diferentes formas, incluindo as hipocrateriformes, em forma de disco, goela e pincel (veja **Figura 11**).



**FIGURA 11.** Plantas esfingófilas utilizadas por esfingídeos no Tabuleiro Costeiro na Paraíba. (A) Flores de *Tocoyena formosa* (Rubiaceae). A cor destas flores muda de branco para amarelo; (B) espécie de Apocynaceae; (C) *Inga* sp. (Mimosaceae); (D) espécie de Mimosaceae.

mangabeira e *Guettarda platypoda* DC, fontes de alimento a indivíduos de mais de 70% das espécies de esfingídeos amostradas, não florescem.

### 2.3.2 - Plantas hospedeiras das lagartas

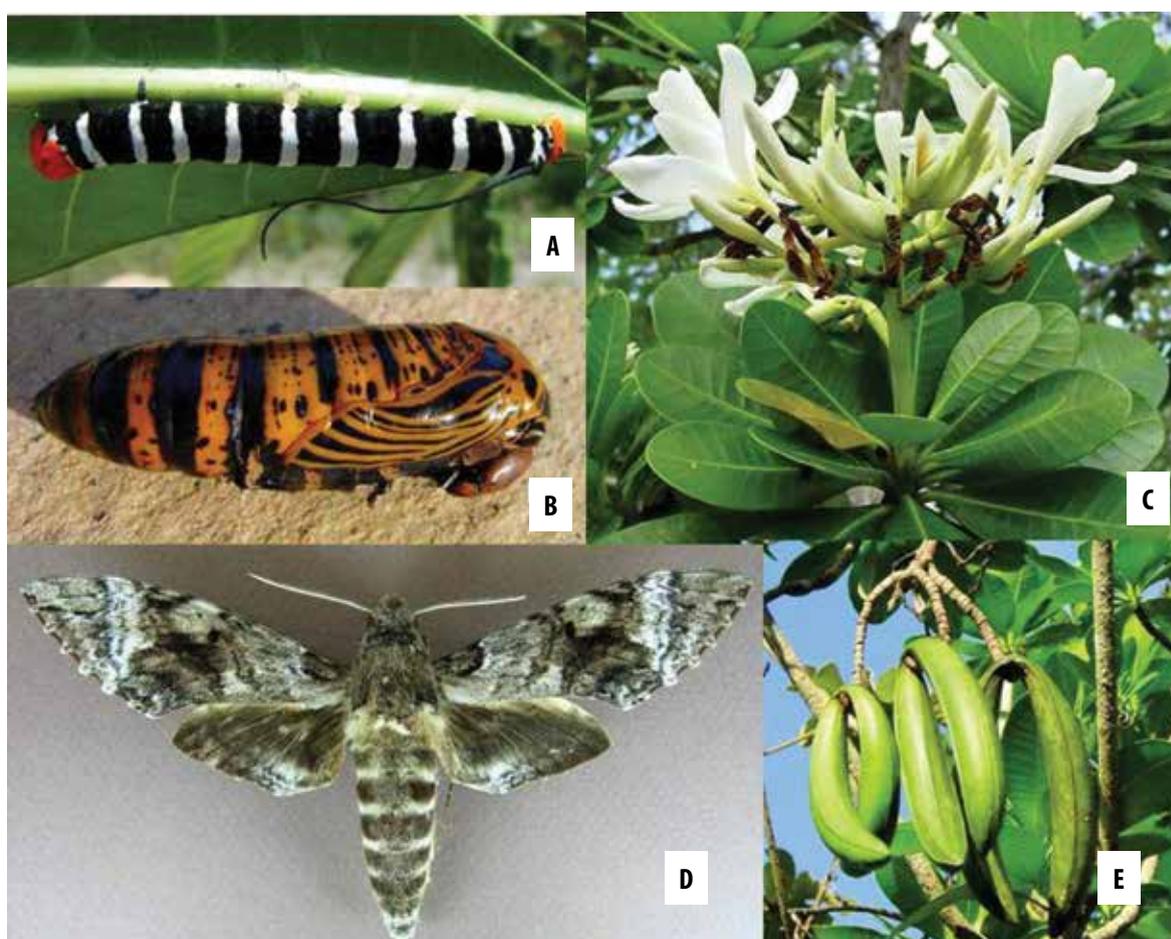
Não havia registros prévios sobre plantas hospedeiras de Sphingidae no Nordeste do Brasil, e, para demais regiões do país, informações sobre a interação esfingídeo-plantas hospedeiras são esparsas. Foram encontradas plantas hospedeiras de 12 espécies de esfingídeos polinizadores da mangabeira (**Tabela 4**). As plantas são das famílias Apocynaceae, Bignoniaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Nyctaginaceae e Rubiaceae (**Figuras 12-15**) (Duarte 2006, Schindwein *et al.* 2006, Duarte & Schindwein não publ.). A larva do polinizador efetivo *Erinnyis ello* é considerada praga em plantações de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae).

Muitas plantas ornamentais largamente utilizadas no Brasil são esfingófilas como espécies dos gêneros *Calliandra* (Mimosaceae), *Mandevilla*, *Tabernaemontana*, *Catharanthus* (Apocynaceae), *Cleome* (Capparaceae), *Ipomoea* (Convolvulaceae), *Jasminum* (Oleaceae) e *Quisqualis* (Combretaceae) e podem ser plantadas nos arredores das plantações para aumentar a disponibilidade de néctar para os esfingídeos (Schindwein *et al.* 2006).

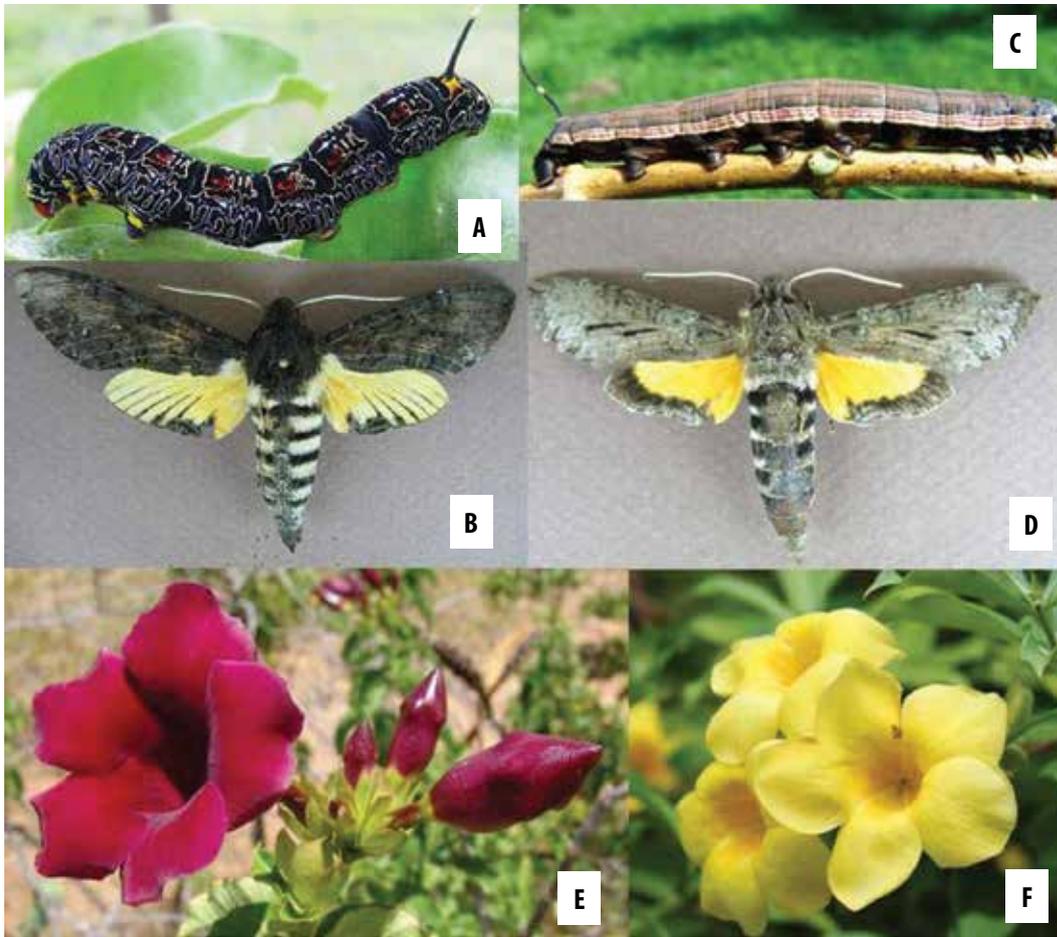
A rede de interações esfingídeo-plantas esfingófilas registrada em Guaribas demonstra que os esfingídeos necessitam de um ambiente diversificado, que inclua várias espécies de plantas fontes de néctar para adultos, inclusive nos períodos em que espécies chave, como a man-

**Tabela 4.** Plantas hospedeiras de esfingídeos polinizadores da mangabeira no Nordeste do Brasil.

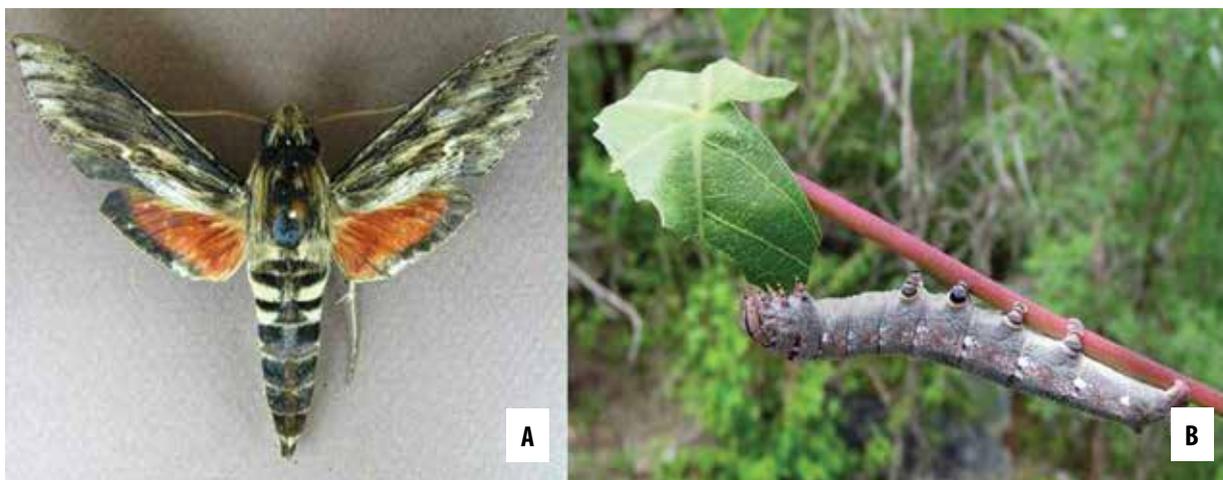
Espécie de Sphingidae	Plantas hospedeiras	Família
<i>Aellopos fadus</i>	<i>Tocoyena formosa</i>	Rubiaceae
<i>Agrius cingulatus</i>	<i>Ipomoea</i>	Convolvulaceae
<i>Enyo ocypete</i>	<i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae
<i>Erinnyis ello ello</i>	<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl, <i>Chamaesyce</i> , <i>Manihot glaziovii</i> Mull. Arg., <i>M. esculenta</i> Crantz.	Euphorbiaceae
<i>Hyles euphorbiarum</i>	<i>Boerhavia diffusa</i> L., <i>B. coccinea</i> Mill.	Nyctaginaceae
<i>Isognathus caricae</i>	<i>Allamanda blanchetii</i> A. DC, <i>Allamanda cathartica</i> L.	Apocynaceae
<i>Manduca sexta paphus</i>	<i>Nicotiana</i>	Solanaceae
<i>Manduca diffissa</i>	<i>Nicotiana</i>	Solanaceae
<i>Neogene dynaeus</i>	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit	Lamiaceae
<i>Pachylia ficus</i>	<i>Ficus</i>	Moraceae
<i>Pseudosphinx tetrio</i>	<i>Plumeria rubra</i> L., <i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	Apocynaceae
<i>Xylophanes tersa</i>	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	Rubiaceae



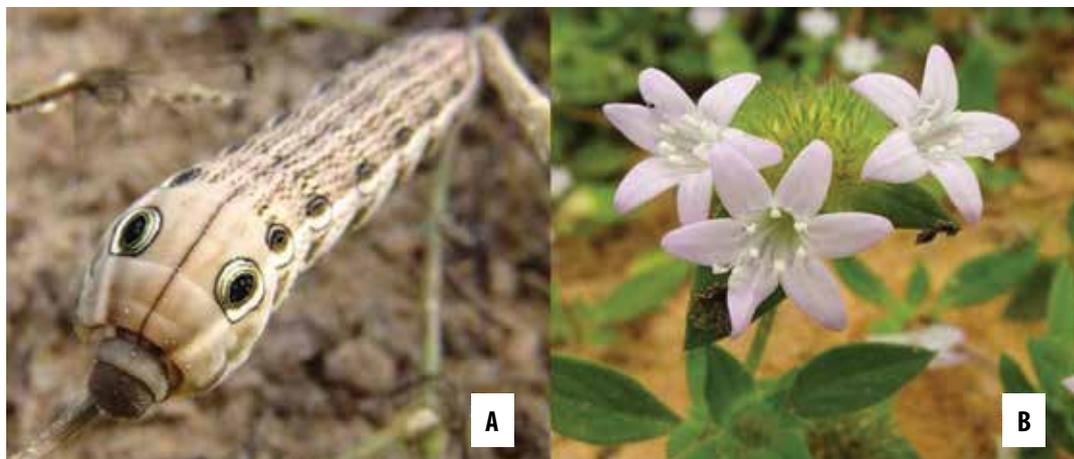
**FIGURA 12.** *Pseudosphinx tetrio* e sua planta hospedeira *Himatanthus phagedaenicus* (Apocynaceae); (A) larva e; (B) pupa de *P. tetrio*; (C) folhas e inflorescências *H. phagedaenicus*; (D) *P. tetrio* adulto; (E) frutos de *H. phagedaenicus*.



**FIGURA 13.** *Isognathus* e suas plantas hospedeiras; (A) larva e (B) adulto de *Isognathus caricae*; (C) larva e (D) adulto de *Isognathus allamandae*; (E) *Allamanda blanchetti* e (F) *Allamanda cathartica* (Apocynaceae).



**FIGURA 14.** *Erinnyis ello* e sua planta hospedeira *Manihot glaziovii* (Euphorbiaceae) – manisoba; (A) adulto de *E. ello*; (B) larva de *E. ello* alimentando-se da folha de *M. glaziovii* (forma cinza).



**FIGURA 15.** *Xylophanes tersa* e sua planta hospedeira *Richardia grandiflora* (Rubiaceae). **(A)** larva de *X. tersa*; **(B)** inflorescências de *R. grandiflora*.

Muitas das espécies de plantas hospedeiras dos esfingídeos, e cerca de 70% das utilizadas pelos polinizadores da mangabeira, são ricas em substâncias tóxicas. Em geral, as lagartas dos esfingídeos são oligofágicas, altamente especializadas em relação às plantas hospedeiras que utilizam e alimentam-se de uma ou poucas espécies de plantas numa localidade, muitas vezes aparentadas (Janzen 1983).

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Fatores que afetam a produtividade do cultivo

As taxas de frutificação, tanto na população natural quanto na plantação da EMEPA, foram surpreendentemente baixas o que parece estar vinculado a diferentes fatores:

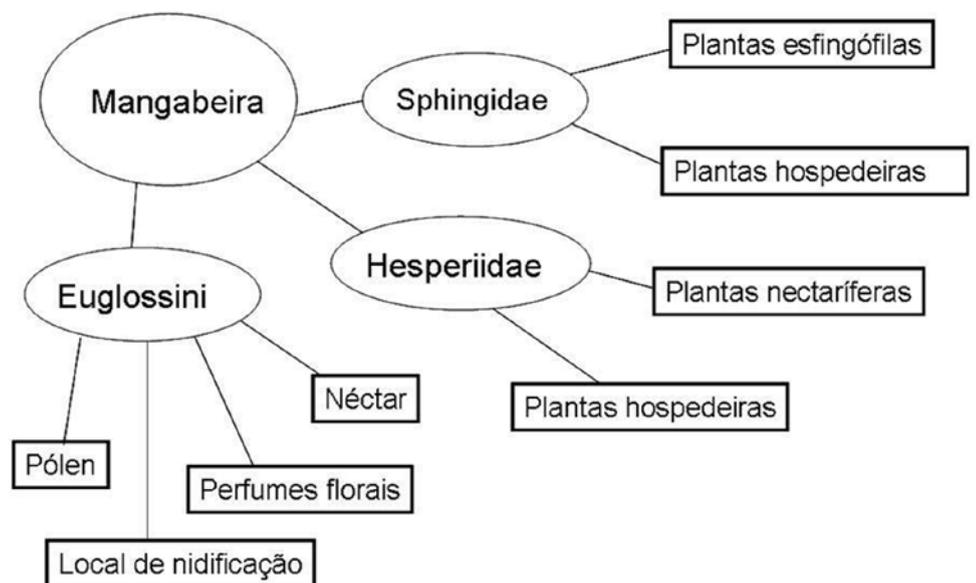
1. Falta de polinizadores no ambiente. O aumento da frutificação parece estar diretamente vinculado ao aumento da frequência de polinizadores – em diferentes locais, a polinização cruzada manual resultou em duas a quatro vezes mais frutos que a polinização natural. Para confirmar esta afirmação, contudo, a taxa da frutificação de plantios sob diferentes níveis de abundância de polinizadores poderia ser comparada, sendo necessário determinar a taxa de visitação e o espectro e abundância dos visitantes florais. A determinação da frequência das visitas, entretanto, é dificultada pela antese noturna e disposição das flores.
2. Estratégia reprodutiva da mangabeira. Como árvore de floração maciça, *Hancornia speciosa* investe fortemente na atração dos visitantes florais, apresentando de forma simultânea centenas de flores brancas e produtoras de intenso odor, aumentando seu *display* floral. Como consequência, a taxa de geitonogamia é muito alta na mangabeira, já que os insetos realizam numerosas visitas florais consecutivas na mesma planta. O elevado fluxo polínico dentro da mesma copa diminui a taxa de polinização cruzada. Plantas com floração maciça, como os ipês (*Tabebuia* spp., Bignoniaceae), enfrentam este problema que pode contribuir para uma baixa frutificação mesmo quando há uma certa abundância de polinizadores. Além disso, os experimentos de polinização cruzada manual resultaram em uma taxa de frutificação surpreendentemente baixa, de 21% a 40% em três experimentos de polinização controlada. Isso demonstra que a mangabeira produz mais flores do que poderia transformar em frutos após polinização efetiva.

3. O aparato de polinização da mangabeira é altamente eficiente, uma característica comum a provavelmente todas as Apocynaceae. Grandes quantidades de pólen são transferidas da planta para as peças bucais, na primeira visita floral, e das peças bucais para a superfície estigmática, na segunda visita. O experimento de visitas consecutivas na mesma planta mostrou que pólen exógeno se perde rapidamente, e que a probabilidade de formar frutos é muito pequena já na terceira visita em seqüência. Os indivíduos de visitantes florais que realizam muitas visitas em seqüência devem resultar na produção de menos frutos do que visitantes que realizam vôos entre flores de diferentes árvores mais frequentemente. O aumento do número de visitantes florais, de modo geral, deve aumentar o número de frutos produzidos, mas é interessante que seja estudada a frequência de vôos entre plantas por espécie de polinizador e os fatores que influenciam a sua ocorrência.
4. Escassez de nutrientes no solo. Até mesmo após polinização cruzada manual, em que a carência de polinizadores é potencialmente suprida, a taxa de frutificação esteve abaixo de 50%. Este resultado pode indicar uma limitação da produção de frutos por falta de nutrientes no solo. Seria interessante verificar a taxa de frutificação em plantas adubadas, polinizadas manualmente.

### 3.2 - Mantendo polinizadores no ambiente de cultivo

Diferentemente das abelhas, os esfingídeos, principais polinizadores da mangabeira, não constroem ninhos, apresentam amplo raio de atividade e muitas vezes são migratórios. O limite da área de uso de centenas de espécies de esfingídeos varia fortemente com a plasticidade na dieta larval, ou seja, com o número de famílias de plantas hospedeiras utilizadas por suas larvas (Beck & Kitching 2007). Por tais razões, acreditamos que o caminho mais factível para manutenção de esfingídeos no local de plantio da mangabeira seja via manejo de paisagem, mantendo ambiente diversificado com fontes de alimento para larvas e adultos destas mariposas e demais polinizadores de plantas chaves na comunidade esfingídeo-planta, como a própria mangabeira.

Em nossos estudos foram destacados os esfingídeos, já que são os polinizadores mais frequentes desta planta. Mas também outros insetos como borboletas Hesperíidae e Nymphalidae e abelhas com línguas longas aparecem como polinizadores efetivos e podem aumentar a frutificação do cultivo. A demanda ambiental dos diferentes grupos de insetos polinizadores é variada (**Figura 16**) e deve ser respeitada se buscarmos a manutenção de suas populações nos locais de cultivo.



**FIGURA 16.** Esquema indicando a dependência da formação de frutos da mangabeira da presença dos polinizadores – especialmente esfingídeos (Sphingidae), mas também de Hesperíidae e Euglossini e a dependência dos polinizadores de recursos obrigatórios para sua manutenção.

### 3.3 - Propostas de manejo do cultivo

Algumas medidas podem ser propostas para atrair esfingídeos e outros polinizadores para a área do cultivo de mangabeiras, aumentando a probabilidade de um melhor serviço de polinização e produção de frutos de maior valor de mercado:

1. Manutenção de pequenos fragmentos de vegetação nativa, tabuleiro ou cerrado, no entorno do cultivo. Tais remanescentes disponibilizam fonte de alimento e residência para adultos e/ou larvas de polinizadores que podem transitar entre a vegetação nativa e o plantio;
2. Modificação das práticas convencionais do manejo da plantação como:
  - **a-** associar o cultivo da mangabeira a outras plantas esfingófilas, especialmente as nativas, de interesse econômico e/ou ornamentais, como *Carica papaya* (mamão), *Allamanda* spp., *Inga*, *Calliandra* (Mimosaceae), *Mandevilla*, *Tabernaemontana*, *Catharanthus* (Apocynaceae), *Cleome* (Capparaceae), *Ipomoea* (Convolvulaceae), *Guettarda*, *Tocoyena* (Rubiaceae) e *Quisqualis* (Combretaceae);
  - **b-** Manter entre os pés de mangabeira, plantas ruderais reconhecidas como fontes de alimento para abelhas (néctar, pólen) e para larvas dos lepidópteros polinizadores, e que floresçam na entressafra.
3. Devido às características do sistema reprodutivo e mecanismo floral da mangabeira, deve-se evitar cultivos de clones, já que estes reforçam o efeito negativo de visitas em seqüência. Se clones são desejados pela uniformização da qualidade e forma dos frutos, plantas clonadas ou enxertadas devem ser intercaladas no plantio da forma que cada planta de mangabeira seja rodeada por indivíduos de identidade genética diferente.

## 4. Considerações finais

*Hancornia speciosa*, como espécie autoincompatível, necessita de polinizadores para frutificar. O aumento da frequência de polinizadores leva a uma taxa de frutificação mais alta, com frutos maiores e com mais sementes.

Os polinizadores da mangabeira são de diferentes grupos taxonômicos, Sphingidae, abelhas (Euglossini), borboletas (Hesperiidae e Nymphalidae). Cada espécie de polinizador tem uma demanda ambiental particular, como alimento para prole e para os adultos, plantas hospedeiras para lagartas e locais de acasalamento e nidificação. Considerando apenas os recursos florais utilizados pelos esfingídeos, por exemplo, *H. speciosa* compartilhou visitantes florais com pelo menos 32 espécies de plantas.

Para o incremento da produção de mangabas é necessário que cultivos dessa planta sejam estabelecidos em locais que sustentem populações viáveis de polinizadores. É favorável que a plantação esteja inserida em uma matriz de vegetação natural ou semi-natural que apresente uma alta heterogeneidade ambiental e uma elevada diversidade de espécies vegetais que forneçam: (1) alimento para os polinizadores adultos em períodos em que a mangabeira não esteja florida; (2) sítios de nidificação para abelhas; (3) fontes de alimento para larvas (pólen para larvas de abelhas e folhas para larvas de borboletas e esfingídeos) e (4) recursos florais, como perfumes e resinas, para manutenção de Euglossini.

## 5. Agradecimentos

Agradecemos ao PROBIO, BIRD/GEF, MMA e CNPq pelo apoio financeiro e à EMEPA pelo apoio logístico e permissão de trabalho nas plantações.

## 6. Referências Bibliográficas

- ANDRADE-LIMA, D. 1960. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. Arquivo do Instituto de Pesquisas Agronômicas 5:305-341.
- BARREIRO NETO, M. 2003. Recursos genéticos para o melhoramento da mangabeira no Estado da Paraíba In Anais do Simpósio brasileiro sobre a cultura da mangaba, Aracaju, SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros. CD-ROM.
- BECK, J. & KITCHING, I.J. 2007. Correlates of range size and dispersal ability: a comparative analysis of sphingid moths from the Indo-Australian tropics. *Global Ecology and Biogeography* 16:341-349.
- BEKKEDAHL, N. & SAFFJOTI, W. 1948. Látex e borracha de mangabeira. IAN, Belém, Boletim Técnico, 13.
- DARRAULT, R.O. & SCHLINDWEIN, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, Nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:429-443.
- DARRAULT, R.O. & SCHLINDWEIN, C. 2005. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects with long mouth parts. *Biotropica* 37:381-388.
- DARRAULT, R.O. & SCHLINDWEIN, C. 2006. Polinização. In A cultura da mangaba (J.F. Silva, & A.S. Lédo, eds). Embrapa, Tabuleiros Costeiros, p.43-56.
- DUARTE, J.A. 2006. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) da Floresta Atlântica e Caatinga: Comunidades, plantas hospedeiras e recursos florais. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- ENGLER, A. 1964. Syllabus der Pflanzenfamilien, p. 666. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- HABER, W.A. & FRANKIE, G.W. 1989. A tropical hawk-moth community: Costa Rican Dry Forest Sphingidae. *Biotropica* 21:155-172.
- HERINGER, E.P. 1958. Três árvores úteis do cerrado mineiro. *Boletim de Agricultura do Departamento da Produção Vegetal* 7:59-62.
- IBGE. 2000. Principais produtos das lavouras permanentes. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).
- JANZEN, D.H. 1983. Costa Rica natural history. Chicago, University of Chicago Press.
- LEDERMAN, I.E. & BEZERRA J.E.F. 2006. Situação atual e perspectivas da cultura. In A cultura da mangaba (J.F. Silva & A.S. Lédo, eds.). Embrapa, Tabuleiros Costeiros, p.247-253.
- LORENZI, H. 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Ed. Plantarum Ltda.
- MÜLLER H. 1873. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

PINHEIRO, E. & PINHEIRO, F.S.V. 2006. Produção de borracha. In A cultura da mangaba (J.F. Silva & A.S. Lédo, eds.). Embrapa, Tabuleiros Costeiros, p.233-245.

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

RIZZINI, C.T. 1997. Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Ed. Universidade de São Paulo.

SCHICK, B. 1980. Untersuchungen über die Biotechnik der Apocynaceenblüte I. Morphologie und Funktion des Narbenkopfes. *Flora* 170:394-432.

SCHLINDWEIN, C., DARRAULT, R.O. & GRISI, T. 2004. Reproductive strategies in two sphingophilous apocynaceous trees attracting pollinators through nectar or deceit. In Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W. Schimper-Foundation. (S.W. Breckle, B.Schweizer & A. Fangmeier, eds.). Stuttgart, Günter Heimbach, p.215-227.

SCHLINDWEIN, C., MARTINS, C.F., ZANELLA, F.C.V., ALVES, M.V., CARVALHO, A.T., DARRAULT, R.O., DUARTE JR, J.A., OLIVEIRA, M.D., FERREIRA, A.G., GUEDES, R.S., FERREIRA, R.P., SILVA, C.E.P., SILVEIRA, M.S. & VITAL, M.T.A.B. 2006. Diagnóstico e manejo dos polinizadores de mangabeira e aceroleira. In Anais do VII Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, USP, p.443-454.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & GOTTSBERGER, G. 1975. Über sphingophile Angiospermen Brasiliens. *Plant Systematics and Evolution* 123:157-184.

SILVA JÚNIOR, J.F. 2003. Recursos genéticos da mangabeira nos tabuleiros costeiros e baixada litorânea do nordeste do Brasil. In Anais do Simpósio brasileiro sobre a cultura da mangaba, Aracaju, SE. CD-ROM.

SILVA, J.F.JR., ARAÚJO, I.A., BARREIRO NETO M., ESPÍNDOLA A.C.M., CARVALHO, N.S.G. & MOTA D.M. 2006. Recursos genéticos nos Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea do Nordeste. In Embrapa, Tabuleiros Costeiros (J.F. Silva & A.S. Lédo, eds.), p.57-74.

TAVARES, R. 1964. Contribuição para o estudo da cobertura vegetal dos tabuleiros do Nordeste. *Boletim de Recursos Naturais da SUDENE* 2:13-25.

VOGEL, S. 1954. Blütenbiologische Typen als Elemente der Sipplgliederung *Botanische Studien*. Jena. Gustav Fischer Verlag.

### Plano de manejo para os polinizadores do açazeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae)

Giorgio Cristino Venturieri<sup>1</sup>; Milene Silva de Souza<sup>2</sup>; José Edmar Urano de Carvalho<sup>1</sup>;  
Oscar Lameira Nogueira<sup>1</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

##### 1.1 - Caracterização da morfologia floral

As flores do açazeiro são do tipo unissexuais masculinas e femininas, dispostas normalmente em tríades espalhadas ao longo da ráquila, com uma proporção de duas flores masculinas para uma feminina (40.973: 13.657). Contudo, esta proporção é variável, dependendo da planta e disposição das flores na ráquila. Algumas plantas não apresentam flores femininas no ápice das ráquulas e outras apresentam proporção de 1:1 na relação entre flores masculinas e femininas, estas plantas merecem maior atenção, pois podem resultar em cultivares mais produtivas pela maior quantidade de flores femininas por inflorescência.

A coloração das flores foi Red - Purple Group 59A/59B e Red - Purple Group 59A, respectivamente para as flores masculinas e femininas, com base na tabela de coloração de flores Colour Chart - The Royal Horticultural Society (RHS). O comprimento da flor variou de 4,51 a 5,96 mm ( $5,24 \pm 0,35$ ; n= 20) e o diâmetro da borda floral variou de 4,23 a 5,45 mm ( $4,93 \pm 0,38$ ; n= 20) para flores masculinas. Nas flores femininas o comprimento da flor variou de 3,44 a 4,51 mm ( $3,93 \pm 0,28$ ; n= 20) e o diâmetro da borda floral variou de 1,98 a 2,73 mm ( $2,36 \pm 0,16$ ; n= 20). Essas flores estão dispostas em inflorescências do tipo espata intrafoliar que medem de 57 - 81 cm ( $68,7 \pm 9,06$ ; n= 10) de comprimento e 70 - 102 cm ( $84,2 \pm 11,72$ ; n=10) de diâmetro, com 85 - 141 ( $106,6 \pm 16,80$ ; n= 10) ráquulas/inflorescência e 2088 - 8063 ( $5730,8 \pm 2020,54$ ; n= 10) flores/inflorescência (**Figura 1**).

Em algumas plantas foram observadas espatas com pouca e, até mesmo, ausência total de flores femininas. Esta característica botânica da variedade influencia diretamente na produtividade da cultura. Esta observação é fundamental na seleção de variedades mais produtivas, em programas de melhoramento genético. Esta característica também é contrária à maioria das descrições botânicas, onde é dito que as flores se apresentam na proporção de duas flores masculinas para uma feminina.

<sup>1</sup> Embrapa Amazônia Oriental, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, Dr. Enéas Pinheiro, s/nº, Caixa-postal: 48, 66095-100 - Belém, PA. [giorgio@cpatu.embrapa.br](mailto:giorgio@cpatu.embrapa.br)

<sup>2</sup> Bolsista CNPq/ Embrapa Amazônia Oriental



**FIGURA 1.** (A) flores masculinas, (B) flores femininas e (C) inflorescência de açazeiro (*Euterpe oleracea*).

## 1.2 - Fenologia

A floração do açazeiro na região de Belém pode ocorrer durante o ano inteiro, contudo, os meses de maior ocorrência de inflorescências em plena floração foram fevereiro, março, abril e maio, período de maior incidência de chuvas.

## 1.3 - Período da antese

A antese total das inflorescências dura em média 17 dias, com a fase da emissão de flores masculina variando de 12 a 14 dias, com pico de floração ocorrendo do quarto ao sétimo dia. A duração da emissão de flores femininas é de três dias, sendo que a maioria das flores abre no segundo dia.

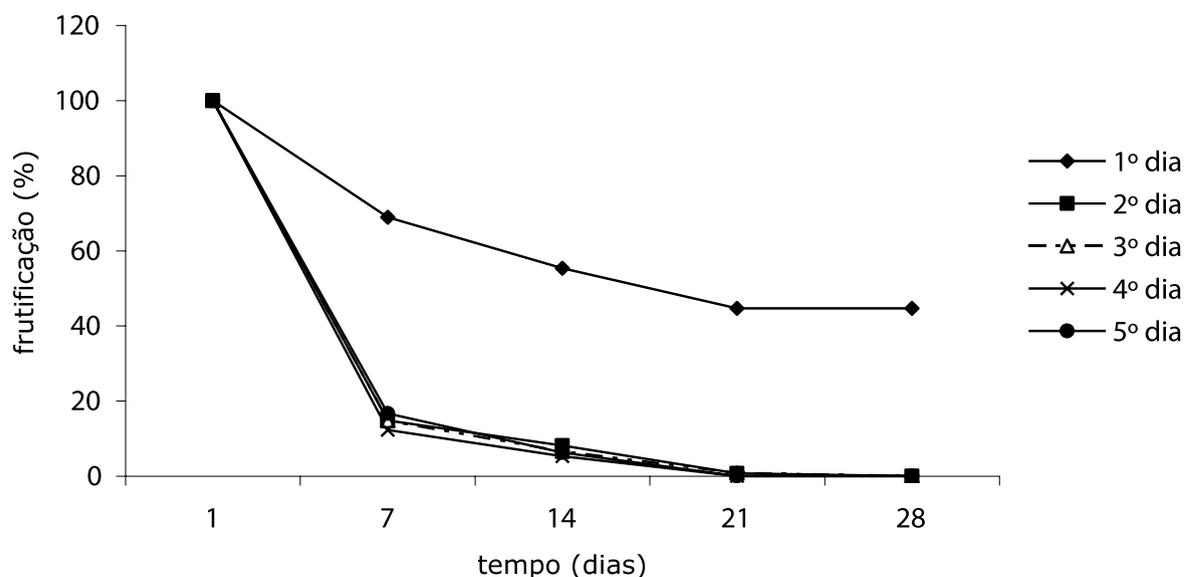
As flores estaminadas abrem a partir das 09h00, as flores da base das ráquulas são as primeiras a iniciarem a abertura, após dois dias, a maioria das ráquulas estão com as suas flores abertas. As anteras começam a expor o pólen, que é um importante recurso floral para os insetos, a partir das 9h30 e estão completamente abertas até as 11h30, a senescência das flores masculinas ocorre entre 12h30 - 13h30, com horário de término de queda por volta das 16h00. As flores pistiladas abrem a partir 22h00, e quando não fecundadas, iniciam a fase de senescência a partir do terceiro dia após a antese.

Os estipes apresentaram abertura de flores sincronizadas, as observações mostraram que em uma touceira com três estipes, quando iniciou a deiscência das flores de um estipe, uma semana depois começou a abertura de uma espata em um outro estipe, portanto, em uma mesma touceira foram encontradas flores masculinas e femininas no mesmo período, podendo ocorrer a transferência de pólen entre estipes da mesma touceira.

## 1.4 - Receptividade do estigma

As flores femininas estão viáveis para polinização imediatamente após a antese, durante todo o dia. Para avaliação da receptividade do estigma, em diferentes dias, foram realizados cruzamentos entre indivíduos previamente reconhecidos como compatíveis entre si. No total foram polinizadas 570 flores divididas da seguinte forma: 103 no primeiro dia, 135 no segundo dia, 122 no terceiro dia, 144 no quarto dia e 96 no quinto dia. A taxa de frutificação após quatro semanas foi de 44,66% (46 frutos) para as flores polinizadas no

primeiro dia e 0% para todos os outros cruzamentos realizados do segundo ao quinto dia. Os frutos abortados começaram a cair a partir da primeira semana. Na **Figura 2** é ilustrado o comportamento de queda dos frutos oriundos destes cruzamentos.



**FIGURA 2.** Comportamento de queda de flores de *Euterpe oleracea* polinizadas um, dois, três, quatro e cinco dias após a antese.

Para Dafni (2001) a receptividade do estigma é uma fase crucial na maturação da flor que pode influenciar grandemente na taxa de autopolinização, no sucesso da polinização em diferentes fases do ciclo de vida da flor, na importância relativa de vários polinizadores, na interferência entre funções masculinas e femininas e na transferência de pólen. Os testes de receptividade do estigma com *Euterpe oleracea*, mostraram que o teste que melhor se adapta para essas flores é o de polinização *in vivo* através da xenogamia, não sendo aconselhado a utilização do teste com peróxido de hidrogênio (1%) por mostrar resultados falso positivo.

### 1.5 - Produção de néctar

Em *E. oleracea*, as flores masculinas ofertam pólen e néctar, e as femininas ofertam néctar como recompensa floral aos seus visitantes, exclusivamente insetos, exceto no caso de besouros Scarabaeídeos em que as fêmeas alimentam-se de flores masculinas. O néctar é o primeiro recurso ofertado pelas flores masculinas. Para as flores masculinas, a concentração de açúcares e o volume do néctar foram avaliados entre os horários de 09h30 às 12h30, a concentração de açúcares variou de 12 à 66% (média de  $29,23 \pm 13,89$ )  $n= 654$  e o volume do néctar variou de 0,04 à 0,67  $\mu\text{l}$  ( $0,30 \pm 0,11$ )  $n= 91$ . Em flores femininas, esta análise foi realizada entre 09h00 até as 14h00, a concentração de açúcares variou de 16 à 77% ( $51,15 \pm 14,30$ )  $n= 3123$  e o volume do néctar variou de 0,08 à 0,37 ( $0,20 \pm 0,07$ )  $n= 56$ . É importante ressaltar que em flores femininas já nos últimos horários da coleta do néctar, o mesmo apresentava-se granuloso (em forma de cristais), quase puro açúcar (em média 73,87%). O néctar é o primeiro recurso floral ofertado também em flores femininas. O período de maior visitação coincide com o período de maior disponibilidade de néctar que é durante a manhã, compreendido entre os horários de 10h30 às 12h30 para flores masculinas (**Figura 3**) e para as flores femininas 09h00 às 14h00, com pico em torno de 12h30 e 13h00 (**Figura 4**).

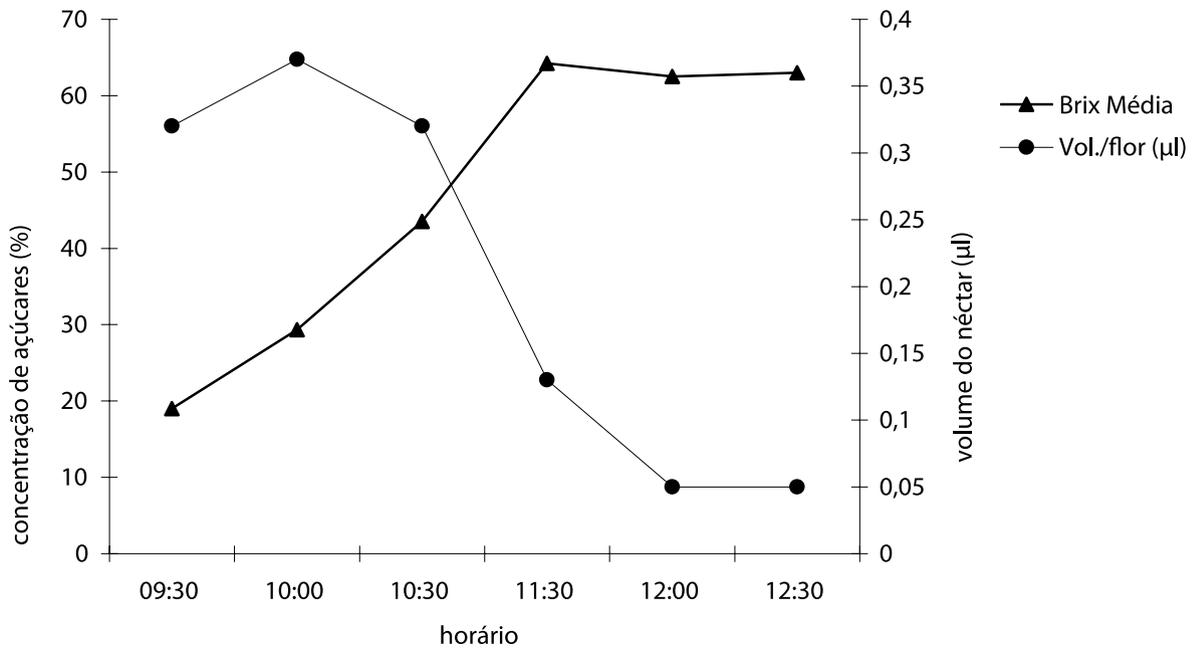


FIGURA 3. Concentração de açúcares e volume do néctar de flores masculinas de *Euterpe oleracea*.

Na **Figura 5**, estes dados de fluxo de néctar entre os dois tipos florais é reunido, ilustrando claramente a estratégia de, além de manter seus polinizadores na planta, e de estimular a sua transferência para as flores femininas, favorecendo a xenogamia, já que a presença destes dois tipos não acontece ao mesmo tempo na mesma inflorescência.

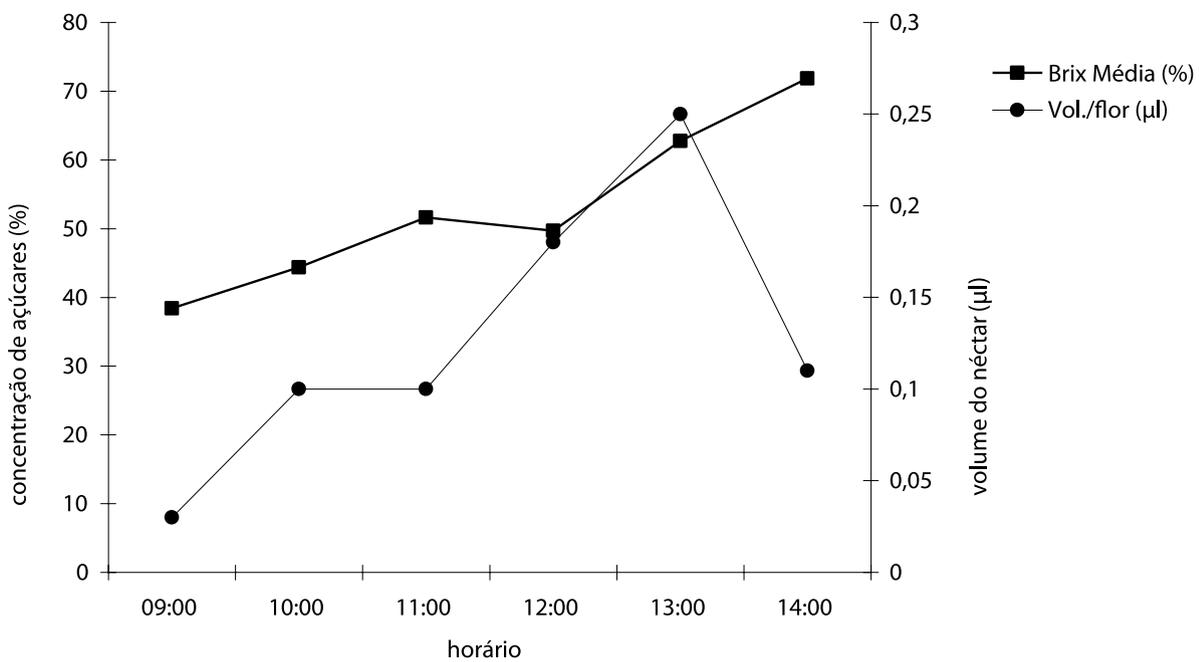
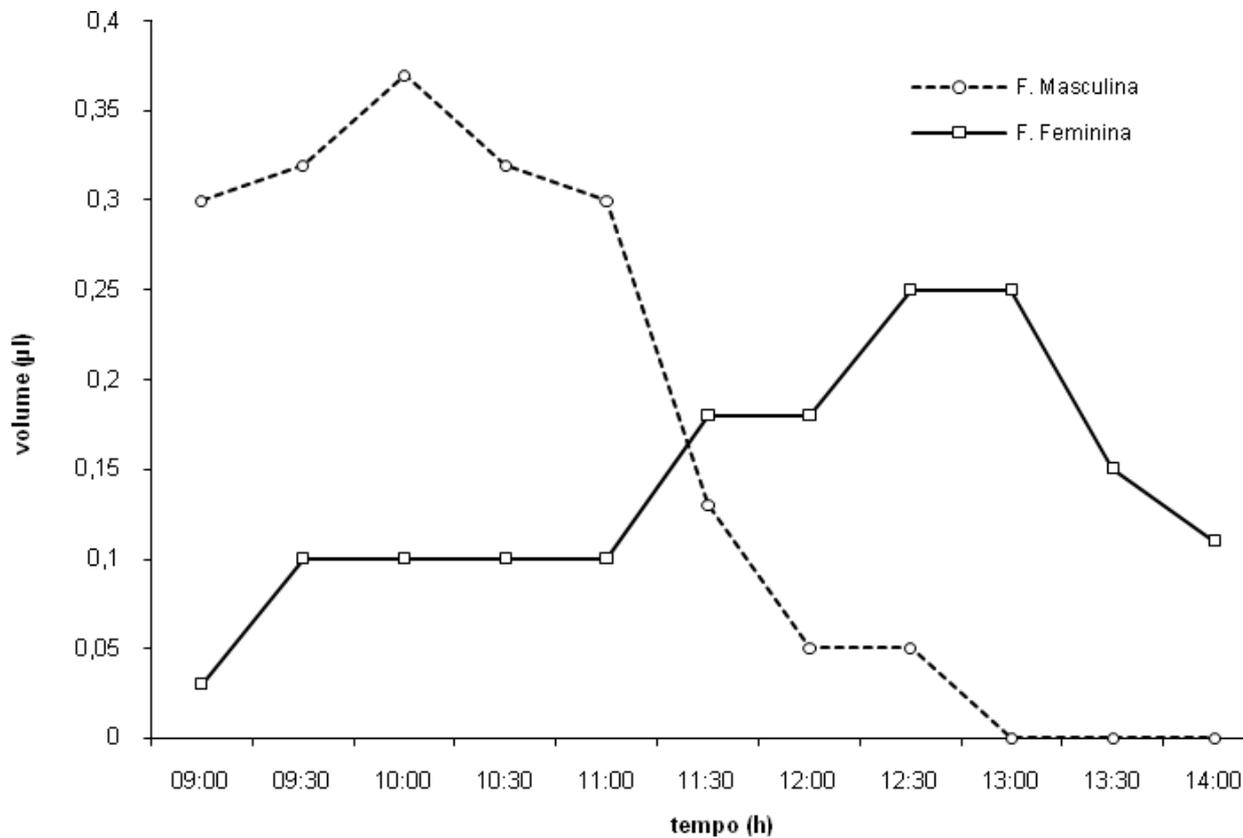


FIGURA 4. Concentração de açúcares e volume do néctar de flores femininas de *Euterpe oleracea*.

Huchmeister *et al.* (1997) encontraram para *E. precatoria* a concentração de açúcares e volume do néctar, para flores masculinas de 9% e 0,071µl, e para flores femininas de 37% e 0,060µl. A estrutura floral e certos atributos como a coloração, horário da antese, e atrativos (néctar, pólen, óleo e aroma), definem a síndrome de polinização de uma planta, bem como o grupo de polinizadores, portanto, o conhecimento de tais característi-



**FIGURA 5.** Fluxo de néctar em flores masculinas e femininas de *Euterpe oleracea* ilustrando a alternância de picos, estimulando a xenogamia.

cas proporciona considerável avanço no campo da biologia reprodutiva de espécies botânicas. Essas relações entre as flores e seus polinizadores são frequentemente interpretadas como resultado de interações onde as estruturas florais estão adaptados para otimizar o transporte do pólen e mediar a ação dos vetores de polinização (Faegri & Van der Pijl 1979).

### 1.6 - Produção de fragrância

Nas plantas, o papel ecológico do odor parece estar restringido quase completamente a flores e frutos, as glândulas de aroma florais (osmóforos) não são normalmente visíveis, então é difícil reconhecer e delimitar os osmóforos através de observação superficial, por isso usa-se o teste com solução de vermelho neutro para localizá-los na flor (Endress 1994). As flores de *E. oleracea* foram submetidas a este teste, porém não apresentam glândulas coradas, corroborando com o teste de odor direto ("Nose Bioassay" - Kearns & Inouye 1993). Jardim (1991) não observou odor nas flores masculinas e femininas, porém Oliveira (2002) constatou odor em flores masculinas e femininas quando colocadas separadamente em recipientes fechados.

### 1.7 - Relação pólen/óvulo

As flores de *E. oleracea* apresentam apenas um óvulo e a relação pólen/óvulo obtida sugere o sistema de reprodução de Xenogamia obrigatória com relação P/O= 63.324,00 (63.324,00 ± 20483,25; n= 25), onde os valores encontrados variaram de 34.600 - 100.400. Jardim (1991) também observa que a espécie estudada apresenta uma alta produção de flores masculinas e, conseqüentemente, de grãos de pólen, resultando em uma relação pólen/óvulo extremamente elevada, o que segundo Cruden (1977) é um outro forte indicativo de necessidade de polinização cruzada, com altos investimentos na oferta de recursos para a atração de polinizadores. Huchmeister *et al.* (1997), encontrou o valor da razão pólen/óvulo de 42.000 para *E. precatoria*.

Para Jurgens *et al.* (2002), há diminuição significativa na relação P/O da xenogamia para xenogamia facultativa e desta para autogamia, porém, outras características e interações também podem afetar na evolução de número de pólen e número de óvulo, e assim também na relação P/O. Cruden (1977) relacionando o sistema de reprodução com a razão pólen/óvulo mostrou que as plantas xenógamas produzem mais grãos de pólen do que aquelas que são autógamas e/ou autocompatíveis. Isto sugere que a tendência evolutiva da xenogamia para autogamia é acompanhada por uma diminuição da taxa de grãos de pólen por óvulo. Há evidência que as relações pólen/óvulo são afetadas pelo sistema sexual, vetores de pólen, mecanismos de polinização e fatores ecológicos (Cruden 2000). Segundo Cruden (1977), os resultados da relação P/O indicam as espécies obrigatoriamente dependentes da xenogamia, corroborando com os resultados obtidos nas polinizações controladas.

### 1.8 - Testes de polinização

A taxa de formação de frutos da polinização natural (controle) foi de 33,53% (325 frutos), sendo menor que a taxa de polinização cruzada (xenogamia) que foi de 47,13% (399 frutos). Houve a formação de 27 frutos (2,83%) resultantes da autopolinização espontânea e 45 frutos (6,61%) da autopolinização induzida, esta formação provavelmente ocorreu por contaminação nos sacos que protegiam as ráquias, que muitas vezes rasgavam devido à insolação, chuvas, e tamanho das ráquias que ficavam apertadas dentro dos sacos, possibilitando assim, a visita de insetos que efetuaram a polinização. Com os resultados das polinizações controladas, tornou-se possível calcular para *E. oleracea* a estimativa do indicativo de autoincompatibilidade (ISI) que foi de 0,11 (considera-se 0,25 como o limite máximo) e a estimativa da eficácia relativa da polinização natural (aberta) através do índice de eficácia reprodutiva (RE) que foi de 0,81.

Os testes de polinização juntamente com a estimativa do número de grãos de pólen e inferência no sistema reprodutivo, mostraram que *E. oleracea* é uma espécie obrigatoriamente xenogâmica.

**Tabela 1.** Resumo dos resultados das polinizações controladas em *Euterpe oleracea* em Belém, PA.

Experimentos	Repetições	% de frutos formados
Polinização natural (controle)	969	33,53%
Polinização cruzada (xenogamia)	846	47,13%
Autopolinização espontânea	954	2,83%
Autopolinização induzida	680	6,61%

A fecundação cruzada obrigatória é o modo de reprodução predominante nas comunidades vegetais tropicais (Bawa 1979). Jardim (1991) considerou a espécie monóica e dicógama, fatores evidentes que caracterizam a predominância da fecundação cruzada na espécie.

Bovi *et al.* (1994) verificaram que em *E. spiritosantensis* há também a predominância do sistema reprodutivo de polinização cruzada, os testes reprodutivos mostraram que a taxa de frutificação da polinização aberta foi maior (6,0 a 47,0%) que a taxa de polinização cruzada (12,0 a 42,0%); os valores da taxa de frutificação para os outros testes reprodutivos foram de 10,0 a 35,0% para geitonogamia, 11,0 a 38,0% para autogamia e 0 a 0,3 para agamospermia. Esses resultados diferem dos encontrados para *E. oleracea*, onde a taxa de polinização cruzada (47,13%) foi maior que a taxa da polinização aberta no campo (33,53%).

### 1.9 - Germinação e crescimento do tubo polínico

A análise da germinação e crescimento do tubo polínico mostrou que em *E. oleracea*, a penetração do óvulo através do tecido de transmissão do estilete foi considerada rápida, pois, os pistilos oriundos dos testes de polinização cruzada que foram retirados com 24 horas após os tratamentos, encontravam-se fertilizados. As análises realizadas com os pistilos submetidos à autopolinização induzida mostraram que não houve germinação do pólen neste tratamento.

Os resultados da polinização cruzada em *E. oleracea*, juntamente com os resultados de outras análises (relação P/O, germinação e crescimento do tubo polínico, síndrome de polinização, etc), evidenciam a ausência da autocompatibilidade para esta espécie. Os resultados encontrados em *E. oleracea* foram similares aos encontrados por outras espécies desse mesmo gênero (*E. precatoria*, *E. spiritosantensis*), favorecendo assim as bases para o início de programas de melhoramento genético desta espécie, complementando o conhecimento sobre os aspectos reprodutivos do açazeiro.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

O açazeiro é uma espécie altamente dependente de agentes polinizadores, podendo ser polinizado por uma grande diversidade de insetos, especialmente abelhas e moscas.

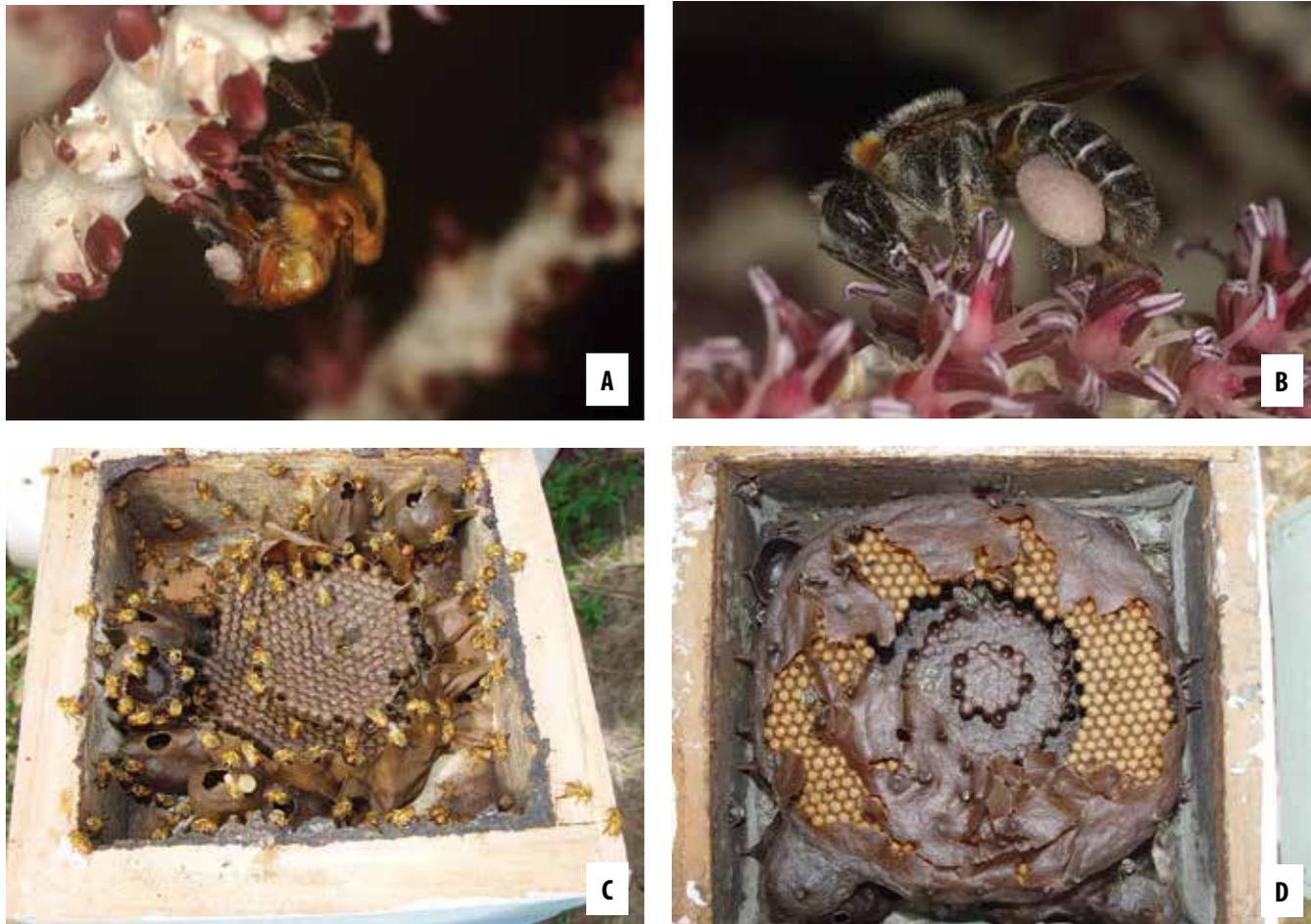
Abelhas sociais como meliponíneos e *Apis mellifera* são excelentes opções de insetos para serem manejadas e utilizadas na polinização desta cultura, contudo, os meliponíneos possuem as seguintes vantagens: são de menor custo de implantação, são espécies nativas, são de fácil manejo e não oferecerem perigo a seus manejadores.

Na existência de vegetação natural (florestas) ou capoeiras (vegetação secundária em diferentes gradientes de regeneração) ao redor das plantações, não existe a necessidade de introdução de polinizadores manejados, contudo, em plantações superiores a 100 hectares esta prática possivelmente contribuirá com o aumento da produtividade do açazeiro, já que o estoque natural de polinizadores é abalado pela modificação do habitat na ocasião do preparo da área para implantação do sistema de cultivo (**Figura 6**).

No presente "Plano de Manejo", vamos nos deter somente a duas espécies de meliponíneos, *Melipona fasciculata* e *M. flavolineata*, contudo, varias outras espécies de abelhas e dípteros de pequeno e médio porte, efetuam a polinização do açazeiro com eficiência (**Figura 7**).



**FIGURA 6.** Manejo de polinizadores para a cultura do açaizeiro em Santo Antônio do Tauá, PA: **(A)** plantio e **(B)** colônias de *Melipona fasciculata* manejadas em cavalete coletivo para a polinização do açaizeiro.



**FIGURA 7.** Manejo de polinizadores para a cultura do açazeiro em Santo Antônio do Tauá, PA: **(A)** *Melipona flavolineata*, **(B)** *M. fasciculata*, **(C)** caixa racional para criação de *M. flavolineata* e **(D)** caixa racional para criação de *M. fasciculata*.

## 2.1 - Habitat

*Melipona fasciculata* e *M. flavolineata* ocorrem naturalmente nos estados do Pará, Maranhão e Amapá, são as duas espécies mais comuns entre os criadores do nordeste da Amazônia. Seus ninhos localizam-se em oco de árvores vivas de diferentes espécies. Devido à intensa ação antrópica, ocorrida principalmente nas regiões litorâneas dos estados do Pará e Maranhão, *M. fasciculata* raramente é encontrada em matas de terra firme, sendo mais comuns em manguezais, em oco de árvores de siriúba ou mangue-seriva (*Avicennia germians* - Avicenniaceae). *Melipona flavolineata*, ainda é bastante encontrada nas matas da região, especialmente em matas alagáveis de igapó, impróprias para a agricultura tradicional. Nestas matas, seus ninhos são muito frequentes na base de troncos de árvores de virola (*Virola surinamensis* – Myristicaceae).

## 2.2 - Dieta

Tanto *M. fasciculata* como *M. flavolineata* são espécies de abelhas sociais, que necessitam estocar alimento para a garantia do provisionamento de suas crias ao longo do ano. Por este motivo, estas espécies de abelhas são generalistas, visitando um grande número de espécies de plantas em busca de néctar e pólen, elementos essenciais as suas respectivas dietas. Muitas são as espécies de plantas amazônicas que são visitadas por estas abelhas, dentre várias outras podemos citar: urucu (*Bixa orellana* - Bixaceae) para pólen; táxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* var. *paniculatum* – Leguminosae: Caesalpinioideae) para pólen e néctar; paricá *Schizolobium amazonicum* – Leguminosae: Caesalpinioideae) para pólen e néctar; tapiririca

(*Tapirira guianensis* - Anacardiaceae) para pólen e néctar; caju-açu (*Anacardium giganteum* - Anacardiaceae) para néctar; *Miconia minutiflora* (Melastomataceae) para pólen e siriuba (*Avicennia germinas* - Avicenniaceae) para néctar e pólen.

### 2.3 - Reprodução

A reprodução natural das colônias de abelhas sociais, de um modo geral, se dá por enxameação, onde uma rainha migra com um grupo de operárias para a fundação de uma nova família em uma cavidade pré-existente (Nogueira-Neto 1954). Na natureza isso ocorre principalmente nos meses menos chuvosos e de maiores floradas, ocasião em que existe grande abundância de alimento e conseqüente produção de novas rainhas. Na Amazônia Oriental este período inicia em junho e se prolonga até dezembro. No caso dos meliponíneos manejados em caixas racionais, isso pode ocorrer pela divisão de enxames fortes. O detalhamento deste processo será feito em seguida, no item sobre "Conservação e Manejo".

### 2.4 - Interação polinizador x plantas polinizadas, pressão antrópica sobre polinizadores, abundância no ambiente natural

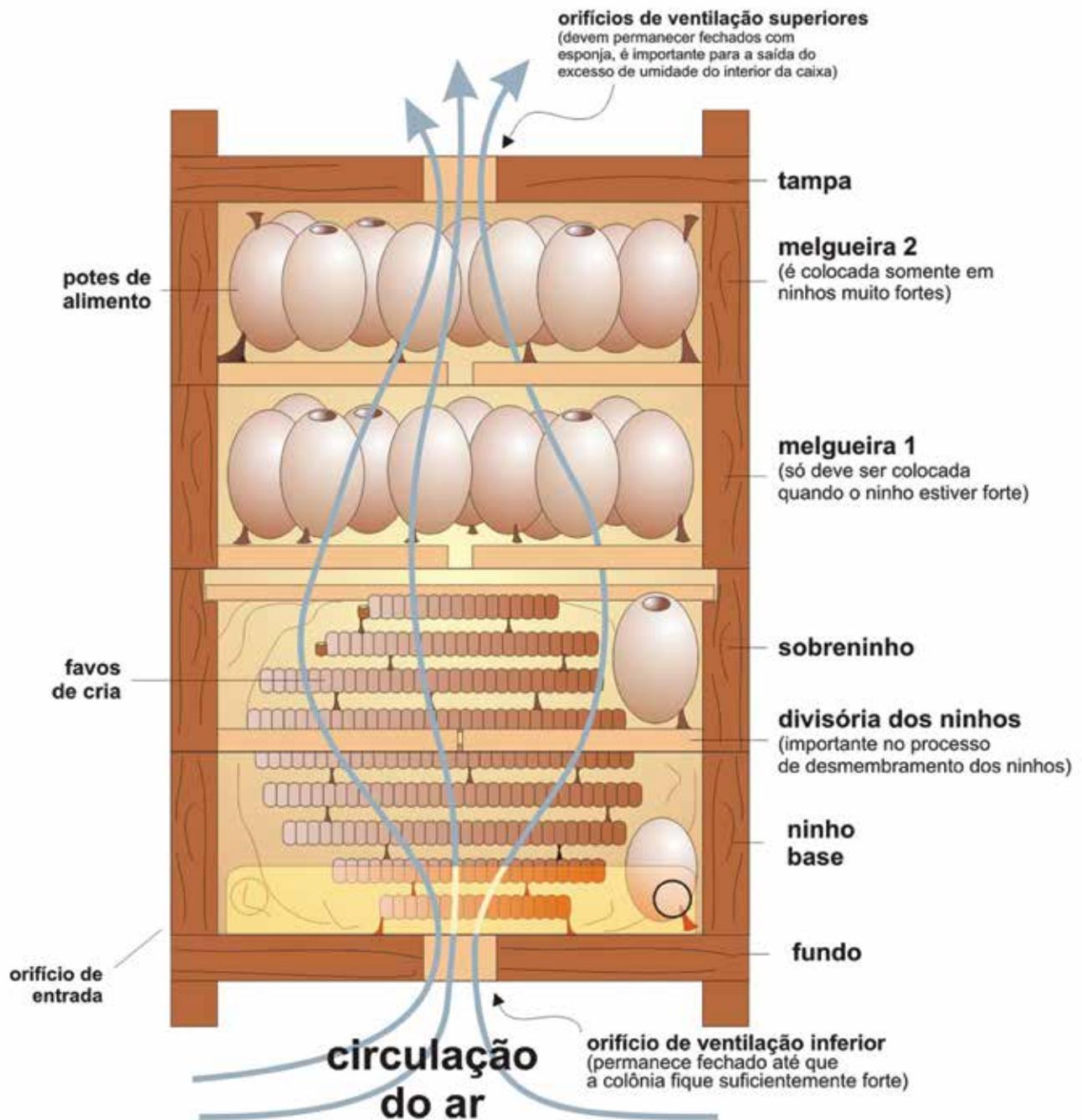
O açazeiro é altamente dependente de insetos para a sua reprodução, é uma planta que apresenta flores masculinas e flores femininas em períodos distintos, apresentando também extrema autoincompatibilidade. Apesar da grande maioria de sua produção ser extrativista, o açazeiro tem crescido muito como cultura agrícola. No ambiente natural, a retirada de árvores para uso de sua madeira com conseqüente eliminação de troncos ocos usados para nidificação por várias espécies de meliponíneos e a predação de ninhos por meleiros para o comércio de mel silvestre, podem comprometer, em médio prazo, a manutenção das populações de polinizadores naturais. No caso de plantações, onde o ambiente é totalmente modificado pelo sistema de cultivo agrícola, a população de polinizadores é seriamente comprometida, havendo a necessidade de manutenção de áreas naturais nas proximidades ou introdução de polinizadores manejados (**Figura 6**).

## 3. Conservação e Manejo

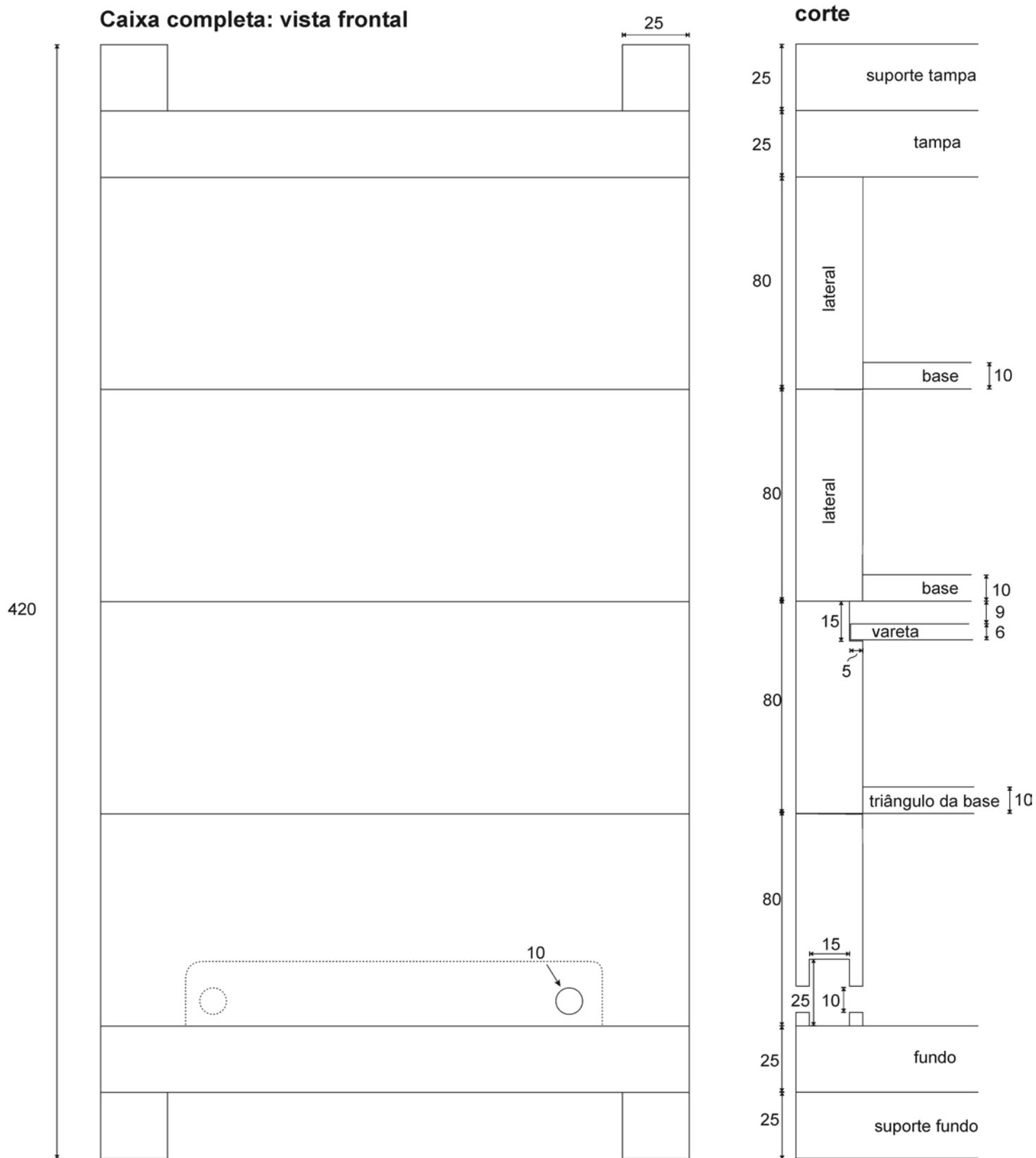
### 3.1 - Manejo de meliponíneos para a polinização do açazeiro

Os meliponíneos, também conhecidos como abelhas indígenas sem ferrão, são largamente criados em todo o Brasil. Contudo, devido ao número elevado de espécies e diferentes tipos de arquitetura de seus ninhos, muitas são as práticas de manejo empregadas em sua criação. Neste trabalho nos deteremos somente a duas espécies destas abelhas e ao método de manejo em caixas racionais verticais, adotado pela Embrapa no Estado do Pará, área de ocorrência natural das duas espécies em questão.

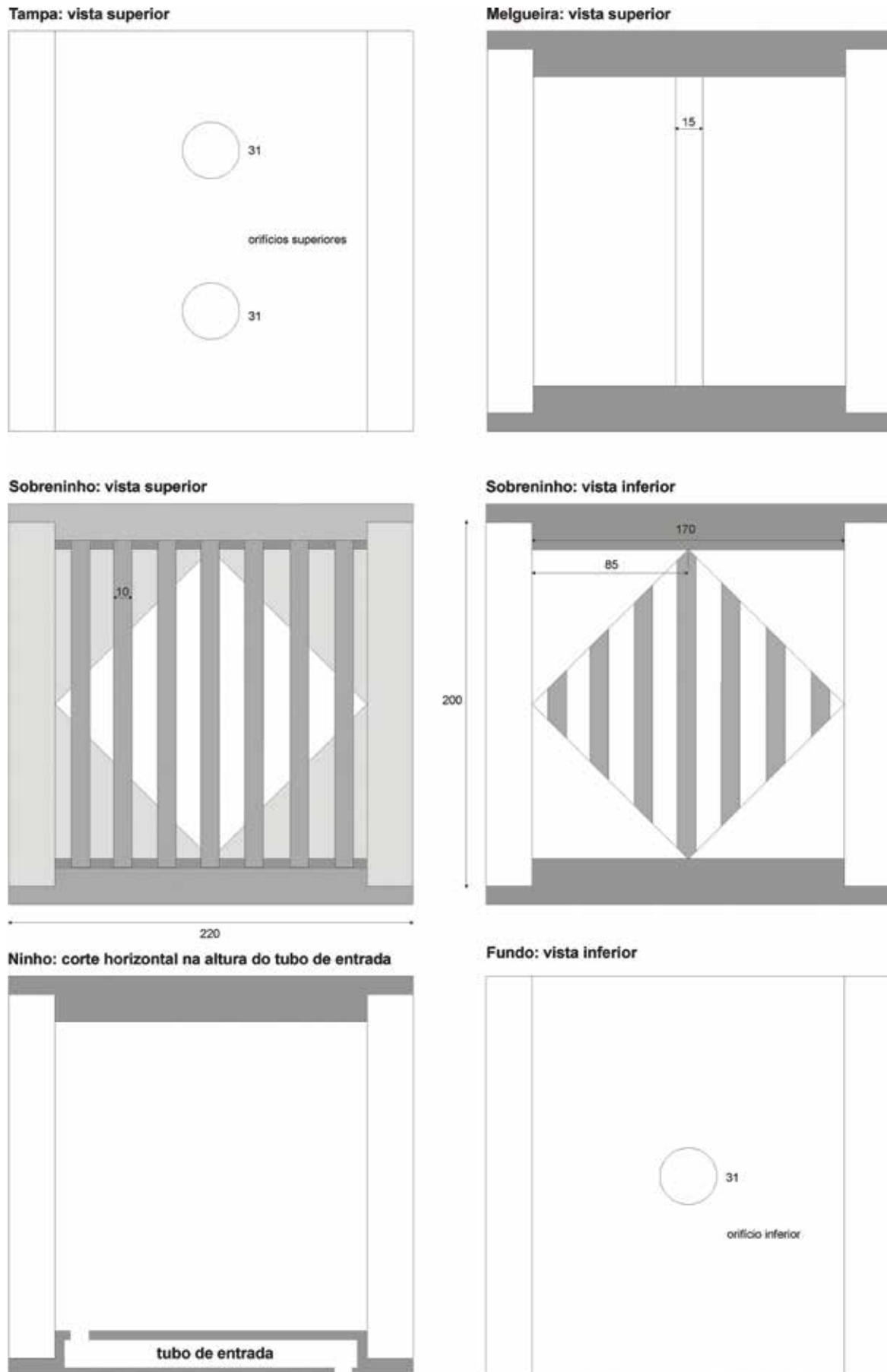
O modelo de caixa, proposto neste plano de manejo, é baseado em dois modelos, o primeiro proposto por Portugal-Araujo (1955) e o segundo proposto por Oliveira & Kerr (2000). Modificações foram feitas com o objetivo de facilitar a industrialização das caixas e, principalmente, aumentar a eficiência do manejo e a adaptação das abelhas. Este modelo consiste basicamente em uma caixa de seção quadrada com unidades sobrepostas, onde as crias ficam localizadas na porção inferior e as melgueiras, destinadas aos potes de alimento, localizadas na porção superior da caixa. Modelo de caixa semelhante tem sido utilizado em todo o Brasil, para diferentes espécies de meliponíneos, adaptando-se as medidas para cada grupo de espécies. Neste plano de manejo é proposto dois modelos muito semelhantes, diferenciando-se apenas nas medidas da largura da caixa (**Figuras 8-12**).



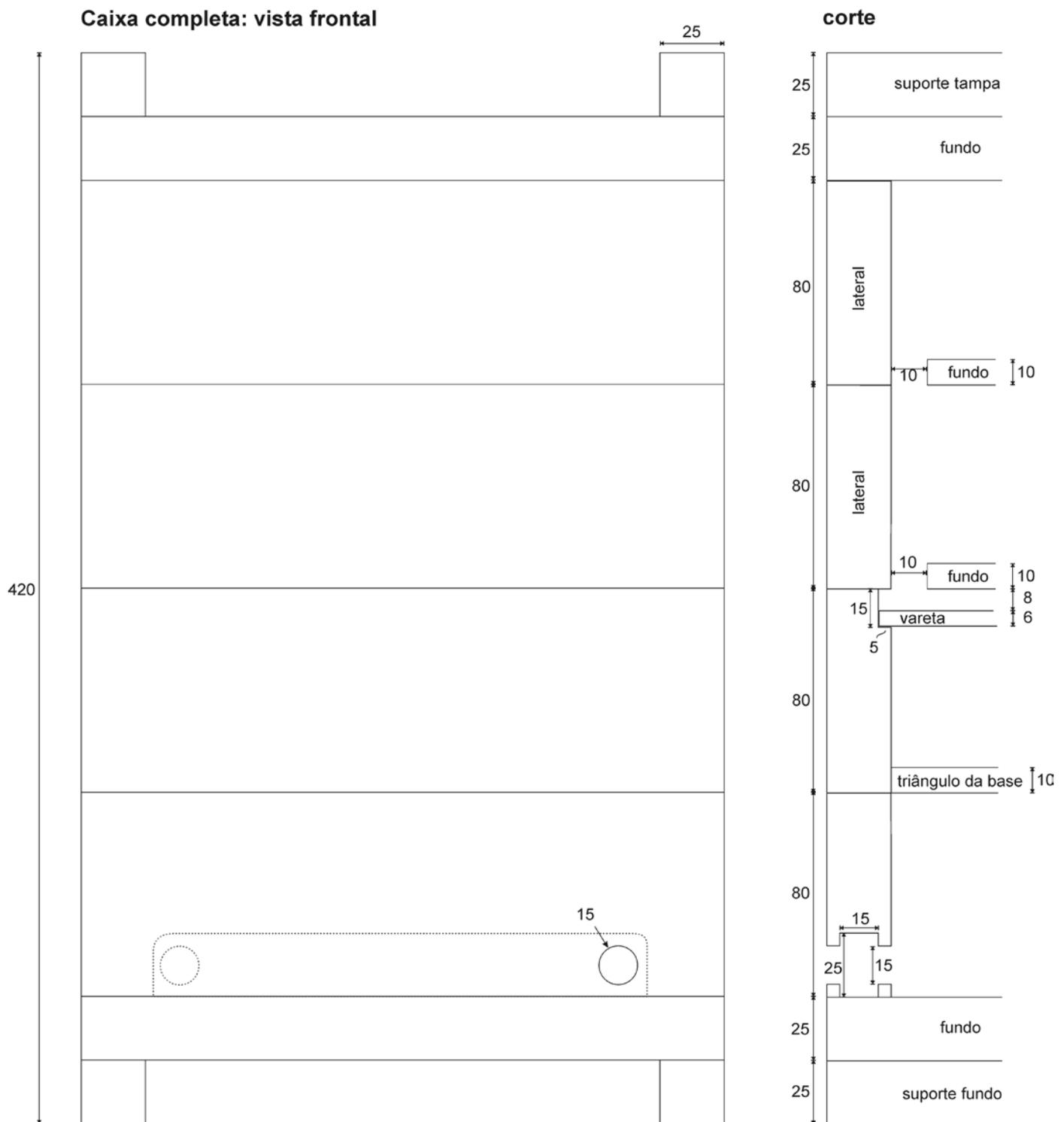
**FIGURA 8.** Desenho esquemático ilustrando o modelo de caixa proposto para criação de *Melipona flavolineata* e *M. fasciculata*. Esta caixa é baseada nos modelos propostos por Portugal-Araujo (1955) e Oliveira & Kerr (2000).



**FIGURA 9.** Vista frontal e corte de caixa para criação racional de *Melipona flavolineata*. Modelo de 22 x 22 cm externo, medidas em milímetro. Este é um modelo de caixa baseado no modelo Portugal-Araujo (1955) e Oliveira & Kerr (2000).

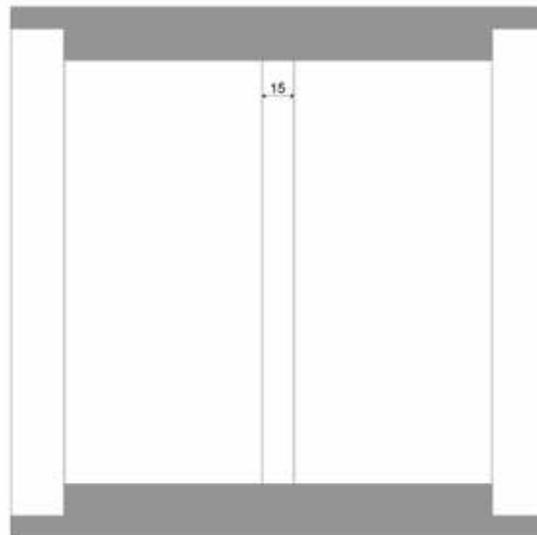
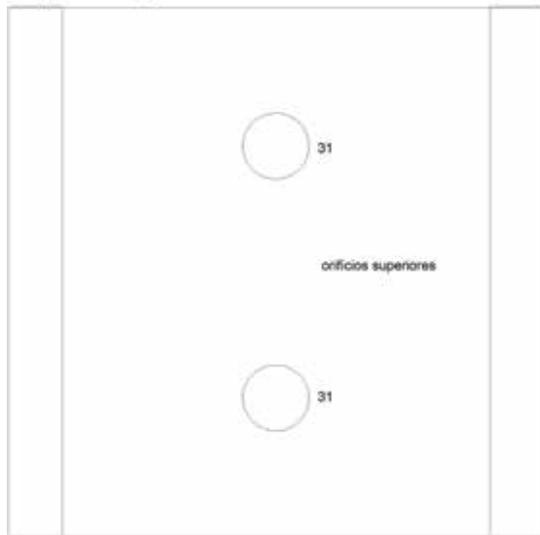


**FIGURA 10.** Vistas da tampa, melgueira, sobreninho, ninho e tampa de caixa para criação racional de *Melipona flavolineata*. Modelo de 22 x 22 cm externo, medidas em milímetro. Este é um modelo de caixa baseado no modelo Portugal-Araujo (1955) e Oliveira & Kerr (2000).



**Figura 11.** Vista frontal e corte de caixa para criação racional de *Melipona fasciculata* Modelo de 25 x 25 cm externo, medidas em milímetro. Este é um modelo de caixa baseado no modelo Portugal-Araujo (1955) e Oliveira & Kerr (2000).

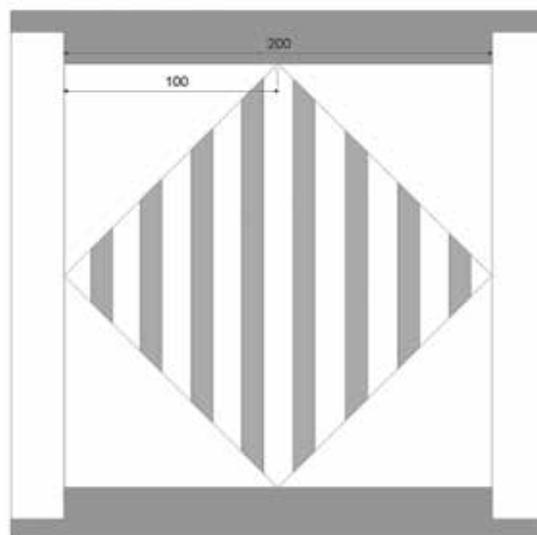
Tampa: vista superior



Sobreninho: vista superior



Sobreninho: vista inferior



Ninho: corte na altura do tubo de entrada



Fundo: vista inferior



**FIGURA 12.** Vistas da tampa, melgueira, sobreninho, ninho e fundo de caixa para criação racional de *Melipona fasciculata*. Modelo de 25 x 25 cm externo, medidas em milímetro. Este é um modelo de caixa baseado no modelo Portugal-Araujo (1955) e Oliveira & Kerr (2000).

### 3.2 - Manejo de uruçu-amarela (*Melipona flavolineata*) e uruçu-cinzenta (*M. fasciculata*)

#### 3.2.1 - Caixas para a criação

Estas abelhas devem ser criadas em caixas confeccionadas com madeira de lei, resistentes a cupins e a umidade, medindo 22 x 22 cm externamente para a abelha uruçu-amarela (**Figuras 9 e 10**) e 25 x 25 cm para a uruçu-cinzenta (**Figuras 11 e 12**). A espessura da caixa deve ser de 2,5 cm para ambas as espécies. A caixa é composta de quatro unidades sobrepostas de oito centímetros de altura, ninho, sobreninho, e duas melgueiras. O ninho, localizado na base, possui dois pés que auxiliam na estruturação da caixa, criando também um espaço que facilita o fluxo de ar através do orifício de ventilação inferior, localizado no meio do fundo do ninho. Este orifício deve medir 31 mm e pode ser feito utilizando-se uma broca chata para madeira de 31 mm (ou 1,¼ de polegada). Na parede anterior do ninho, é escavado internamente um sulco com o objetivo de simular o tubo de entrada, utilizado pelas abelhas para ajudar na defesa da colônia.

O sobreninho possui, pregado nos cantos internos da unidade, quatro triângulos, estes triângulos são fundamentais no processo de multiplicação dos ninhos, pois auxiliam na divisão da caixa ao meio e, conseqüentemente, da região das crias. Também no sobreninho, na parte superior deste, são colocadas varetas medindo um centímetro de largura e afastadas cerca de dois centímetros uma das outras. Estas varetas possuem a função de evitar que os pilares do invólucro e, principalmente, dos favos de cria, grudem no fundo da melgueira, ou tampa, conforme o grau de desenvolvimento da colônia. A adoção destas varetas evita a perda de crias imaturas.

As duas melgueiras são da mesma altura do ninho e do sobreninho, na porção inferior existe uma base feita com um centímetro de espessura, separada nas laterais da parede da gaveta por no mínimo um centímetro. Na tampa da caixa são feitos dois orifícios, do mesmo diâmetro do orifício inferior (31 mm), com o objetivo de auxiliar o fluxo de ar por dentro do ninho. Um destes orifícios também pode ser utilizado para o fornecimento de xarope, que deve ser colocado em garrafinhas com tampa plástica de rosca, do tipo "pet", pois estes orifícios são do mesmo diâmetro.

#### 3.2.2 - Como obter enxames

Os enxames de *M. flavolineata* e *M. fasciculata* podem ser coletados na natureza em tronco de árvores da mata, ou comprados de meliponicultores (nome dado aos criadores de meliponíneos), que as criam em caixas caboclas ou que adotam o sistema de divisão de colônias, empregado na criação racional destas abelhas. Tanto no primeiro como no segundo caso, deverão ser obedecidas as normas dispostas na Resolução 346, de 16 de agosto de 2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que disciplina a proteção e a utilização dessas espécies, bem como a implantação de meliponários, locais destinados à criação de abelhas.

#### 3.2.3 - Coleta em troncos de árvores e caixas caboclas

É recomendável que a coleta do ninho do oco de árvore ou de caixa cabocla, seja feita durante o dia, para que as abelhas que estiverem voando retornem para a nova caixa ao anoitecer. O processo de transferência deverá obedecer aos seguintes passos:

1. Com delicadeza, transferem-se todos os favos de cria, invólucro e depósitos de resina, cera e cerume. É extremamente importante que os favos, especialmente os mais novos (geralmente de cor mais escura), não sejam virados de cabeça para baixo, caso isso aconteça, todos os ovos e as larvas novas irão morrer, imersos no alimento larval.
2. Adiciona-se ao interior da caixa uma armadilha de forídeo (veja inimigos naturais dos meliponíneos), que consiste de um pequeno frasco com a tampa furada, e uma outra armadilha para o exterior da caixa (veja maiores detalhes, no item inimigos naturais dos meliponíneos). Um bom local para a armadilha externa é próximo ao orifício de ventilação, em cima da caixa (veja preparo das armadilhas mais adiante).
3. Dentro da caixa, coloca-se um copo contendo mel ou xarope de açúcar (veja preparo em seguida). É importante tomar cuidado com a morte de abelhas por afogamento. Uma sugestão é adicionar algodão ou pedaços de cerume e/ou gravetos dentro do copo contendo mel ou xarope. Frascos para análises clínicas, facilmente encontrados em farmácias, são excelentes para este fim. No caso destes frascos não é necessário o uso de algodão, basta que o mesmo seja bem fechado e se faça um pequeno furo em sua base, por segurança, pode ser colocado um pouco de algodão neste furo se o mesmo estiver pingando muito.
4. Se possível, cola-se com a própria resina das abelhas o ornamento existente no orifício de entrada do ninho original. Esta prática facilita o reconhecimento do orifício de entrada pelas operárias, especialmente em ninhos coletados em troncos na mata, uma vez que o exato posicionamento da caixa é sempre muito difícil.
5. Veda-se a caixa com fita crepe e os orifícios de ventilação com esponja ou haste de buriti (*Mauritia flexuosa* - palmeira existente próximo de áreas alagadas, muito abundantes na Amazônia).
6. Os potes de mel e pólen devem ser coletados e guardados separadamente para serem devolvidos posteriormente para as abelhas. O melhor local para o armazenamento, tanto do mel como dos potes de pólen, é a geladeira. Na falta de uma geladeira, os potes devem ser guardados em sacos plásticos limpos, livrando-os de formigas e forídeos.
7. Após uma semana, dependendo da quantidade de forídeos existentes na área, os potes de pólen e o restante do mel poderão ser devolvidos progressivamente para o ninho. Nesta ocasião, é muito importante que sejam recolocadas, dentro e fora da caixa, armadilhas para essas pequenas moscas.

### 3.2.4 - Divisão de colônias

A maneira mais inteligente de se obter novas colônias é através da divisão de famílias fortes. Esta maneira é mais econômica e é evitado a derrubada desnecessária de árvores da floresta.

Para o desmembramento de uma colméia de meliponíneo, deve se proceder diferentemente para cada grupo de espécie, seja ela do grupo das Trigonas (jataís, mosquitos, irapuás...) ou das Melíponas (uruçus, jandaíras, japurás...). Em seguida será descrito o método para a divisão de abelhas *Melipona*:

1. Quando o período das chuvas já houver passado e o verão já estiver bem forte, pega-se de três a quatro favos de cria (dependendo da espécie e tamanho do ninho), nestes favos deve-se observar a existência de crias prestes a nascer, pois é em um desses favos que estará a futura rainha da nova colônia. Transfere-se para uma caixa nova, onde se coloca um pouco de alimento em um frasco contendo algodão embebido em

mel ou xarope de açúcar (veja mais adiante como se prepara este xarope) e um pequeno frasco com vinagre, conforme descrito anteriormente (caso o ninho esteja forte e na caixa racional, o processo é muito mais fácil, pois o ninho pode ser simplesmente dividido ao meio), neste caso, o alimento é colocado na melgueira, e as armadilhas para os forídeos, de preferência, devem ficar próximas à entrada, na parte de baixo do ninho ou próximo dos orifícios de ventilação.

2. Coloca-se a tampa e veda-se totalmente a caixa com uma fita crepe, deixando somente o orifício de entrada aberto. Os orifícios de ventilação (do fundo e da tampa) devem ser fechados com esponja ou com haste de buriti, estes furos somente serão abertos quando o ninho já estiver bem forte, no ponto de ser colocada a melgueira.

3. Essa nova caixa deverá ser colocada exatamente na mesma posição do antigo ninho. Se for possível, com o auxílio da fita adesiva, deverá ser transferido também a entrada da caixa velha para facilitar o reconhecimento do ninho pelas abelhas que retornarem do vôo. Para fixar este tubo, também pode-se utilizar a própria resina das abelhas ou cera derretida. Outra possibilidade é colocar pedaços do tubo de entrada no orifício de entrada da caixa nova.

4. A caixa-mãe deve ser deslocada para no mínimo dois metros do antigo local. Externamente, deve ser colocada uma armadilha para forídeos, tanto na caixa nova quanto na caixa-mãe.

5. Nos dias seguintes, observe se a caixa não está sendo atacada pelos forídeos. Se isso ocorrer e se a infestação for muito grande, reabra a caixa e limpe, o máximo possível, as larvas destas moscas que, geralmente, ficam no depósito de detritos (ou lixeira), em potes de pólen e às vezes nos próprios favos de cria, especialmente os mais novos ainda cheios de alimento larval. À noite, tampe a entrada com uma tela fina ou uma esponja e deixe assim por uns dois dias, até que as abelhas se reorganizem.

6. Alimentação de reforço para a caixa sem rainha é sempre bem vinda, xarope ou mel no início e pólen a partir do quarto dia, pois este último é fundamental para o reinício do processo de postura da nova rainha. Contudo, o pólen deve ser fornecido sempre com muito cuidado e depois que a caixa já estiver com uma rainha nova já aceita pelas operárias. Normalmente, isso acontece de quatro a cinco dias após a divisão.

### 3.3 - Inimigos naturais dos meliponíneos

#### 3.3.1 - Forídeos

São pequenas moscas (2 mm, **Figura 13A**) que se movimentam rapidamente, dando pequenas paradas de frações de segundo. Estão sempre rondando a entrada do ninho, frestas e orifícios de ventilação. São pretas ou marrons. Estas moscas colocam seus ovos principalmente em favos de cria contendo alimento larval exposto, potes de pólen abertos e lixeira. Podem proliferar rapidamente, em casos de grande infestação suas larvas consomem totalmente os favos de cria mais novos, onde existe abundância de alimento larval, estando estes rasgados ou íntegros.

A melhor maneira de se controlar esta praga é por meio do combate ostensivo, utilizando-se armadilhas contendo vinagre caseiro. Esta armadilha pode ser interna ou externa. A interna constitui-se de um pequeno recipiente com um ou mais furos em sua tampa, o orifício deverá permitir a entrada do forídeo e impedir a entrada da abelha. Se a quantidade de forídeos na área for muito grande é recomendável à utilização de mais de uma armadilha no interior da caixa, tomando-se o cuidado de renovar o vinagre a cada cinco dias, quando

o seu poder de atração é diminuído e, às vezes, tapado os orifícios com cerume pelas operárias. Após o período crítico de infestação, as armadilhas podem ser retiradas, pois, normalmente, ninhos fortes conseguem se defender muito bem destas pragas. A armadilha externa poderá ser feita com recipientes maiores, sem a necessidade de tampas. Se a presença de forídeos for constante e houver disponibilidade de recipientes e vinagre, abuse desta prática, pois estes animais são sérios inimigos dos meliponíneos. O vinagre de vinho tinto possui maior poder de atração.

Locais secos e ventilados ajudam, muito, a diminuir a presença de forídeos. Durante o período chuvoso verifique constantemente se as caixas não estão molhando e se a cobertura se mantém em ordem. Aproveite para capinar e podar um pouco as árvores ao redor do meliponário, isso fará com que o mesmo receba mais luz e se mantenha arejado. Outra técnica, bastante eficiente na retirada do excesso de forídeos adultos das caixas de abelhas indígenas, é aquela praticada pelos criadores do Amazonas, que consiste na colocação de uma tela plástica sobre o ninho aberto, sem a tampa. A tela pode ser amarrada com um elástico, uma tira feita com câmara de bicicleta ou um garrote, facilmente comprado em farmácias. Depois de colocada a tela, sopra-se bastante por cima da tela, assim os forídeos tentam sair e podem ser esmagados no espaço que fica entre a tela e a caixa.

### 3.3.2 - Formigas

As formigas são inimigas muito sérias, especialmente para ninhos recém desmembrados, fracos e com alimento exposto. Formigas maiores, conhecidas como tracuá (*Camponotus abdominalis* (Fabricius, 1804)) podem destruir rapidamente caixas mal fechadas. O isolamento dos ninhos deve ser uma preocupação primordial. O uso de fitas adesivas ou barro para a vedação das frestas das caixas é essencial. Em caso de abrigo comunitário, este deve ter seus pés isolados com água, graxa ou um anel de estopa embebida em óleo queimado, dando-se manutenção constante a este detalhe, pois formigas são animais muito rápidos e astutos, podendo algumas espécies depositar folhas na graxa e até mesmo caminhar sobre a água parada. Neste último caso pode-se adicionar algumas gotas de detergente com o objetivo de se quebrar a tensão superficial da água. Em ninhos bem protegidos da chuva, pode-se também utilizar gesso ou talco para isolamento dos ninhos.



**FIGURA 13.** Pragas de *Melipona flavolineata* e *Melipona fasciculata*: (A) forídeos, (B) moscona e (C) grilo.

### 3.3.3 - Tamanduá (mambira), mucura, irara e outros mamíferos

Costumam atacar caixas e meliponários isolados, especialmente à noite. Muito pouco se pode fazer contra estes animais, exceto manter as abelhas sob a proteção da proximidade das habitações humanas. Um bom cachorro costuma mantê-los afastados.

### 3.3.4 - Moscona

Seu nome científico é *Hermetia illuscens* L, mede cerca de 18 mm, é de cor predominantemente preta (**Figura 13B**), de comportamento não muito arisco, mas quando desperta voa rapidamente. Pertence a família Stratiomyidae. Esta mosca costuma colocar seus ovos nas frestas das caixas e, às vezes, no orifício de ventilação. No momento da postura de seus ovos, a ponta do seu abdômen se prolonga, enfiando-se nos orifícios que podem dar acesso ao interior da caixa, inclusive pelo batume crivado. Suas larvas, depois de eclodidas, migram para dentro do ninho e costumam se dirigir aos restos de alimento e fezes na lixeira. Em alguns casos, também podem se alojar nos potes de pólen, quando isso ocorrer, deve-se tomar muito cuidado para que no momento da colheita do mel o mesmo não seja contaminado, pois o pólen infestado por estas larvas apresenta odor pútrido, bastante desagradável.

### 3.3.5 - Pseudoescorpião

Existe pelo menos duas espécies, uma que vive do lado de fora da caixa, nas frestas do ninho e outra que habita o ninho internamente. A primeira espécie costuma aproveitar-se de uma operária que passa por perto, agarrando na perna da vítima e puxando-a para a fresta da caixa, onde este se protege. A segunda vive em pequenos ninhos de seda branca (semelhante ao de aranhas) dentro do ninho, geralmente próximos da região das crias. Um pincel de cerdas grossas é muito útil para manter as frestas das caixas sempre limpas. No caso do pseudoescorpião que vive no interior da caixa, este pode ser controlado retirando-os com o auxílio de pinças.

### 3.3.6 - Lagartixas (osgas, troira)

Costumam ficar ao redor das caixas aproveitando-se do abrigo e da comida fácil sempre disponível. Neste caso são recomendadas verificações constantes, mantendo-se o meliponário sempre limpo. Na região nordeste, alguns meliponicultores costumam colocar uma garrafa plástica cortada, com sua boca protegendo a entrada do ninho.

### 3.3.7 - Grilo

Difere-se do grilo comum, pois possui o primeiro par de pernas do tipo prensorial cheias de espinhos e mandíbulas muito mais robustas, adaptadas a predação de outros insetos (**Figura 13C**). Comportam-se semelhantemente às lagartixas e requerem os mesmos cuidados citados para estes animais.

### 3.3.8 - Percevejo Preto

Como a lagartixa e o grilo, é um predador que costuma capturar as abelhas espreitando nos arredores das caixas ou em tronco de árvores contendo resinas. São relativamente raros, não apresentando grandes problemas a meliponicultura. Podem ser combatidos com a inspeção e catação das caixas.

### 3.4 - Práticas de manejo do açazeiro

#### 3.4.1 - Propagação

O processo mais comum de propagação do açazeiro é através de sementes, embora a propagação assexuada possa ser também utilizada através da retirada de brotações que surgem de forma espontânea, na região logo abaixo do coleto da planta (Calzavara 1972). A quantidade dessas brotações depende do genótipo (Oliveira 1998) e do ambiente. Inicialmente surgem na base do estipe principal e, posteriormente, nas dos estipes secundários. Embora de forma rara, algumas plantas, independente do ambiente, não exibem a capacidade de emitir brotações.

O processo de propagação assexuada, através da retirada de brotações, por demandar bastante mão-de-obra, é de uso limitado, sendo presentemente usado somente quando se deseja quantidade reduzida de mudas de determinado genótipo.

A estrutura usada como semente corresponde ao endocarpo que contém em seu interior uma semente, com eixo embrionário diminuto e abundante tecido endospermático. O endocarpo é aproximadamente esférico com comprimento e diâmetro médio de 1,23cm e 1,45cm, respectivamente, e representa 73,46% do peso do fruto.

O processo germinativo é relativamente rápido, porém desuniforme, iniciando-se a emergência das plântulas 22 dias após a semeadura e estabilizando-se aos 48 dias, quando as sementes são semeadas logo após a remoção da polpa.

A semeadura pode ser efetuada tanto em sementeiras, como diretamente em sacos de plástico, com dimensões de 15cm de largura e 25cm de altura. Na Embrapa Amazônia Oriental tem sido utilizado como substrato para as sementeiras areia e pó de serragem, misturados na proporção volumétrica de 1:1, enquanto que para os sacos de plástico é utilizada a mistura de 60% de solo, 20% de esterco e 20% de pó de serra.

O período compreendido entre a semeadura até a muda está em condições de ser plantada no local definitivo, se situa entre seis e oito meses, dependendo dos tratos culturais durante a fase de viveiro. Durante a fase de formação, as mudas devem ser mantidas em viveiro com 50% de interceptação de luz.

#### 3.4.2 - Manejo Agronômico (Sistema de cultivo)

##### 3.4.2.1 - Variedades

O programa de melhoramento genético da Embrapa Amazônia Oriental, com base na seleção fenotípica na coleção de germoplasma de açazeiro, implantada em área de terra firme, no Município de Belém, Pará, lançou, em 2004, a cultivar BRS Pará, selecionada para as condições de terra firme, com bons níveis de produtividade de frutos.

A cultivar Pará resultou de dois ciclos de seleção massal. O primeiro visou à avaliação de 849 plantas da coleção de germoplasma, para a produção de frutos por três anos consecutivos. Nesse ciclo foram identificadas e selecionadas 25 plantas promissoras, acima de 25 kg de frutos/planta/ano. De cada planta selecionada foram colhidas e misturadas quantidades iguais de sementes para a produção de mudas, que foram plantadas, num lote isolado, em área de terra firme no Município de Santa Izabel do Pará.

O segundo ciclo visou a seleção de plantas para as características de perfilhamento e vigor. Antes do florescimento das plantas (3º ano), foram eliminadas aquelas com padrão de desenvolvimento vegetativo e perfilhamento (estipe único) indesejável, de forma a permitir o intercruzamento, por meio de polinização livre, apenas das plantas superiores. As sementes utilizadas para o lançamento da cultivar Pará foram provenientes desse plantio, que foi transformado em área de produção de sementes (APS) ou de população melhorada.

Calzavara (1972), baseado unicamente na coloração dos frutos, quando maduros estabeleceu duas variedades: o açaí Roxo e o açaí Branco, respectivamente com epicarpo de cor roxa e verde-escuro.

O açaí branco é assim denominado porque os frutos, mesmo em completo estágio de maturação, apresentam epicarpo de coloração verde-escuro, e mesocarpo de coloração creme. A polpa oriunda de frutos desse tipo apresenta coloração creme bem claro, bastante diferente da polpa oriunda do açaí roxo. Em alguns locais o açaí branco é também denominado de açaí-tinga, palavra de origem tupi que significa branco.

Outros tipos ocorrentes na Amazônia são: o açaí-açu, o açaí espada e o açaí sangue de boi, que apresentam as seguintes características diferenciais:

Açaí-açu - É um tipo com frutos de cor roxa, ocorrente em populações nativas cujos cachos são bem mais pesados, com maior número de frutos por ráquias e diâmetro dos estipes maior que dos tipos comuns de açaí roxo.

Açaí espada - Tipo que ocorre principalmente na ilha do Combu, no município de Acará, difere dos tipos comuns, principalmente no formato do cacho, por apresentar ráquias primárias, secundárias e terciárias.

Açaí sangue-de-boi - Presente em populações nativas de açazeiro no baixo Amazonas, mais precisamente no município de Santarém. Caracteriza-se pela coloração avermelhada dos frutos, semelhante ao sangue de boi, quando maduros e por apresentar polpa com consistência bem menos pastosa que os tipos de ocorrência mais generalizada. A polpa dos frutos desse tipo tem pouca aceitação, tanto por sua consistência fina como pelo sabor que é bastante diferente, dos tipos com frutos de cor roxa.

#### 3.4.2.2 - Escolha e Preparo da Área

Na implantação de pomares de açazeiro devem-se utilizar, preferencialmente, áreas anteriormente ocupadas com culturas anuais ou semiperenes. Alternativamente, pode-se implantar a cultura em áreas com vegetação secundária de pequeno porte (Nogueira *et al.* 1995). A utilização de áreas com vegetação primária não é aconselhável devido aos danos ambientais e ao maior custo com a derrubada da vegetação.

No caso da utilização de áreas anteriormente ocupadas com culturas anuais, o preparo do terreno consiste basicamente na roçagem da vegetação, aração e gradagem. Na Amazônia brasileira é comum a implantação da cultura em áreas cultivadas com pimenteira-do-reino ou com maracujazeiro no final de ciclo. Em ambos os casos, o preparo da área consiste basicamente na roçagem das linhas onde serão plantados os açazeiros e posterior remoção dos tutores.

#### 3.4.2.3 - Espaçamento

A maioria das indicações de espaçamento para a cultura do açazeiro, visando à produção de frutos, são baseadas em observações de natureza prática. Geralmente tem sido indicado o espaçamentos de 5m x 5m com três ou quatro estipes (Nogueira *et al.* 1995, Villachica *et al.* 1996), que corresponde a densidades de

1.200 plantas/ha e 1.600 plantas/ha, respectivamente. A implantação da cultura em espaçamento mais fechado, como 4m x 4m, implica em baixa produtividade em decorrência da competição por água e por nutrientes que se estabelece entre as plantas (Nogueira *et al.* 1998).

Os espaçamentos mais abertos, como 5m x 5m, têm a vantagem de facilitar sobremaneira a colheita até dez anos após o plantio. Pois nessa situação, as plantas não estão submetidas à competição por luz o que reduz bastante o crescimento em altura e favorece o crescimento em diâmetro, reduzindo os riscos de tombamento de plantas pela ação de ventos fortes. Nesse espaçamento, os primeiros cachos, surgem em altura inferior a 1,5m. Além disso, os tratos culturais, especialmente as capinas, podem ser efetuadas mecanicamente.

Em sistemas agroflorestais ou em consórcios com outras espécies perenes, os espaçamentos recomendados são bem maiores, sendo os mais indicados 14m x 7m (Nogueira *et al.* 1991) e 10m x 10m (Carvalho *et al.* 1999).

Um dos consórcios mais interessantes do ponto de vista biológico e econômico envolve o cupuaçuzeiro como cultura principal e o açazeiro como cultura secundária (Müller & Carvalho 1997). Nesse caso, o açazeiro, uma espécie heliófila, é usado para o sombreamento definitivo do cupuaçuzeiro que, devido ao seu caráter umbrófilo, suporta nível de sombreamento em torno de 25% (Venturieri 1993). No consórcio do cupuaçuzeiro com o açazeiro, a primeira espécie deve ser plantada no espaçamento de 5m x 5m e a segunda no espaçamento de 10m x 10m (Carvalho *et al.* 1999).

#### 3.4.2.4 - Plantio

O plantio em áreas não-irrigadas deve ser efetuado no início do período de chuvas, em covas com dimensões de 40cmx40cmx40cm (Nogueira *et al.* 1995), previamente adubadas com 10 a 15 litros de esterco bovino ou 2 a 3 litros de esterco de galinha (Calzavara 1987) e 200g de superfosfato triplo. É conveniente, após o plantio, o uso de cobertura morta em volta da muda.

Em áreas irrigadas o plantio pode ser efetuado em qualquer época do ano, adotando-se os mesmos procedimentos indicados para o plantio em áreas não-irrigadas, em termos de tamanho da cova, adubação e cobertura morta.

#### 3.4.2.5 - Nutrição e adubação

Os estudos sobre nutrição e adubação do açazeiro são ainda extremamente incipientes, não se dispondo de resultados consistentes que permitam avaliar com precisão o estado nutricional das plantas e, principalmente, estabelecer recomendações de adubação.

Com relação à adubação os seguintes procedimentos têm sido indicados para solos de baixa fertilidade natural da Amazônia brasileira, não se podendo, no entanto, discriminar qual o mais eficiente:

a) No primeiro ano, efetuar duas aplicações de 300g de NPK, formulação 10-28-20, no quinto e nono mês após o plantio. A partir do segundo ano, efetuar três aplicações de 300g do mesmo adubo, no início, meio e fim do período de chuvas (Siqueira *et al.* 1998).

b) Nos dois primeiros anos após o plantio aplicar 100g de sulfato de amônio, 100g de superfosfato triplo e 100g de cloreto de potássio por planta, parcelados duas vezes. A partir do terceiro ano duplicar a quantidade de adubo, divididos, também, em duas aplicações. Além da adubação mineral, aplicar em intervalos de dois anos, cinco litros de esterco de curral (Nogueira *et al.* 1995).

c) Aplicar, no primeiro e segundo ano, 10 a 15 litros de esterco de curral ou dois a três litros de esterco de galinha por touceira e 100g da mistura, em partes iguais, de sulfato de amônia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O adubo mineral deve ser aplicado em duas parcelas de 50g, a primeira no início e a segunda no final do período de chuvas. A partir do terceiro ano utilizar a mesma quantidade de adubo orgânico e utilizar a mistura de 150g de sulfato de amônia, 220g de superfosfato triplo e 250g de cloreto de potássio, dividido, também, em duas parcelas iguais, aplicadas, no início e final do período de chuvas (Calzavara 1987).

#### 3.4.2.6 - Manejo de perfilhos e capinas

O número excessivo de perfilhos em uma touceira reduz o crescimento da planta-mãe, pois parte considerável dos fotossintatos são mobilizados para a formação do sistema radicular dos perfilhos (Oliveira 1995). Assim sendo, é necessário efetuar o desbaste dos mesmos de tal forma que cada touceira apresente, no máximo, cinco plantas (Calzavara 1987).

Outro aspecto ligado ao o manejo das touceiras está relacionado à altura dos estipes. Quando um estipe atinge altura que dificulte sobremaneira a colheita dos frutos, é conveniente eliminá-lo e deixar um novo perfilho crescer para substituir o que foi derrubado (Calzavara 1972 1987).

No primeiro ano após o plantio o crescimento da planta é bastante lento, situação esta que aliada ao espaçamento aberto favorece o crescimento de plantas daninhas. Nos três primeiros anos após a implantação do pomar são necessárias três ou quatro roçagens a cada ano. Complementando as roçagens é necessário o coroamento em volta das touceiras (Nogueira *et al.* 1995).

#### 3.4.2.7 - Irrigação

A irrigação da cultura, na Amazônia brasileira, tem sido utilizada empiricamente, pois não existem estudos específicos sobre os requerimentos hídricos do açaizeiro.

Normalmente é utilizada somente durante o período de estiagem, na forma de irrigação suplementar, em pomares estabelecidos em solos de terra firme e submetidos aos tipos climáticos Ami e Awi. Em algumas situações, como nos anos de ocorrência do fenômeno "El niño" é também necessária, mesmo em locais com tipo climático Afi, particularmente se o pomar estiver instalado em solos com teor de argila inferior a 30%.

Nos ecossistemas de várzea inundável do estuário amazônico as plantas não demonstram sintomas de déficit hídrico pois, nesse ambiente, mesmo durante a estação seca, quando em muitas ocasiões a camada superficial do solo seca bastante e apresenta rachaduras, provocando mesmo a quebra de raízes finas, a planta apresenta status de água adequado, em decorrência de ter suprimento hídrico garantido através da absorção de água pela porção mais profunda do sistema radicular (Carvalho *et al.* 1998a).

Não obstante ser uma planta típica de habitats muito úmidos o açaizeiro comporta-se como planta mesófila. Plantas jovens mesmo submetidas a estresse por falta de água, durante dois meses, mantêm-se vivas e recobram suas atividades fisiológicas 14 dias após a rehidratação (Calbo 1996).

### 3.4.3 - Manejo de açazais nativos

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira nativa da Amazônia que se destaca entre os diversos recursos vegetais, pela abundância e por produzir, importante alimento para as populações locais, além de constituir na principal fonte de matéria-prima para a agroindústria de palmito no Brasil. Apresenta sua maior concentração no estuário amazônico, com uma área estimada de 1 milhão de hectares, como uma espécie componente da floresta nativa ou em formas de maciços naturais conhecidos como açazais.

Dentre as possibilidades de utilização das referidas áreas de várzea o açazeiro tem se destacado devido a sua grande capacidade de adaptação ao ecossistema e pela facilidade de reconstituir o revestimento florístico, sendo também importante fonte de alimentos e de renda para as populações ribeirinhas. Nas áreas de várzea com a presença de cobertura florestal é possível fazer o manejo da vegetação visando o aumento da população natural de açazeiros ou o enriquecimento com o plantio de mudas dessa e de outras espécies de interesse comercial, conciliando a proteção ambiental com o rendimento econômico de modo racional e equilibrado. Ao final do processo de implantação será possível a formação de um sistema diversificado, caracterizado por um açazal de várzea enriquecido, constituído de 400 a 500 plantas adultas de açazeiros, 100 a 150 plantas de espécies frutíferas e de essências florestais por hectare.

Para a implantação dos sistemas de manejo recomenda-se que sejam utilizadas, preferencialmente, as áreas de várzea alta pelas facilidades de desenvolvimento das operações necessárias ao estabelecimento e à manutenção dos sistemas. Para o caso das áreas de várzea mais baixas, cujos solos permanecem quase sempre inundados, recomenda-se que o enriquecimento seja feito apenas através do manejo das plantas de açazeiros já existentes, uma vez que o plantio e a manutenção de outras espécies nessas áreas é, praticamente, inviável.

#### 3.4.3.1 - Operações de manejo:

##### a. Limpeza da Área

A roçagem é o primeiro trabalho feito na área e consiste na eliminação das plantas de menor porte e cipós, retirando-se os galhos visando facilitar o deslocamento das pessoas que implementarão as demais práticas.

##### b. Raleamento da vegetação

Nesta etapa deve-se identificar e eliminar as árvores cujo produto não tenha valor no mercado, mantendo-se aquelas produtoras de madeira, frutos, fibras, látex, óleos, medicinais.

As árvores mais finas e as palmeiras podem ser eliminadas por meio de corte, enquanto que as grossas por anelamento, ou seja, fazendo-se um anel em volta do tronco que pode variar de 25 a 100 cm, dependendo da espécie. As árvores que permanecerem devem ficar bem distribuídas o que facilitará a penetração da luz do sol na área, melhorando o crescimento dos açazeiros, aumentando a produção de frutos e reduzindo a quantidade de limpezas.

### c. Desbaste das touceiras

Nos açazais não manejados geralmente as touceiras apresentam-se com número excessivo de perfilhós (açazeiros). A prática de desbaste visa eliminar o excesso de estipes deixando-se de 3 a 4 em cada touceira, sendo cortados aqueles muito altos, finos, defeituosos ou que apresentem pouca produção de frutos. Recomenda-se que essa prática seja realizada na entressafra e que os palmitos sejam aproveitados.

Após o desbaste das touceiras deve-se plantar mudas de açazeiros em áreas em que as touceiras estejam muito espaçadas para que se tenha uma população aproximada de 400 touceiras por hectare.

### d. Obtenção de mudas

As mudas de açazeiros para plantio nas áreas com baixa concentração de plantas dessa espécie pode ser obtidas a partir de plântulas oriundas da regeneração natural por sementes ou produzidas especificamente para esse fim. As mudas das outras espécies que serão cultivadas em associação com o açazeiro também devem ser produzidas ou adquiridas.

### e. Manutenção do açazal

Anualmente deve-se efetuar roçagem das plantas de valor desconhecido para que o açazal mantenha-se limpo e mais produtivo. Deverão ser eliminadas as brotações novas que surgiram no período, deixando-se somente as que substituirão os açazeiros grandes indesejáveis com vistas a manter-se a população recomendada.

Para que os estipes dos açazeiros apresentem rápido crescimento em diâmetro é indispensável que se faça a limpeza da touceira com a retirada das bainhas que ficam presas após a morte da folha. Essa prática é mais necessária nas plantas jovens, uma vez que nas adultas as bainhas desprendem-se naturalmente com a queda da folha.

### f. Produtividade

Segundo Oliveira & Fernandes (1993) a produtividade de açazais plantados em terra-firme inicia a partir de seu quarto ano de plantio e segundo Nogueira *et al.* (2005) esta produtividade de frutos é de 2016 kg/hectare, no quinto ano 3.024 kg/hectare, no sexto ano 4.228 kg/hectare, estabilizando-se em 5.656 kg/hectare a partir do sétimo ano.

Na Coleção de Germoplasma de Açazeiro da Embrapa Amazônia Oriental, implantada também em Latossolo Amarelo, no espaçamento de 5m x 3m, sem desbaste de estipes, a produção, dez anos após o plantio, variou de 0,1kg a 50,9kg de frutos por touceira, evidenciando, nesse caso, a influência do genótipo (Oliveira 1995).

Em açazais nativos, manejados para a produção de frutos, com densidade de 1.500 plantas/ha e cerca de 53% delas em fase de produção foi registrada produtividade de até 9.000kg de frutos/ha. Por outro lado, para açazais não-manejados a produtividade foi de apenas 4.500kg de frutos/ha, em decorrência da baixa densidade de plantas por hectare (Nogueira 1997).

### g. Pragas

Diversos insetos atacam o açazeiro, contudo, poucos são os que exigem medidas efetivas de controle. A maior parte dos insetos ou formas afins que causam danos ao açazeiro também são pragas de outras palmeiras ou mesmo de outras espécies frutíferas ou madeireiras de famílias diferentes. Ressalte-se que, atualmente, não existe nenhum produto registrado no Ministério da Agricultura e do Abastecimento do Brasil, para o controle de pragas do açazeiro.

*Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) - Constitui-se na principal praga do açazeiro, atacando principalmente a região da coroa foliar. É praga de outras palmeiras cultivadas na Amazônia, dentre as quais o coqueiro (*Cocos nucifera*) e o dendezeiro (*Elaeis guineensis*).

As recomendações para o controle dessa praga propostas por Souza & Oliveira (1999) são baseadas nos métodos de controle indicados por Moura & Vilela (1996) e por Ferreira *et al.* (1998) para as culturas do dendezeiro e do coqueiro, respectivamente, conforme discriminadas a seguir:

Controle preventivo na colheita: pincelar o local onde foi cortado o cacho com uma solução de piche mais nematicida;

Controle comportamental – Uso de iscas atrativas e feromônios. Toletes de cana-de-açúcar podem ser usados como iscas em armadilhas tipo alçapão. A adição de feromônios às iscas constitui-se, presentemente, no método mais eficiente de controle;

*Cerataphis latanie* (Homoptera: Aphididae) – O pulgão-preto é um minúsculo sugador que ataca folhas em desenvolvimento, bainhas foliares, inflorescências e frutos. Em plantas com três a cinco anos de idade quando o ataque é severo pode causar a morte da planta. Nas inflorescências, ocasionam queda precoce das flores ou mesmo de frutos em início de formação (Souza & Oliveira 1999). O controle do pulgão preto pode ser efetuado com pulverizações de óleo mineral na concentração de 1%, comumente misturado com inseticida fosforado na concentração de 0,1% (Siqueira *et al.* 1998), apesar da prática não ser registrada e consequentemente ilegal.

*Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Scolytidae) – Conhecido como broca das mudas é um inseto originário da Ásia, polífago e bastante conhecido como praga do cafeeiro (*Coffea arabica*) e de numerosos arbustos. A fêmea mede entre 1,5mm e 1,8mm de comprimento e apresenta coloração enegrecida, brilhante. O macho é de coloração marrom e um pouco menor (Couturier *et al.* 1994). Na Amazônia brasileira, tem sido encontrado atacando diversas espécies frutíferas e madeireiras (Carvalho *et al.* 1999). Não existem medidas de controle efetivamente testadas e registradas para o combate dessa praga em mudas de açazeiro. No entanto, a aplicação de inseticidas de contato, com alto poder residual, é utilizada de maneira ilegal como alternativa de controle. Nesse caso, deve-se considerar o hábito crepuscular dos adultos (Mendes *et al.* 1979) e pulverizar as mudas ao entardecer, a fim de combater os insetos durante o voo. A destruição de mudas infestadas pelo fogo constitui-se em mais uma alternativa para o controle dessa praga.

No açazeiro, essa praga ataca mudas em diferentes fases de crescimento. As fêmeas penetram na região do coleto, onde efetuam a oviposição e depositam um fungo que se constitui no alimento dos adultos e das larvas. Esse fungo não apresenta patogenicidade para a planta, sendo os principais danos decorrentes das galerias abertas pelo inseto, que causam a morte das mudas.

#### h. Doenças

A única doença registrada, até o momento, no açazeiro, é a antracnose, cujo agente etiológico é o fungo *Colletotrichum gloeosporoides*. Essa doença, no entanto, tem causado problemas somente na fase de viveiro, já tendo ocorrido perdas de até 70% de mudas. (Bovi *et al.* 1988). O controle da antracnose pode ser feito com pulverizações de oxiclreto de cobre a 0,15%, intercalados com Benomyl a 0,1%, em intervalos de dez a quinze dias.

#### i. Colheita e pós-colheita

A colheita do fruto do açazeiro é efetuada aproximadamente 180 dias após a antese (Oliveira *et al.* 1998), ocasião em que o epicarpo apresenta cor roxa escuro recoberta por uma camada acinzentada (Calzavara 1972) nos tipos com frutos de cor roxa e coloração verde-escuro brilhante, nos tipos denominados de açai branco.

Nas áreas de extrativismo de açai a colheita é efetuada no horário matinal e constitui-se em operação onerosa e difícil de ser realizada, especialmente em plantas com altura superior a dez metros. É efetuada escalando-se o estipe e cortando o cacho em sua base, o qual é trazido para a superfície do solo pelo próprio escalador. Durante a colheita cuidados especiais são necessários para que não haja desprendimento de quantidade elevada de frutos das ráquias.

A colheita é realizada durante a manhã visando evitar que seja processada no momento de ocorrência de chuvas que, com maior frequência, ocorrem no horário vespertino, pois nessa situação é mais difícil escalar as árvores tanto pela ação direta das chuvas, que torna os estipes mais escorregadios, como pela ocorrência de ventos.

Outro fator determinante para o horário de colheita está relacionado ao transporte. Os frutos colhidos têm que chegar aos grandes centros consumidores, principalmente Belém, PA, nas primeiras horas do dia seguinte ao da colheita.

Escaladores habilidosos são capazes de passar de um estipe para outro de uma mesma touceira, sem descer para o solo (Cavalcante 1991), colhendo de três a cinco cachos em uma única escalada, desde que o peso total destes não ultrapasse a 15kg. Normalmente um escalador experiente é capaz de colher cerca de 150kg a 200kg de frutos em uma jornada de seis horas de trabalho.

Com a intensificação e racionalização do cultivo do açazeiro, a operacionalização da colheita precisa ser substancialmente melhorada, tendo em vista que em muitas áreas onde a cultura está sendo implantada, há carência de pessoal habilitado em escalar árvores e o sistema tradicional de colheita é bastante oneroso e com baixo rendimento de mão de obra. Provavelmente, um equipamento testado com relativo sucesso, na Embrapa Amazônia Oriental, para a colheita de frutos de pupunheira (*Bactris gasipaes*), uma palmeira também de porte elevado, possa ser utilizado na colheita de frutos de açazeiro. Esse equipamento consiste em uma vara de alumínio, com seis metros de comprimento, contendo na sua extremidade superior uma lâmina para corte do cacho, um recipiente para a recepção dos frutos e uma roldana que permite a descida e a subida do recipiente.

Após a colheita os frutos são removidos manualmente das raquillas e acondicionados em cestos confeccionados com fibras vegetais, que oferecem boa aeração, o que favorece a conservação. Esses cestos, embora apresentando capacidade variável, normalmente comportam 15kg ou 30kg de frutos.

Caixas plásticas com aberturas laterais, como as usadas na colheita de acerola e de outras frutas tropicais também se prestam para essa finalidade, tendo a vantagem de ocupar menor espaço e de serem mais facilmente transportadas. Esse tipo de embalagem, no entanto, muito raramente é usado na Amazônia, em virtude da maior facilidade de aquisição de cestos.

Os frutos após a colheita são bastante perecíveis, sendo ideal que sejam processados no prazo máximo de 24 horas após a colheita pois sofrem fermentação facilmente, condição esta favorecida pelas temperaturas elevadas prevalentes nas áreas de produção e de comercialização. A proteção dos frutos contra a radiação solar direta é importante para evitar a perda excessiva de água, pois o despulpamento de frutos nessa situação é mais difícil, o rendimento de polpa é menor e o produto obtido apresenta coloração fora do padrão.

Não existem estudos sobre a conservação de frutos em ambiente refrigerado, mas, provavelmente, a exemplo de outras frutas tropicais, a vida pós-colheita poderia ser prolongada mantendo os mesmos em ambiente com temperatura em torno de 10°C. Convém ressaltar que em alguns casos, especialmente quando em decorrência da distância o produto tem que ser conservado por período superior a 48 horas, os frutos são transportados em sacos de polipropileno, com capacidade para 50kg ou 60kg, recobertos com gelo (Nascimento & McGrath 1996).

### 3.5 - Manejo dos ecossistemas associados (remanescentes florestais), fornecedores de alimento e hábitat às espécies polinizadoras

O açazeiro é uma espécie que pode ser polinizada por uma gama muito ampla de insetos. Como vimos em parágrafos anteriores, diversas espécies de abelhas e moscas podem efetuar com eficiência a polinização desta cultura, sendo assim, além da criação de meliponíneos, é recomendado que bolsões de vegetação nativa sejam preservados nos arredores das plantações. A vegetação nativa contribui com a oferta de néctar, pólen, resina, fibras, óleos e locais para nidificação, não somente de meliponíneos, mas também de diversas outras de abelhas e moscas que também contribuem com a polinização do açazeiro.

A região amazônica, de uma maneira geral, é fartamente irrigada por rios e igarapés, estes cursos d'água são essenciais ao açazeiro, pois o mesmo não sobrevive sem uma farta irrigação. Portanto, é recomendável uma eficiente proteção a estes cursos d'água, mantendo uma faixa de no mínimo 50 metros de ambos os lados. Esta reserva também irá funcionar como refúgios para a fauna de polinizadores nativos, ofertando recursos em épocas outras em que o açazeiro não oferece tanto recursos a sua fauna de polinizadores. Apesar do açazeiro possuir um amplo período de florescimento, outras espécies vegetais são fundamentais a sua sobrevivência.

### 3.6 - Mensuração dos custos das práticas de manejo das espécies de polinizadores e comparação com os custos de produção da cultura agrícola em sistema de cultivo tradicional

No mercado de Belém, Estado do Pará, um enxame forte de *Melipona* spp., em caixa racional, custa R\$ 100,00. Para cada hectare é sugerida a introdução de cinco a seis caixas de urucu-amarela e urucu-cinzenta, respectivamente, pois os ninhos de urucu-amarela são mais populosos. Por questões econômicas e de facilidade no manejo, é recomendado o agrupamento de caixas em cavaletes coletivos, onde a proteção contra a chuva e formigas é facilitada (**Figura 6B**).

Cada cavalete coletivo para cinco ou seis caixas, conforme a espécie, é constituído de duas pernas-mancas de um metro de comprimento, dois braços de apoio de 60 cm, dois ripões de dois metros de comprimento e uma folha de telha do tipo "brasilita" de 0,5 x 2,4 m de tamanho. As pernas dos cavaletes devem receber proteção contra formigas, para isso pode ser utilizada estopa embebida em óleo queimado, fixada com arame, este sistema é de baixo custo e requer pouca manutenção. O custo total de cada cavalete coletivo é de R\$ 25,00.

O custo estimado de implantação por hectare de um conjunto de cinco ou seis caixas, com ninhos fortes de abelhas e o cavalete coletivo, é de R\$ 525,00 para urucus-amarelas e R\$ 625,00 para urucus-cinzentas.

Segundo Nogueira *et al.* (2005), a partir do sétimo ano, quando a produtividade se estabiliza em 5656 kg/hectare, a margem de lucro é de 96% (R\$ 1.190,00). Nesta ocasião, se for introduzido o manejo de abelhas, deverá ser acrescentado aos custos de manejo o equivalente a R\$ 525,00 para urucus-amarelas e R\$ 625,00 para urucus-cinzentas. É bom lembrar que estes investimentos somente se dariam uma vez, já que as colônias são perenes, não havendo mais a necessidade de novos investimentos nos anos subsequentes.

### 3.7 - Avaliação dos impactos do manejo dos polinizadores

Os impactos econômicos da introdução de meliponíneos manejados em áreas de produção de açaí são difíceis de serem mensurados na Amazônia, onde normalmente as atuais plantações raramente excedem 100 hectares. Nestas condições normalmente ainda existem muitas áreas com mosaicos de vegetação natural, em diferentes estágios de regeneração e também de matas virgens e exploradas. Esta vegetação abriga grande número de insetos polinizadores, também contribuindo positivamente na formação dos frutos do açaizeiro. Por outro lado, a prática da introdução de meliponíneos, tanto em áreas de plantação, como em áreas de manejo das populações nativas de açaizeiro, contribui em muito com a reprodução e conseqüente regeneração da vegetação natural. As abelhas *Melipona* spp. são polinizadores generalistas, visitando um espectro muito grande de plantas.

Tanto a urucu-amarela como a urucu-cinzenta são boas produtoras de mel, o que faz destas abelhas um excelente mecanismo para geração de renda de forma sustentável e que pouco compete com o tempo de trabalho de quem as maneja.

O manejo de abelhas indígenas sem ferrão é facilmente absorvido pelos agricultores, pois é relativamente simples, especialmente se comparado à apicultura, não demanda grandes investimentos e o retorno do investimento é rápido. Estas características fazem da meliponicultura uma excelente atividade para ser difundida entre os agricultores familiares.

Como o uso de polinizadores em plantações agrícolas é praticado em determinados períodos do ano, e em muitos casos não interessa ao agricultor, plantador de açaí, manejar abelhas, os meliponicultores podem, através do aluguel de colônias, obter assim mais uma renda através da venda dos serviços de polinização prestados pelas abelhas.

### 3.8 - Estratégias para a implementação do Plano de Manejo

O principal fator limitante ao manejo de abelhas nativas para a polinização do açazeiro é o mesmo enfrentado na meliponicultura, a falta de enxames disponíveis. Apesar do aumento do número de meliponicultores e dos avanços tecnológicos dos últimos anos, ainda é difícil a obtenção, em larga escala, de enxames de meliponíneos.

Uma possível estratégia a ser adotada seria a criação de unidades de multiplicação de colônias. Onde através da parceria junto a criadores tradicionais, seriam produzidas novas famílias de abelhas adotando-se métodos de multiplicação artificial de colônias, utilizando-se poucas abelhas, alimentação de reforço e proteção máxima na formação destas novas colônias. Um projeto piloto adotando esta estratégia vem sendo desenvolvido na Embrapa Amazônia Oriental em Belém, PA, nesta instituição, com o apoio do MDA e CNPq, foi montado um meliponário de matrizes e uma unidade de apoio à formação de novas colônias em larga escala (**Figura 14**).



**FIGURA 14.** Meliponário modelo para produção de colônias em larga escala: (A) meliponário coletivo para 60 caixas de *Melipona flavolineata* e (B) unidade produtora de colônias.

Uma outra estratégia a ser adotada seria a difusão da meliponicultura e manejo de polinizadores entre os cursos formais de técnicas agrícolas e agronomia. Desta forma, em breve, os novos profissionais do setor estariam mais bem capacitados a atender as demandas de melhor uso dos recursos naturais nativos, dentre eles, o manejo de meliponíneos.

Com a existência de vários agricultores, possuidores de um farto número de colônias, os plantadores de açazeiros poderiam alugar estas colônias para os serviços de polinização em suas respectivas plantações.

Uma unidade capaz de produzir 480 ninhos por ano custa no total, incluindo edificações, compra de caixas, compra de ninhos matrizes, alimentação para as abelhas, ferramentas diversas, cerca de R\$ 80.000,00. Esta unidade poderia ser mantida por um técnico agrícola e um auxiliar de serviços gerais.

Quanto à capacitação de agricultores e técnicos, um curso prático para 20 alunos, com a duração de 32 horas, ministrado nas comunidades, incluindo deslocamento de técnicos, hora técnica dos instrutores, alimentação para os agricultores, custa no total cerca de R\$ 6.000,00.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAWA, K.S. 1979. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. *New Zealand Journal of Botany* 17:521-524.

BOVI, M.L.A, GODOY JÚNIOR, G. & SÁES, L.A. 1988. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisadores em Palmito*, Embrapa-CNPQ, Curitiba. p.1-43.

BOVI, M.L.A, GODOY JÚNIOR, G., SÁES, L.A. 1988. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisadores em Palmito*, Embrapa-CNPQ, Curitiba, p.1-43.

BOVI, M.L.A., VAL, M.R., DIAS, G.S. & SPIERING, S.H. 1994. Floral biology and reproductive system of *Euterpe es-piritosantensis* Fernandes. *Acta Horticulturae* 360:41-56.

MENDES, A.C.B., GARCIA, J.J. & ROSÁRIO, A.F.S. 1979. Insetos nocivos ao cacauzeiro na Amazônia brasileira. Belém: CPLAC/DEPEA, Comunicado Técnico Especial, v.1, p.1-34.

MOURA, J.I.L. & VILELA, E.F. 1996. Pragas do coqueiro e dendezeiro. Viçosa, Editora da Universidade Federal de Viçosa.

MÜLLER, C.H. & CARVALHO, J.E.U. 1997. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In *Anais do Seminário Internacional Sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu*. Embrapa Amazônia Oriental/JICA, Belém, p.57-75.

NASCIMENTO, M.J.M. & McGRATH, D.G. 1996. Frutos de açaí, Relatório de Pesquisa. Belém: UFPA/NAEA.

NOGUEIRA, O.L. 1997. Regeneração, manejo e exploração de açaizais nativos de várzea do estuário amazônico. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém.

NOGUEIRA, O.L., CALZAVARA, B.B.G., MÜLLER, C.H. & MOREIRA, D.A. 1998. Manejo de açaizeiros (*Euterpe oleracea* Mart.) cultivados em Latossolo Amarelo na Amazônia. *Revista Brasileira de Fruticultura* 20:53-59.

NOGUEIRA, O.L., CARVALHO, C.J.R., MÜLLER, C.H., GALVÃO, E.U.P, SILVA, H.M., RODRIGUES, J.E.L.F, OLIVEIRA, M.S.P., CARVALHO, J.E.U., ROCHA NETO, O.G., NASCIMENTO, W.M.O. & CALZAVARA, B.B.G. 1995. A cultura do açaí. *Coleção Plantar*, 26. Embrapa-CPATU, Brasília, p.1-50.

NOGUEIRA, O.L., CONTO, A.J., CALZAVARA, B.B.G., TEIXEIRA, L.B., KATO, O.R. & OLIVEIRA, R.F. 1991. Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados. Embrapa-CPATU, Documentos 56, Belém, p.1-61.

NOGUEIRA, O.L., FIGUEIRÊDO, F.J.C. & MÜLLER, A.A. 2005. Açaí. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.

NOGUEIRA-NETO, P. 1954. Notas bionômicas sobre Meliponíneos: III Sobre a enxameagem. *Arquivos do Museu Nacional* 42:419-451

- OLIVEIRA, F. & KERR, W.E. 2000. Divisão de uma colônia de japurá (*Melipona compressipes manaosensis*) usando-se uma colméia e o método de Fernando Oliveira. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, p.1-16.
- OLIVEIRA, M.S.P. & FERNANDES, T.S.D. 1993. Aspectos da floração do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) nas condições de Belém-PA. In Resumos do Congresso Nacional de Botânica, São Luís, p.159.
- OLIVEIRA, M.S.P. 1995. Avaliação do modo de reprodução e de caracteres quantitativos em 20 acessos de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart. - Arecaceae) em Belém-PA. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- OLIVEIRA, M.S.P. 1998. Melhoramento genético do açazeiro na Amazônia Oriental. p.1-15.
- OLIVEIRA, M.S.P. 2002. Biologia floral do açazeiro em Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, p.1-26.
- PORTUGAL-ARAÚJO, V. 1955. Colméias para abelhas sem ferrão: Meliponini. Instituto de Angola. Boletim n.7.
- SIQUEIRA, G.C.L., MENEZES, M., SIQUEIRA, S.L., SILVA, G.S., ALVAREZ RIVERA, C.R., VICENTE, C.A.R. & NIETO, M.D. 1998. Açai: produtos potenciais da Amazônia. Brasília: MMA/SCA/GTA/SUFRAMA/SEBRAE.
- SOUZA, L.A. & OLIVEIRA, M.S.P. 1999. Insetos prejudiciais ao açazeiro e seus controles. Embrapa-CPATU, Belém, Comunicado Técnico, v.4, p.3.
- VENTURIERI, G.A. 1993. Cupuaçu: a espécie sua cultura, usos e processamento. Clube do Cupu, Belém.
- VILLACHICA, H., CARVALHO, J.E.U., MÜLLER, C.H., DIAZ, S.C. & ALMANZA, M. 1996. Frutales y hortalizas promissórios de la Amazonia. Lima: Tratado de Cooperación Amazonica 44:1-367.



### Polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae) em uma área nativa: diversidade de espécies, nidificação e seu uso sustentável na agricultura

Márcia Maria Corrêa Rêgo<sup>1</sup>; Patrícia Maia Correia de Albuquerque<sup>1</sup>; Marina Costa Ramos<sup>2</sup>; Orleans Silva<sup>3</sup>; Fernanda Nogueira Mendes<sup>3</sup>; Éville Karina Maciel Delgado Ribeiro<sup>4</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

A família Malpighiaceae é predominantemente tropical, com cerca de 85% das espécies distribuídas no Novo Mundo (Anderson 1979). No Brasil ocorrem aproximadamente 300 espécies, pertencentes a 32 gêneros, em diversas formações vegetais (Barroso *et al.* 1991).

Algumas espécies desta família, como a acerola (*Malpighia glabra*), são largamente cultivadas. O “murici” (*Byrsonima crassifolia*), que ocorre do Paraguai até o México (Anderson 1978), entretanto, é encontrado em estado nativo nos cerrado, caatinga, florestas, dunas e restingas e, não raramente, também é cultivado em pequenos sítios. No Maranhão, além de *B. crassifolia*, já foram diagnosticadas outras espécies de murici: *Byrsonima amoena*, *B. rotunda*, *B. sericea*, *B. verbascifolia*, *B. umbellata* e *B. chrysophylla*.

O gênero *Byrsonima*, do qual faz parte o murici, possui 150 espécies (Mabberley 1993) distribuídas na América do Sul, Central e Antilhas (Buchmann 1978), 70 destas encontradas no Brasil (Flinte *et al.* 2003). Os muricizeiros têm hábito arbustivo à sub-lenhoso, de 1,0 a 3,0 m de altura. *Byrsonima crassifolia* possui flores vistosas e dispostas em ramos, formando lindas inflorescências de coloração variada. Devido a essas características, o murici também pode ser utilizado como planta ornamental. No sul da Califórnia foi introduzido com este fim (Little *et al.* 1967). São hermafroditas, zigomorfas (15 mm de diâmetro) e pentâmeras, com pétalas amarelas sendo uma modificada em “pétala estandarte”. Cada uma das cinco sépalas possui, externamente, um par de glândulas epiteliais, produtoras de óleo (elaióforos). O androceu é formado por 10 estames com anteras com

1 Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Depto. de Biologia, Av. dos Portugueses, s/n, Campus do Bacanga. 65085-580 São Luís, MA, Brasil. regommc@uol.com.br

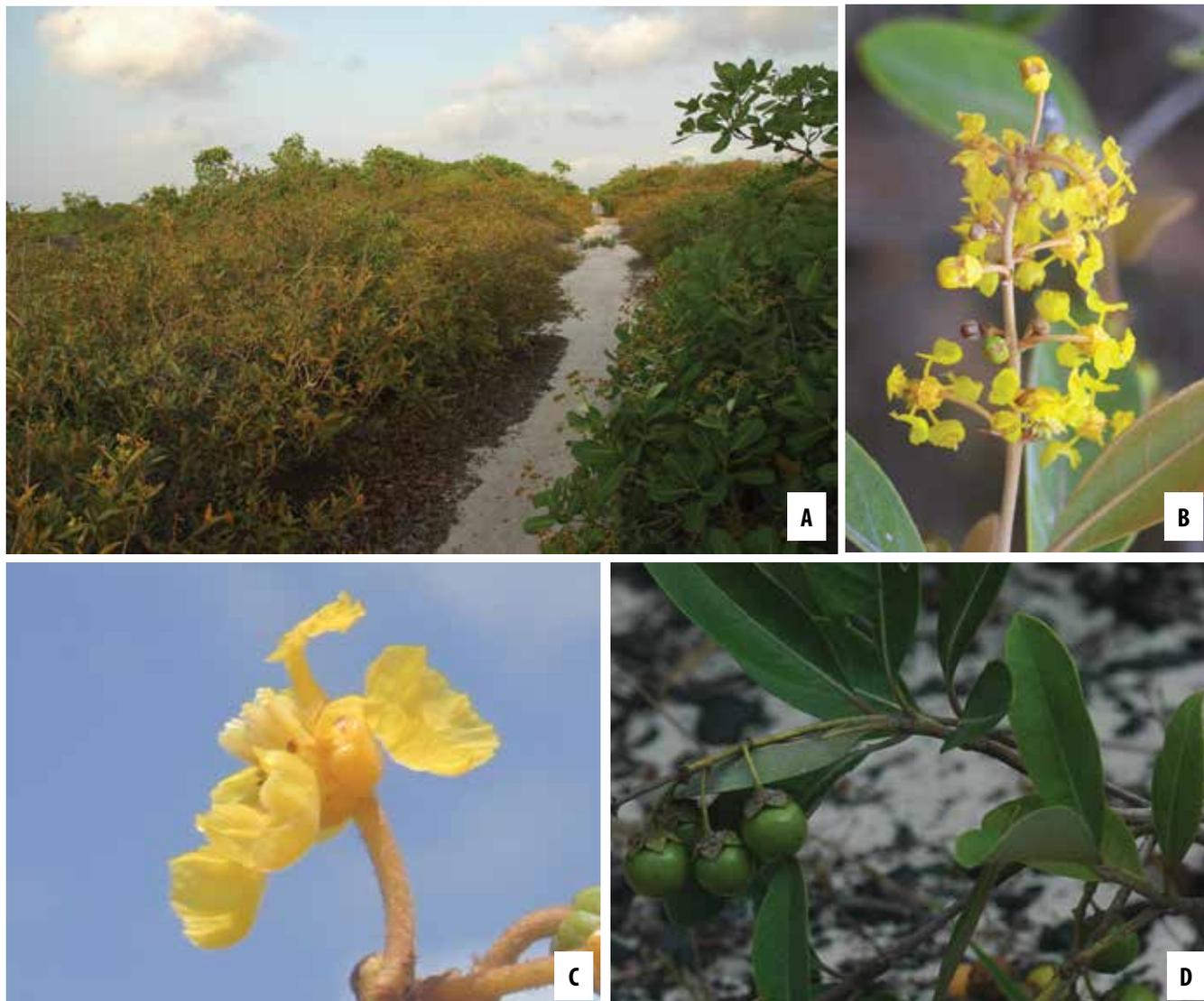
2 Bolsista PIBIC/ UFMA

3 Bolsista CNPq/ PROBIO

4 Bolsista FAPEMA - Mestrado em Biodiversidade e Conservação (UFMA)

deiscência longitudinal. O gineceu é composto por ovário com 3 carpelos e 3 estiletos (Cavalcante 1972). As inflorescências são do tipo racemo terminal, medindo aproximadamente 14 cm de comprimento, com uma média de 4,8 flores/inflorescência ( $n = 30$ ).

Os frutos são drupáceos, apresentam coloração amarela e têm de 1,5 a 2 cm de diâmetro com peso aproximado de 1 grama, cuja polpa representa 64% da fruta (**Figura 1**). A semente é de cor preta, enrugada, semelhante ao grão de pimenta do reino e representa 25% do fruto (Cavalcante 1972).



**FIGURA 1.** O murici, *Byrsonima crassifolia*. Aspecto geral, detalhes da inflorescência, flor e frutos.

A colheita é feita em novembro e dezembro, comumente por mulheres e crianças; os frutos coletados verdes ou maduros podem ficar armazenados por mais de 40 dias em barricas ou tambores que contenham solução de água e açúcar. A polpa misturada com farinha, adoçada ou não, conhecida como “cambica de murici”, é rica em gordura e de alto teor nutritivo (Braga 1976) constituindo até hoje, um importante recurso alimentar para a população carente do interior, áreas de Cerrado, e do litoral no Maranhão.

Por conter elementos nutritivos bastante pronunciados e excelentes características organolépticas, além de um rendimento elevado, o murici demonstrou ótimos resultados sob o ponto de vista da conservação, sem a necessidade do emprego de substâncias químicas preservativas acidulantes. Tornando, portanto, significativas às perspectivas de seu aproveitamento industrial (Barbosa *et al.* 1978).

Na restinga, o “murici” (*B. crassifolia*) floresce anualmente no período de estiagem, iniciando em julho, podendo estender-se até outubro; em áreas de cultivo o período de floração é mais prolongado. É neste período também que florescem outras espécies de plantas que comumente são visitadas pelos polinizadores do murici. Individualmente a floração de *B. crassifolia* é prolongada, ou seja, os arbustos ou árvores permanecem com inflorescência em diversos estágios de desenvolvimento, proporcionando em uma mesma planta uma massiva e constante formação de flores durante quatro a seis meses consecutivos. Segundo a classificação de Newstrom *et al.* (1994) o murici (*B. crassifolia*) apresentaria um padrão de floração do tipo anual, extensiva e irregular.

A antese inicia-se com o aparecimento dos primeiros raios solares, por volta das 5h30 para a maioria das flores. Contudo, existem flores que se abrem ao longo do dia. O processo de antese inicia-se com a distensão das pétalas, que pode se dar de duas formas: de forma sincronizada (todas as pétalas ao mesmo tempo) ou sequencial (ocorre a princípio na pétala estandarte, e as outras pétalas se distendem em seqüência, uma a uma). Simultaneamente à abertura das pétalas acontece a distensão e separação dos estames, que já se encontram deiscientes. Em seguida, os três estigmas distendem-se, ficando acima do nível das anteras. As flores permanecem atrativas por aproximadamente dois dias, quando suas pétalas amarelas tornam-se avermelhadas e suas anteras escurecem.

As flores possuem três óvulos e apresentam uma média de 86,6% de grãos viáveis/flor e razão P/O de 318.333,4.

*Byrsonima crassifolia* forma frutos principalmente por cruzamento entre flores de diferentes indivíduos. Nos tratamentos aplicados os resultados revelaram índices de alta incompatibilidade (ISI = 0,16). Os resultados dos experimentos de polinização controlada e o percentual de frutos formados em condições naturais encontram-se na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Resultados dos experimentos sobre sistema reprodutivo e a formação de frutos em *Byrsonima crassifolia*, na restinga, Barreirinhas-MA.

Tratamento	Flor/fruto	Sucesso (%)
Controle	30/10	33,3
Autopolinização espontânea	30/0	0
Autopolinização manual	30/1	3,33
Geitonogamia	30/0	0
Xenogamia	30/6	20
Apomixia	30/0	0

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Comportamento

Ao contrário de muitas outras plantas, o “murici” não produz néctar, mas armazena em glândulas especiais no cálice da flor (denominadas de elaióforos) seu principal recurso floral, o óleo.

Durante muito tempo, o pólen e o néctar eram considerados os mais importantes ou os únicos recursos nutritivos (Machado 2004). Porém, sabe-se hoje que os lipídios florais são usados com o néctar ou no lugar deste na provisão de pólen para o desenvolvimento larval de muitas espécies de abelhas. Outras usam os óleos não apenas como alimento larval, mas também para impermeabilização das células das paredes do ninho e, possivelmente, na nutrição de adultos (Neff & Simpson 1981, Buchmann 1987, Simpson 1989, Larooca *et al.* 1993, Pereira *et al.* 1999).

Segundo Simpson *et al.* (1983), a principal vantagem do óleo sobre o néctar é a sua maior quantidade de energia por unidade de peso que os carboidratos. O óleo floral é cerca de oito vezes mais rico em calorias quando comparado com a mesma quantidade de néctar (Vogel 1989).

Vários grupos dentre os Apoidea visitam espécies de murici, sendo que nas regiões neotropicais destacam-se como principais polinizadores, representantes das tribos Centridini, Tetrapediini e Tapinotaspidini (Rêgo & Albuquerque 1989, Sazima & Sazima 1989, Vogel 1989). Vogel (1989) estimou em cerca de 300 o número de espécies coletoras de óleos, sendo os Centridini o grupo de maior diversidade. Essas abelhas (**Figura 2**) apresentam estruturas básicas, especializadas para a coleta de lipídeos florais, que incluem tufo de cerdas finas e ramificadas denominadas pelos autores de “pads”, e pentes de cerdas, denominadas “combs” (Simpson & Neff 1981). Durante a coleta deste recurso, as abelhas promovem a polinização das flores (Rêgo & Albuquerque 1989, 2004, Sazima & Sazima 1989). Quando em coleta de pólen, elas se prendem às flores e vibram pressionando as anteras, mecanismo de vibração conhecido como “buzz-pollination” (Buchmann 1987), podendo elevar as pernas posteriores nesse momento. A transferência dos grãos de pólen é feita com o auxílio das pernas médias, com as quais as abelhas raspam o pólen da parte ventral do tórax, depositando-os nas escopas. Para coleta de óleo, estas abelhas prendem-se com auxílio da mandíbula na estandarte, pétala modificada, de modo que a parte ventral do abdome fica em contato com os estames e estigmas da flor, e com os pentes basitarsais dos dois primeiros pares de pernas, raspam os elaióforos que são rompidos pela fricção (Rêgo & Albuquerque 1989, 2004).



**FIGURA 2.** Espécies de Centridini coletando pólen e óleo em flores de murici: (A) *Centris byrsonimae*; (B) *Centris caxienseis*; (C) *Centris sponsa*; (D) *Epicharis umbraculata*.

## 2.2 - Riqueza e abundância

De outubro de 2004 a setembro de 2005, foram coletados 1.361 indivíduos distribuídos em 25 espécies, 10 gêneros e 6 tribos (**Tabela 2**). Os Centridini apresentaram maior abundância, com 1.170 espécimes, representando 86 % dos indivíduos coletados, seguidos de Tapinotaspidini (139 ind.; 10,2 %) e Apini (46 ind.; 3,38 %). Quanto à riqueza, os Centridini também sobrepuseram os demais grupos com 13 espécies (52%), seguidos de Apini (6 espécies; 24%), Tapinotaspidini e Augochlorini (ambos com 2 espécies; 8%), totalizando 92% da amostra.

A riqueza de espécies diagnosticada (n=25) foi semelhante à encontrada também em *B. crassifolia* em áreas cultivadas no Maranhão (25 espécies, Albuquerque & Rego 1989; 27 espécies, Aragão-Filho & Rego 2003), porém maior que em outras espécies de *Byrsonima* estudadas no mesmo ambiente (16 espécies em *B. chrysophylla* – Ribeiro 2007) ou em diferentes formações vegetais: 7 espécies em *B. gardnerana* e em *B. microphylla* nas dunas da Bahia (Costa *et al.* 2006), 18 espécies em *B. sericea* em fragmento de mata atlântica em Pernambuco (Teixeira & Machado 2000). Porém deve-se mencionar que oito espécies de abelhas foram acrescentadas à lista de visitantes florais do “murici”: *Centris leprieuri*, *C. sponsa*, *C. bicolor*, *Epicharis umbraculata*, *Exomalopsis* sp., *Trigonisca extrema*, *Trigonisca pediculana* e *Trigonisca* sp., elevando para 40 o número de espécies de Apoidea amostradas sobre suas inflorescências (Rego & Albuquerque 2006; **Tabela 3**). Diante disso, percebe-se o importante papel ecológico que *B. crassifolia* possui na manutenção da fauna apícola.

**Tabela 2.** Espécies de abelhas (Apidae) coletadas sobre as flores do murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae) na restinga, Barreirinhas-MA.

<b>Tribo</b>	<b>Espécies</b>	<b>N.º ind.</b>	<b>(%)</b>
<b>Apini</b>	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	1	0,07
	<i>Plebeia fallax</i> (Smith, 1854)	8	0,60
	<i>Trigona fulviventris</i> Guérin, 1837	21	1,54
	<i>Trigonisca extrema</i> Albuquerque & Camargo, 2007	11	0,81
	<i>Trigonisca pediculana</i> (Fabricius, 1804)	4	0,30
	<i>Trigonisca</i> sp.	1	0,07
<b>Augochlorini</b>	<i>Augochloropsis</i> sp1	1	0,07
	<i>Augochloropsis</i> sp2	1	0,07
<b>Centridini</b>	<i>Centris (Centris)</i> sp.	133	9,77
	<i>Centris (Centris) caxiensis</i> Ducke, 1907	366	26,89
	<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	22	1,62
	<i>Centris (Centris) leprieuri</i> (Spinola, 1841)	16	1,17
	<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969	3	0,22
	<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874	10	0,73
	<i>Centris (Melacentris)</i> sp.	110	8,10
	<i>Centris (Trachina)</i> sp.n.	358	26,30
	<i>Centris (Ptilotopus) sponosa</i> Smith, 1854	4	0,30
	<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	7	0,51
	<i>Centris (Xanthemisia) bicolor</i> Lepeletier, 1841	1	0,07
	<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1874	9	0,66
	<i>Epicharis (Epicharis) umbraculata</i> (Fabricius, 1804)	131	9,62
	<b>Anthidiini</b>	<i>Dicranthidium</i> sp.	3
<b>Exomalopsini</b>	<i>Exomalopsis</i> sp.	1	0,07
<b>Tapinotaspidini</b>	<i>Paratetrapedia (Xanthopedia) globulosa</i> (Friese, 1899)	67	4,92
	<i>Paratetrapedia punctifrons</i> (Smith, 1879)	72	5,30
<b>Total</b>	25 espécies	1.361	100

Dentre os gêneros, *Centris* foi o mais representativo, com o maior número de indivíduos (1.030 ind.; 75,68%), seguido de *Epicharis* (140 ind.; 10,29%) e *Paratetrapedia* (139 ind.; 10,21%). As espécies mais abundantes foram: *Centris (Centris) caxiensis* (366 ind.; 26,9%), *Centris (Trachina) sp.n.* (358 ind.; 26,3%), *Centris (Centris) sp. 1* (133 ind.; 9,77%), *Epicharis (Epicharis) umbraculata* (131 ind.; 9,62%) e *Centris (Melacentris) sp.* (110 ind.; 8,1%) (**Tabela 2**).

**Tabela 3.** Número de indivíduos e de espécies de Apoidea, por meses de coleta, nas flores de *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae), neste trabalho ■ (restinga, Barreirinhas-MA) e em áreas cultivadas ■ (Aragão-Filho & Rêgo 2003) ■ (Albuquerque & Rêgo 1989) em São Luís-MA, Brasil.

Espécies de Abelhas	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total	Total (%)
<i>Augochloropsis</i> sp.	1												1	0,07
<i>Augochloropsis</i> sp1							1						1	0,07
<i>Augochlora</i> sp2											1		1	0,07
<i>Augochloropsis crassigena</i>	1							27	24	13	15	13	93	7,0
	10	7	5			2	15	49	44	67	44	15	258	19,89
<i>Apis mellifera</i>		1											1	0,07
<i>Centris analis</i>								3	1			2	6	0,4
		1						2					3	0,23
<i>Centris bicolor</i>							1						1	0,07
<i>Centris (Trachina) sp. n.</i>								1	3	8	1		13	1,0
						1		3			1	1	6	0,46
	1	1	3				35	146	94	61	13	4	358	26,30
<i>C. caxienseis</i>	2							2	11	21		8	44	3,3
								27	26				53	4,08
	1		32				27	75	120	70	37	4	366	26,89
<i>C. flavifrons</i>							4	22	15	14			55	4,24
			1				10	5	1	4	1		22	1,62
								2	1	1		2	6	0,4
<i>C. fuscata</i>								3	1				4	0,3
							3	4					7	0,53
<i>C. longimana</i>								1					1	0,1
								1					1	0,07
							1	5			1		7	0,51
<i>C. leprieuri</i>		6	8				2						16	1,17
<i>C. spilopoda</i>	3							2	2	1		5	13	1,0
	11							19	8	1	1	13	53	4,08
											2	1	3	0,22
<i>C. sponsa</i>							3	1					4	0,30
<i>C. tarsata</i>								1					1	0,1
							3	3	2	2			10	0,73
<i>C. trigonoides</i>								1	1				2	0,2
<i>Centris</i> sp.												1	1	0,1
<i>Centris</i> sp. 1	2		8	2			24	49	20	24	3	1	133	9,77
<i>Centris (Melacentris) sp.</i>							7	48	52	2	1		110	8,1

Espécies de Abelhas	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total	Total (%)
<i>Centris (Ptilotopus) sp.</i>										1			1	0,07
<i>Dicranthidium arenarium</i>								1	3				4	0,3
<i>Epicharis bicolor</i>										1			1	0,1
<i>E. schrottkyi</i>	2	1	1							2			6	0,46
<i>E. flava</i>	2											3	5	0,4
<i>E. umbraculata</i>	3						5	12	4	4	1	1	30	2,31
<i>E. umbraculata</i>			1				11	79	40				131	9,62
<i>Exomalopsis sp.</i>								1					1	0,07
<i>Nannotrigona punctata</i>						1	1	5	1	1	1		10	0,77
<i>Paratetrapedia globulosa</i> <sup>1</sup>								2			3		5	0,4
<i>Paratetrapedia globulosa</i> <sup>1</sup>	2	1					1	2	1	2	10	4	23	1,77
<i>Paratetrapedia globulosa</i> <sup>1</sup>	33	2							1	1	8	22	67	4,92
<i>P. leucostoma</i> <sup>2</sup>		2	4	2	1		1	1					11	0,84
<i>P. punctifrons</i> <sup>3</sup>								5	2	4	1	1	13	1,0
<i>P. punctifrons</i> <sup>3</sup>	9	4						2		5	5	11	36	2,77
<i>P. punctifrons</i> <sup>3</sup>	12	1							1	2	22	34	72	5,30
<i>P. tarsalis</i>								10	7	1			18	1,4
<i>P. tarsalis</i>						6	4	2					12	0,92
<i>P. testacea</i>					2	8	1	4	1	2	2	3	23	1,7
<i>P. testacea</i>	1	4	7	5	1	3							21	1,61
<i>Paratetrapedia sp. 1</i> <sup>4</sup>			2		3			1					6	0,4
<i>Paratetrapedia sp. 1</i> <sup>4</sup>	2	7	9	3	4	14		2		1		2	44	3,39
<i>Paratetrapedia sp. 2</i>						1	2	2					5	0,4
<i>Paratetrapedia sp. 2</i>	4	3	2	1	1	2			1	1	2	7	24	1,85
<i>Paratetrapedia sp. 3</i>							4	7	1	2	1		15	1,15
<i>Plebeia fallax</i>	1	1	3									3	8	0,60
<i>Scaptotrigona postica</i>	4								1		2		7	0,53
<i>Tetrapedia diversipes</i>	1	6	2									14	23	1,7
<i>Tetrapedia diversipes</i>	20	4	2	1		1	1				2	6	37	2,85
<i>Tetragona dorsalis beebei</i>												3	3	0,2
<i>Tetragona dorsalis beebei</i>								1	3	1		2	7	0,53
<i>Trigona fulviventris</i>	25	4	9	1	8	5	4	31	20	10	24	25	166	12,5
<i>Trigona fulviventris</i>	14	13	19	5	3	1	15	28	16	33	15	23	185	14,26
<i>Trigona fulviventris</i>	10	1	1				6		1		1	1	21	1,54
<i>Trigonisca extrema sp. n.</i>	7											4	11	0,81
<i>Trigonisca pediculana</i>												4	4	0,30

Espécies de Abelhas	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total	Total (%)
<i>Trigonisca</i> sp.	1												1	0,07
<i>Trigona fuscipennis</i>		14		1	178	114	7	7	11	59	2	54	447	33,8
	16	5	8	2		4	4	1	8	6	1	30	85	6,55
<i>Trigona pallens</i>	43	14	9	3	25	24	22	106	77	9	24	63	419	31,7
	27	23	26	7	6	13	42	75	15	12	11	49	306	23,59
Nº de Espécies	7	4	4	3	5	5	5	19	15	13	8	14	25	100
	14	13	10	8	6	11	13	20	14	16	15	13	27	100
	10	7	8	1	0	0	13	11	10	8	10	11	25	100
Nº de Indivíduos	77	38	22	5	216	152	36	209	167	131	72	197	1322	100
	125	75	83	26	16	48	100	265	144	153	98	164	1297	100
	69	13	57	2	0	0	131	421	332	166	89	81	1361	100

Em Albuquerque & Rêgo (1989): <sup>1</sup>*Paratetrapedia* sp. 3, <sup>2</sup>*Paratetrapedia* sp. 2, <sup>3</sup>*Paratetrapedia* sp. 1, <sup>4</sup>*Paratetrapedia nasuta*.

O Índice de diversidade Shannon-Weiner e a uniformidade de distribuição de indivíduos por espécie dos muricizeiros, na área de restinga, foi de  $H' = 2,11$  e  $E = 0,68$ , respectivamente. A similaridades entre as faunas de abelhas coletadas sobre as flores dos “muricis” de diferentes áreas estão descritas na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Similaridade entre as faunas de abelhas coletadas sobre as flores do murici (*Byrsonima crassifolia*) em área nativa (restinga, Barreirinhas-MA), cultivada 1 (Aragão-Filho & Rêgo 2003) e cultivada 2 (Rêgo & Albuquerque 1989).

Áreas de ocorrência dos muricizeiros	Índice de Morisita	Índice de Sorensen
Restinga (este trabalho) x Área cultivada 1	0,15	0,18
Restinga (este trabalho) x Área cultivada 2	6,98	0,44
Área cultivada 1 x Área cultivada 2	0,72	0,77

### 2.3 - Sobre outras plantas disponíveis na restinga aos polinizadores do murici

As abelhas polinizadoras do murici, que coletam pólen e óleo em suas inflorescências, dependem também de outros recursos para a sua manutenção e reprodução, como néctar e resina, coletados em outras plantas por elas visitadas. Dados sobre essas plantas são necessários para o manejo adequado dos polinizadores e a sustentabilidade do ecossistema.

As espécies florais que foram amostradas num raio de 500 m de uma área de ocorrência natural dos muricizeiros na restinga primária, no limite do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, estiveram presentes ao longo de todo o ano, principalmente entre os meses de setembro e abril.

O principal recurso utilizado pelas abelhas foi o néctar (57%), seguido por pólen (37%). Pelo menos 24 espécies de plantas são usadas como fonte alternativa de recursos florais pelos polinizadores mais abundantes do “murici”. A maioria destas plantas alternativas oferece néctar como principal recurso floral (13 espécies; 54%), seguido por aquelas que oferecem pólen (6 espécies; 25%) e óleo (4 espécies; 17%). As **Figuras 3 e 4** ilustra algumas das principais plantas visitadas pelos polinizadores do murici, na restinga, Barreirinhas-MA.

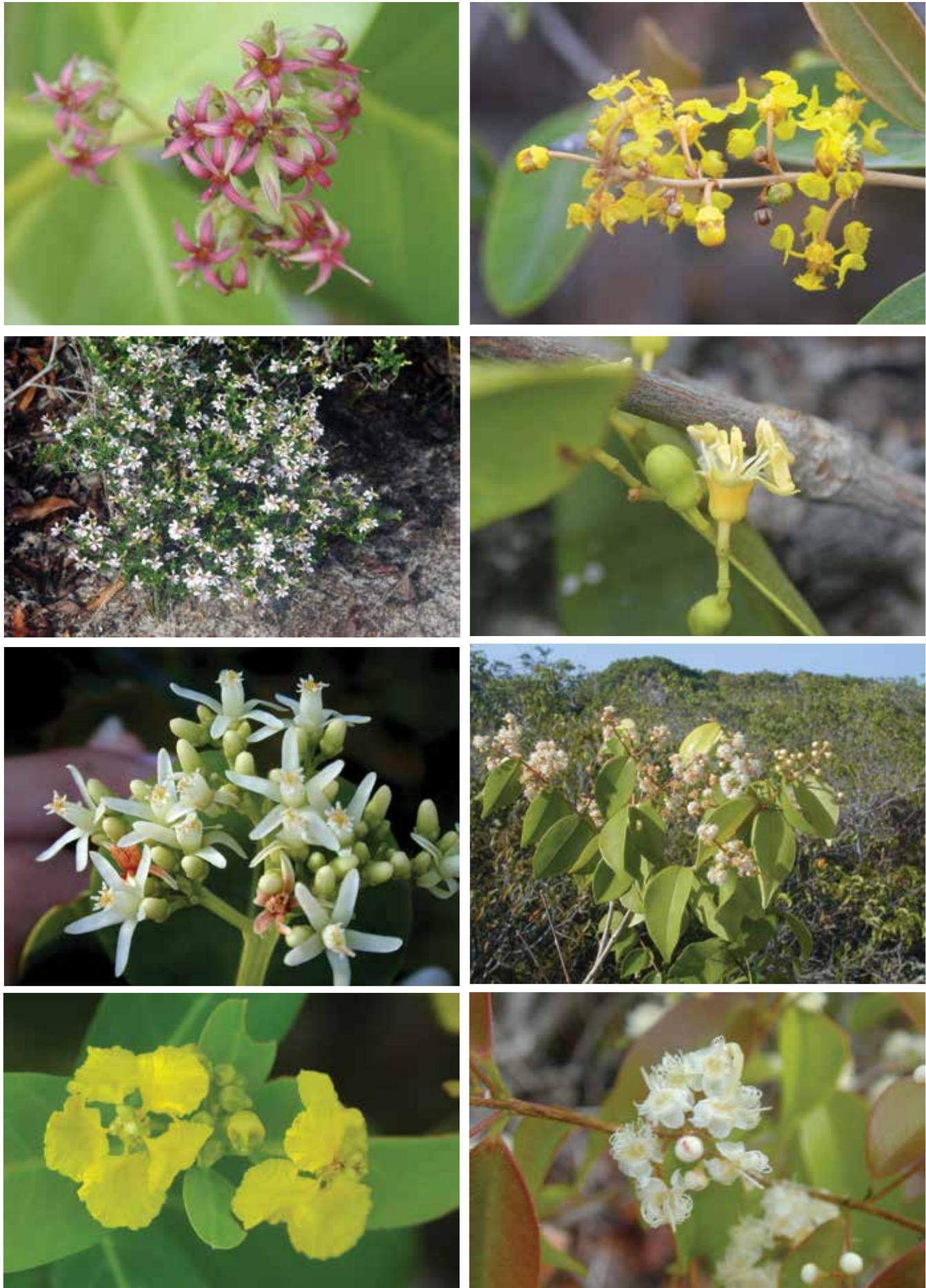
#### 2.4 - Biologia da Nidificação

Os Centridini são considerados polinizadores-chave na manutenção de muitas espécies vegetais, entretanto, dados sobre sua bionomia são ainda restritos. Há relatos sobre a nidificação de 12 (57%) espécies, das 21 diagnosticadas como polinizadoras do murici, uma espécie valiosa para o biomonitoramento (Rêgo *et al.* 2006) que são: *Epicharis flava* (Friese) (Camargo *et al.* 1975), *Centris aethyctera* Snelling (Vinson & Frankie 1977), *C. inermis* Friese (Coville *et al.* 1983), *C. trigonoides* Lepeletier (Williams *et al.* 1984, Simpson *et al.* 1977), *C. heithausi* Snelling (Coville *et al.* 1986), *C. flavofasciata* Friese (Vinson *et al.* 1987), *C. aethiocesta* Snelling (Vinson & Frankie 1988), *C. analis* (Fabricius) (Jesus & Garófalo 2000, Gazola & Garófalo 2003), *C. aenea* Lepeletier (Aguiar & Gaglianone 2003); *C. tarsata* (Aguiar & Garófalo 2004) e *C. flavivrons* (Vinson *et al.* 1996, 1997, Vinson & Frankie 1988, Rêgo *et al.* 2006).

Essas abelhas possuem os hábitos mais variados de nidificação. Muitas espécies escavam ninhos em solo plano (Rozen & Buchmann 1990, Aguiar & Gaglianone 2003, Gaglianone 2005) ou em barrancos verticais (Batra & Schuster 1977, Coville *et al.* 1983, Vinson *et al.* 1993). Outras nidificam em cavidades pré-existentes, podendo estabelecer seus ninhos em células abandonadas de vespas e de outras abelhas (Linsley *et al.* 1980), dentro de termiteiros (Vesey-Fitzgerald 1939, Bennet 1964, Gaglianone 2001), em ninhos de *Atta* (Vesey-Fitzgerald 1939), orifícios na madeira, como troncos de árvores (Michener & Lange 1958, Frankie *et al.* 1988, 1993; Vinson *et al.* 1993) e em ninhos armadilhas (Gazola & Garófalo 2003, Aguiar & Garófalo 2004, Thiele 2005, Mendes & Rêgo 2007).

Dentre as espécies de *Centris* estudadas (**Figura 5**), *C. (Trachina) sp.n.*, *C. (Centris) sp.*, e *C. (Melacentris) sp.* escavaram seus ninhos em solo plano e arenoso, na restinga e *C. (Centris) flavifrons*, no cerrado (Rêgo *et al.* 2006). *Centris (Hemisiella) vittata* (Ramos *et al.* 2010) construiu seus ninhos em orifícios pré-existentes, em troncos mortos de aroeira (*Astronium sp.*, Anacardiaceae) e fêmeas de *C. (Ptilotopus) maranhensis* nidificaram em um cupinzeiro, ambas em áreas sob o domínio do Cerrado (Ramos *et al.* 2007b).

Muitos fatores podem influenciar na seleção do local de nidificação, características geneticamente determinadas e ambientais diversas como: estrutura do solo, microclima, interações com inimigos naturais, distância dos locais de nidificação às fontes de alimento, capacidade de aprovisionamento das fêmeas e grau de especialização alimentar (Martins & Antonini 2002).



**FIGURA 3.** Plantas visitadas pelos polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia*) na restinga, Barreirinhas-MA.



FIGURA 4. Plantas visitadas pelos polinizadores do murici (*Byrronima crassifolia*) na restinga, Barreirinhas-MA.



**FIGURA 5.** Espécies de *Centris* que nidificam no solo (A-C) e em cupinzeiro (D): **(A)** *C. (Centris) sp.*; **(B)** *C. (Trachina) sp. n.*; **(C)** *C. (Centris) flavifrons*; **(D)** *C. (Ptilotopus) maranhensis*

#### 2.4.1 - Período de nidificação, ciclo biológico e atividade das fêmeas

Os polinizadores do murici nidificaram em épocas diferentes do ano. *C. (Trachina) sp. n.*, *C. (Centris) sp.* e *C. (Melacentris) sp.* construíram seus ninhos durante o período de estiagem (julho a dezembro), sendo que o pico das fundações ocorreu no mês de setembro, correspondendo à floração de *Byrsonima crassifolia* na restinga (Barreirinhas-MA). *Centris (Centris) sp.* foi observada nidificando também no período chuvoso, durante o mês de fevereiro que corresponde à floração de outra espécie de Malpighiaceae, o “murici pitanga”, *B. chrysophylla* (Ribeiro *et al.* 2008), também presente na mesma área de estudo.

*Centris flavifrons* (Rêgo *et al.* 2006) nidificou no final do período de estiagem durante os meses de outubro a dezembro, ao passo que *C. maranhensis* (Ramos *et al.* 2007a) e *C. vittata* (Ramos *et al.* 2010) fundaram seus ninhos nos meses de maio e junho, final do período chuvoso e período de floração do murici vermelho, *Byrsonima umbellata*, no cerrado (Mendes 2007).

As épocas de fundações de novos ninhos, segundo Camillo (2003) estão diretamente relacionadas ao número de gerações que a espécie produz por ano. Para as espécies estudadas, somente *C. (Trachina) sp. n.*, e *Centris (C.) sp.* parecem produzir mais de uma geração por ano. As demais espécies são univoltinas.

O período de desenvolvimento das espécies pode variar de acordo com o número e gerações e também com o tamanho corporal da espécie. Espécies de tamanho menor, como *Centris (C.)* sp. e *C. (Hemisiella) vittata* podem passar cerca de 60 dias para transformar-se em adulto, já as de tamanho maior, como *Centris (Melacentris)* sp., podem demorar até um ano (Rêgo *et al.* 2006).

As fêmeas iniciam o processo de procura de substratos, para a construção de seus ninhos, logo após a emergência. Os machos, que emergem primeiro, já se encontram marcando territórios em áreas próximas aos sítios de nidificação ou em grupos ou sobre os indivíduos de plantas que as fêmeas visitam para a coleta de recursos.

Ao encontrarem um substrato adequado à nidificação, as fêmeas voam ao seu redor entrando em vários orifícios ou, as que nidificam no solo, voam a poucos centímetros do chão à procura de um lugar para construir seus ninhos. Ocasionalmente pousam e escavam o solo ou entram nas cavidades por alguns segundos, voando novamente. Esse processo é repetido várias vezes até a fêmea selecionar um sítio e iniciar a construção do seu ninho (Rêgo & Albuquerque 2006). As que nidificam em orifícios, como *C. vittata*, limpam a cavidade, produzindo um som de raspagem, antes de começar as viagens para coleta do material a ser utilizado na construção das células (Ramos *et al.* 2010).

*Centris maranhensis* sobrevoa ao redor dos termiteiros de solo escavando os pequenos orifícios pré-existent nos mesmos, para a construção do ninho (Ramos *et al.* 2007b).

As fêmeas escavadoras utilizam suas pernas anteriores para cavar e empurram a areia com movimentos rápidos das pernas posteriores, para trás. Em alguns casos, as fêmeas intercalam a atividade de escavação com viagens rápidas, provavelmente para se alimentar ou então para coletar água, facilitando assim a escavação. Após escavarem um canal ou túnel, as fêmeas começam a fazer viagens para coleta do material que será utilizado na construção das células (Rêgo *et al.* 2006).

*Centris flavifrons* constrói seu ninho também à noite. Após finalizarem a construção das células, as fêmeas começam a coleta dos recursos florais, nas primeiras horas da manhã, que serão utilizados como alimento das crias. Quando o alimento larval chega à cerca de 1/3 da célula, esta é então fechada pela fêmea, que então preenche o canal com areia compactando-a e camuflando o ninho com pedaços de folhas secas e gravetos presentes na superfície do solo. As fêmeas podem levar de quatro até, possivelmente, cinco dias para finalizar o processo de nidificação (Rêgo *et al.* 2006).

*Centris (Trachina)* sp., constrói apenas uma célula por ninho e leva um ou dois dias na construção de um único ninho. Já para *C. (Centris)* sp. foi encontrado um ninho contendo três células no qual a fêmea passou cinco dias para finalizar (Rêgo & Albuquerque 2006).

Todas as fêmeas que escavam ninhos no solo permanecem no interior do ninho durante a noite, sempre com a cabeça voltada para a saída do mesmo. Já as fêmeas de *C. vittata* (Ramos *et al.* 2010) selecionaram outra cavidade próxima aos seus ninhos onde passaram a noite toda com o abdome voltado para o exterior.

As atividades de forrageio iniciam-se nas primeiras horas da manhã, por volta das 5h30 e finalizam por volta das 18h00.

Segundo Michener (1974), a formação de agregações de ninhos em um mesmo local é uma tendência universal em abelhas solitárias. Nossas observações indicaram agregações apenas em *Centris flavifrons* (Rêgo & Albuquerque 2006). Esses autores verificaram cerca de 56 entradas em um único dia. Para *C. vittata* (Ramos et al. 2010) foram observadas três fêmeas construindo seus ninhos ao mesmo tempo em um único tronco. Além disso, as fêmeas coletavam areia juntas para construção de seus ninhos.

#### 2.4.2 - Arquitetura dos ninhos e provisionamento das células

Os ninhos das espécies escavadoras estudadas mostraram algumas características similares a outras espécies de *Centris* que escavam ninhos no solo, tais como: paredes dos túneis sem revestimento, baixa profundidade e células feitas com partículas de areia agregadas, possuindo a face externa rugosa e a interna lisa e brilhante, revestida com óleo (Rêgo & Albuquerque 2006).

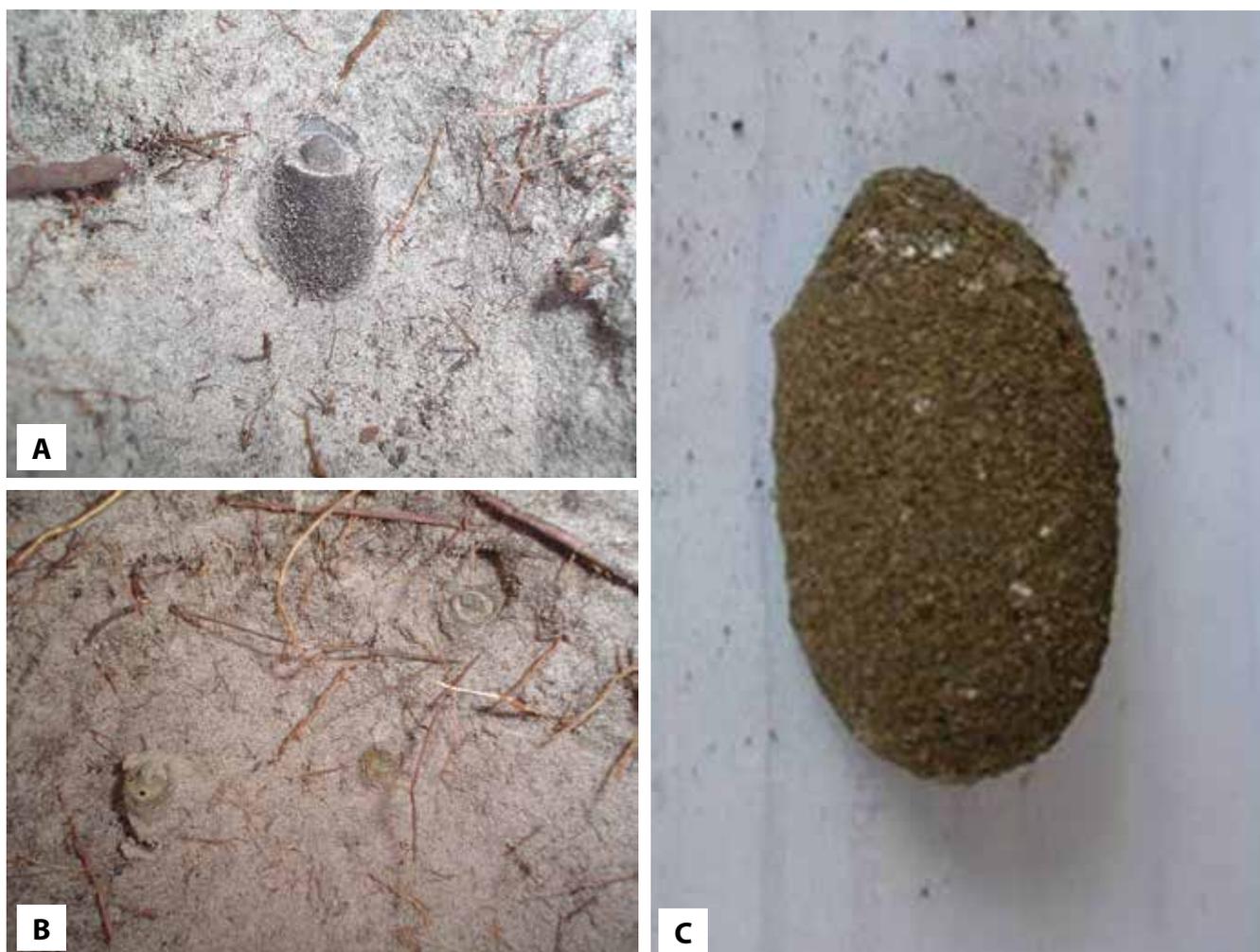
A areia removida do túnel, durante a escavação, ficava acumulada embaixo da entrada formando um pequeno montículo que facilitava a localização dos ninhos. As entradas possuíam forma oval a circular seguindo-se um túnel ou canal principal onde, no final se localizava uma célula em posição vertical. Em apenas um ninho, de *Centris (Centris) sp.*, foram encontradas três células, pois o túnel principal possuía ramificações contendo uma célula no final de cada ramificação (Rêgo & Albuquerque 2006).

As células das espécies estudadas na restinga possuíam estruturas semelhantes sendo apenas de tamanhos diferentes (**Figura 6**). Suas paredes eram duras e nitidamente diferenciadas do substrato ao seu redor sendo facilmente retiradas. Possuíam base arredondada e ápice truncado com um opérculo plano com uma projeção no centro ou próxima a ele. As paredes da célula ultrapassavam o opérculo, sua face interna tinha aspecto liso e brilhante sendo construída com resina e revestida por óleo, mas externamente constituiu-se de grãos de areia. O opérculo, côncavo internamente, foi construído com uma mistura de areia e óleo (Rêgo & Albuquerque 2006).

As células de *Centris flavifrons* (Rêgo et al. 2006) eram de forma oval com o ápice pontiagudo, diferentemente das células das outras espécies que nidificaram no solo.

Para *C. vittata* (Ramos et al. 2007a) as cavidades estavam perfuradas horizontalmente e, em seguida, galerias desciam ou subiam verticalmente no sentido das fibras da madeira. O material utilizado na construção das células foi uma mistura de areia e possivelmente óleo, que ficava sólida e firme após alguns dias. As fêmeas preenchiam as cavidades com esta mistura e as células eram como que moldadas dentro deste solo úmido. Após o término do ninho, a entrada era revestida com óleo.

*Centris maranhensis* construiu cinco células por ninho. Da entrada do ninho, aproximadamente oval, seguia um canal principal, ascendente, com 5 cm de extensão. No final deste canal havia uma curvatura que media 3 cm, de onde saía uma galeria vertical descendente, com quatro células; logo ao lado da primeira célula, mais próxima à entrada, havia outra galeria contendo uma única célula, com pólen. O espaço entre as células estava preenchido com terra compactada. As células mediam cerca de 3 cm de comprimento e 1,8 cm em sua maior largura. Estas foram construídas com um material de coloração escura, semelhante à resina, resistente e rígido, não sendo claramente diferenciadas do substrato ao redor e estando firmemente aderida às paredes do termiteiro. Cupins ativos foram vistos em túneis próximos às células de *C. maranhensis*, porém sem comunicação com elas (Ramos et al. 2007b).



**FIGURA 6.** Células de espécies de *Centris* escavadoras: **(A)** *Centris (Melacentris) sp.*; **(B)** *Centris (Centris) flavifrons*; **(C)** *Centris (Centris) sp.*

A constituição do pólen das células às vezes apresentava estratificação com pólen mais seco seguido por uma massa de pólen mais úmida, como em *C. flavifrons*, e às vezes o alimento larval era constituído apenas por uma massa pastosa e homogênea, como no caso das demais espécies. O aspecto úmido do pólen deve-se a mistura de líquidos como óleo e néctar (Rêgo *et al.* 2006).

A análise polínica da maioria das células das espécies estudadas revelou uma grande quantidade de pólen de murici, *Byrsonima crassifolia*. Também foi encontrado pólen de *Tetrapteryx* e *Heteropteryx*, outras Malpighiaceae presentes no cerrado e na restinga, respectivamente. Algumas espécies como *C. vittata* (Ramos *et al.* 2010) utilizam néctar para misturar ao pólen. Na análise polínica das células de algumas das fêmeas estudadas foram encontradas, além de Malpighiaceae, plantas nectaríferas como *Senna sp.* (Leg. Caesalpinaceae) e *Hymenea sp.* (Leg. Fabaceae).

### 2.5 - Nidificação em ninhos-armadilha

As espécies que nidificam em ninhos-armadilha podem ser mais facilmente utilizadas como bioindicadores de qualidade do ambiente e de diversidade em programas de conservação ambiental (Frankie *et al.* 1998, Tscharrntke *et al.* 1998, Morato & Campos 2000, Martins *et al.* 2002) e, também, como espécies manejáveis para incremento da polinização em espécies agrícolas (Roubik 1995, Willians 1996, Garófalo *et al.* 2004).

Um total de 78 ninhos de *C. tarsata* foi coletado. O material empregado na construção das células foi areia na parte externa e resina e/ou óleo na parte interna. Ninhos completos possuíam de duas a dez células, com média de seis células (**Figura 7**). Um total de 205 adultos emergiram dos ninhos. As fêmeas utilizaram diversas fontes vegetais no aprovisionamento das células, dentre elas algumas espécies de Malpighiaceae, como *Byrsonima crassifolia*, *B. chrysophylla*, *Heteropteris* sp. e *Banisteriopsis* sp. Em algumas lâminas houve 100% de grãos de pólen de Malpighiaceae, mostrando assim a importância desta família para as espécies de Centridini. Além destes houve na restinga uma grande quantidade de pólen de *Myrcia obtusa* e *M. sylvatica* (Myrtaceae) (Rêgo & Albuquerque 2006).



**FIGURA 7.** Células de *Centris tarsata* em ninhos armadilha, na restinga, Barreirinhas-MA.

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Como manejar sua propriedade para garantir a presença das abelhas e a consequente polinização de seus cultivares

As abelhas moram em algum lugar. A maioria constrói ninhos em cavidades, ocos de árvores e vivem juntas umas com as outras e são muito populosas. Mas a maioria vive sozinha, são as abelhas solitárias.

As abelhas polinizadoras do murici fazem parte deste último grupo e tem suas populações naturalmente reduzidas, quando comparadas às abelhas indígenas sem ferrão, por exemplo.

O número de células de cria de algumas espécies de abelhas solitárias, varia de 6 a 10 células para aquelas que nidificam em cavidades de madeira. Mas existem as abelhas solitárias que constroem ninhos do chão e essas então, o número de células é muito menor, às vezes se encontra apenas 1 ou 3 células por ninho.

Para que essas abelhas residam em sua propriedade e beneficie suas culturas é preciso ter alguns cuidados:

- A presença de vegetação nativa, bem conservada como as matas em torno de rios e córregos é essencial para manter as abelhas por perto. Nela podem construir seus ninhos e visitar mais plantas, coletando uma maior diversidade de recursos florais (alimento). As abelhas também coletam água, areia umedecida e barro utilizados na construção dos ninhos. Desta forma, as abelhas podem voar dessas áreas (onde residem) até as flores de seus cultivares, polinizando-os.
- É importante deixar na propriedade, nas áreas que não serão cultivadas, as plantas nativas que também servirão de alimento para as abelhas. Pois existem períodos em que seus cultivares não estarão floridos. As flores do murici, por exemplo, florescem mais abundantemente no período seco. No intervalo em que não há floração do murici, as abelhas procuram outras fontes florais e devem encontrá-las no mesmo local ou próximo, permitindo assim que se fixem no local. Desta forma quando o murici voltar a florescer sempre haverá abelhas para polinizá-lo.
- Deve-se ter cuidado com as “limpezas excessivas” do terreno. O que a maioria das vezes, se vê como “sujo de mato” pode ser um excelente pasto apícola.
- Locais, no chão, onde já existe a formação de ninhos devem ser preservados e evitar a aração profunda do solo, pois ela destrói os mesmos. Algumas abelhas, como algumas espécies polinizadoras do murici, fazem ninhos superficiais no chão podendo uma simples ação da enxada destruí-los.
- Evitar o uso de inseticidas. Se não tiver jeito, aplicá-los em horários em que as abelhas não estejam visitando as flores ou se possível, não aplicar inseticida no período de floração.
- Pode-se oferecer às abelhas moradia. Como? Deixando na propriedade mourões, troncos de árvores, pedaços de bambu, tijolos ou qualquer substrato que possa ser utilizado por elas, para a construção de seus ninhos. Áreas de solo expostas, construção de barrancos e principalmente a manutenção de árvores por perto, são atitudes inteligentes de quem é amigo das abelhas.
- Plante alimento também para as abelhas. Como responsáveis pela polinização de seus cultivares nada mais justo do que você providenciar um cardápio diversificado para suas abelhas. Existem uma grande diversidade de abelhas, que visita vários tipos de planta com flores de cheiros, formas e tamanhos variados. É importante que essas plantas floresçam em épocas diferentes ao longo do ano, assim sua propriedade sempre estará florida e recebendo o maior dos benefícios das visitas das abelhas: A POLINIZAÇÃO.

#### 4. Referências Bibliográficas

AGUIAR, C.L.M. & GAGLIANONE, M.C. 2003. Nesting biology of *Centris (Centris) aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Revista Brasileira de Zoologia 20:601-606.

AGUIAR, C.L.M. & GARÓFALO, C.A. 2004. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Revista Brasileira de Zoologia 21:477-486.

ALBUQUERQUE, P.M.C. & RÊGO, M.M.C. 1989. Fenologia das abelhas visitantes de murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 5:163-178.

ANDERSON, W.R. 1978. Byrsonimodeae: A new subfamily of the Malpighiaceae. Leandra 7:5-8.

- ANDERSON, W.R. 1979. Floral conservation in Neotropical Malpighiaceae. *Biotropica* 11:219-223.
- ARAGÃO-FILHO, W.C. & RÊGO, M.M.C. 2003. Ocorrência de abelhas em *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae: comparação entre estudos realizados entre os anos 80 e 2003. In *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil* (W. Claudino-Sales, I.M. Tonini & E.W.C. Dantas, eds.), UFC, Fortaleza, p.309-311.
- BARBOSA, W.G., NAZARÉ, R.F.R. & NAGATA, I. 1978. Estudo tecnológico de frutas da Amazônia. Belém, EMBRAPA – CPATU. Comunicado técnico, v.3, p.1-19.
- BARROSO, G.M., PEIXOTO, A.L., ICHASO, C.L.F., GUIMARÃES, E.F., COSTA, C.G. & LIMA, H.C. 1991. Sistemática de angiospermas do Brasil, v.2. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro.
- BATRA, S.W.T. & SCHUSTER, J.C. 1977. Nests of *Centris*, *Melissodes*, and *Colletes* in Guatemala (Hymenoptera: Apoidea). *Biotropica* 9:135-138.
- BENNETT, F.D. 1964. Notes on the nesting of *Centris derasa*. *Pan-Pacific Entomologist* 40:125-128.
- BRAGA, P.I.S. 1976. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. *Acta Amazonica* 9:53-80.
- BUCHMANN, S.L. 1978. Vibratile (“buzz”) pollination in Angiosperms with poriciadally dehiscent anthers. PhD thesis University of California, Davis.
- BUCHMANN, S.L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 18:43-69.
- CAMARGO, J.M.F., ZUCCHI, R. & SAKAGAMI, E.S.F. 1975. Observations on the bionomics of *Epicharis (Epicharana) rustica flava* (Olivier), including notes on its parasite *Rhatynus* sp. (Hymenoptera, Apoidea: Anthophoridae). *Studia Entomologica* 18:313-340.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do Maracujá. Holos, Ribeirão Preto.
- CAVALCANTE, P.B. 1972. Murici, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. In *Frutas comestíveis da Amazônia. II*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. p.9-11.
- COSTA, C.B.N., COSTA, J.A.S. & RAMALHO, M. 2006. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 29:103-114.
- COVILLE, R.E., FRANKIE, G.W, BUCHMANN, S.L., VINSON, S.B. & WILLIAMS, H.J. 1986. Nesting and male behavior of *Centris heithausi* (Hymenoptera: Anthophoridae) in Costa Rica, with chemical analysis of the hindleg glands of males. *Journal of the Kansas Entomological Society* 59:325-336.
- COVILLE, R.E., FRANKIE, G.W. & VINSON, S.B. 1983. Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habitats of the genus. *Journal of the Kansas Entomological Society* 56:109-122.
- FLINTE, V., ARAÚJO, C.O., MACEDO, M.V & MONTEIRO, R.F. 2003. Comunidade de insetos associada a *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae) na Restinga de Jurubatiba, RJ: observações preliminares. In *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*.
- FRANKIE, G.W, VINSON, S.B., NEWSTROM, L. & BARTHELL, J.F. 1988. Nest site and habitat preferences of *Centris* bees in Costa Rican dry forest. *Biotropica* 20:301-310.

FRANKIE, G.W., NEWSTROM, L., VINSON, S. B. & BARTHELL, J.F. 1993. Nesting habitat preferences of selected *Centris* bee species in Costa Rican dry Forest. *Biotropica* 25:322-333.

FRANKIE, G.W., THORP, R.W., NEWSTROM -LLOYD, L.E, RIZZARDI, M.A., BARTHELL, J.F., GRISWOLD, T.L., KIM, J. & KAPPAGODA, S. 1998. Monitoring solitary bees in modified wildland habitats: Implications for bee ecology and conservation. *Environmental Entomology* 27:1137-1148.

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

GAGLIANONE, M.C. 2005. Nesting biology, seasonality, and flower hosts of *Epicharis nigrita* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a comparative analysis for the genus. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40:191-200.

GARÓFALO, C.A., MARTINS, C.F. & ALVES -DOS -SANTOS, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap-nests. In *Solitary bees: Conservation, rearing and mangement for pollination* (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds.). Imprensa universitária, Fortaleza, p.77-84.

GAZOLA, A.L. & GARÓFALO, C.A. 2003. Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera, Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Journal of the Kansas Entomological Society* 76:131-142.

JESUS, B.M.V. & GARÓFALO, C.A. 2000. Nesting behavior of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 31:503-515.

LAROCA, S., REYNAUD DOS SANTOS, D.T. & SCHWARTZ, D.L. 1993. Observations on the nesting biology of three Brazilian Centridini bees. *Tropical Zoology* 6:153-163.

LINSLEY, E.G., J.W. MACSWAIN & C.D. MICHENER. 1980. Nesting biology and associates of *Melitoma* (Hymenoptera, Anthophoridae). *University of California Publications in Entomology* 90: 1-45.

LITTLE, E.L., WADSWORTH, F.H. & MARRERO, J. 1967. Malpighiaceas, Maricão cimarron *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. In *Arboles comunes de Puerto Rico*, VPR, p.374-376.

MABBERLEY, D.J. 1993. *The Plant-Book. A portable dictionary of the higher plants.* Cambridge University Press. 4th ed., New York.

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. In *Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination* (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds.). Imprensa universitária, Fortaleza, p.255-281

MARTINS, C.F., CAMAROTTI-DE-LIMA, M.F. & AGUIAR, A.J.C. 2002. Abelhas e vespas solitárias nidificantes em cavidades pré-existent na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, PB): uma proposta de monitoramento. In *Anais V Encontro sobre Abelhas*, Ribeirão Preto.

MARTINS, R.P. & ANTONINI, Y. 2002. Comportamento de nidificação de abelhas solitárias no Brasil. In *Anais do V Encontro sobre Abelhas*, Ribeirão Preto, p.58-64.

- MENDES, F.N. & RÊGO, M.M.C. 2007. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51:382-388.
- MENDES, F.N. 2007. Polinização, sistema reprodutivo e abelhas visitantes de duas espécies simpátricas de *Byrsonima* (Malpighiaceae) em área de cerrado no Maranhão, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Maranhão, São Luiz.
- MICHENER, C. & LANGE, R.B. 1958. Observations on the ethology of Neotropical Anthophorine bees (Hymenoptera: Apoidea). *The University of Kansas Science Bulletin* 224:285-291.
- MICHENER, C.D. 1974. *The social behavior of the bees – A comparative study*. Cambridge, Harvard University Press.
- MORATO, E.F.A & CAMPOS, L.A.O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia* 17:429-444.
- NEFF, J.L. & SIMPSON, B.B. 1981. Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. *Journal of the Kansas Entomological Society* 54:95-123.
- NESWTRON, L.E., FRANKIE, G.W & BAKER, H.G. 1994. A new classification for phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- PEREIRA, M., GARÓFALO, C.A., CAMILLO, E. & SERRANO, J.C. 1999. Nesting biology of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* 30:327-338.
- RAMOS, M.C., RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 2007a. Ocorrência de *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Centridini) no cerrado s.l. do Nordeste do Maranhão. *Acta Amazônica* 37:165-168.
- RAMOS, M., MENDES, F., ALBUQUERQUE, P. & RÊGO, M.M.C. 2007b. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) maranhensis* Ducke (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia* 24:1006-1010.
- RAMOS, M.C., ALBUQUERQUE, P.M.C. & RÊGO, M.M.C. 2010. Nesting Behavior of *Centris (Hemisiella) vittata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) in an area of the cerrado in the northeast of the State of Maranhão, Brazil. *Neotropical Entomology* 39:379-383.
- RÊGO M.M.C., ALBUQUERQUE, P.M.C., RAMOS, M.C. & CARREIRA, L.M. 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* 35:579-587.
- RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 1989. Comportamento das abelhas visitantes de murici, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 5:179-193.
- RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 2004. O murici e suas abelhas. *Ciência Hoje* 208:58-60.
- RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. 2006. *Polinização do Murici*. EDUFMA.
- RIBEIRO, E.K.M.D. 2007. Sistema de Polinização e Reprodução do “murici pitanga” (*Byrsonima chrysophylla* Kunth.) em uma área de restinga. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Maranhão, São Luiz.

- RIBEIRO, E.K.M.D., REGO, M.M.C. & MACHADO, I.C.S. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. *Acta Botânica Brasilica* 22:165-171.
- ROUBIK, D.W. 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Agricultural Services Bulletin*. p.1-118.
- ROZEN JR, J.G. & BUCHMANN, S.L. 1990. Nesting biology and immature stages of the bees *Centris caesalpiniae*, *C. pallida*, and the Cleptoparasite *Ericrocis lata* (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae). *American Museum Novitates* 2985: 1-30.
- SAZIMA, M. & SAZIMA I. 1989. Oil gathering bees visit flowers of glandular morphs of the oil - producing Malpighiaceae). *Botânica Acta* 102: 106-111.
- SIMPSON, B.B. & NEFF, J.L. 1981. Floral rewards: Alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68:301-322.
- SIMPSON, B.B. 1989. Pollination biology and taxonomy of *Dinemandra* and *Dinemagonum* (Malpighiaceae). *Systematic Botany* 14:408-426.
- SIMPSON, B.B., NEFF, J.L. & SEIGLER, D. 1977. *Krameria*, free fatty acids and oil-collecting bees. *Nature* 267:150-151.
- SIMPSON, B.B., SEIGLER, D.S. & NEFF, J.L. 1983. *Krameria*, free fatty acids and oil collecting bees. *Nature* 267:150-151.
- TEIXEIRA, L.A.G. & MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). *Acta Botânica Brasilica* 15: 1-12.
- THIELE, R. 2005. Phenology and nest site preferences of woodnesting bees in a Neotropical lowland rain Forest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40:39-48.
- TSCHARNTKE, T., GATHMANN, A. & STEFFAN -DEWENTER, I. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology* 35:708-719.
- VESEY -FITZGERALD, D. 1939. Observations on bees in Trinidad, B.W.I. *Proceedings of the Royal Entomological Society of London* 14:107-110.
- VINSON, S.B. & FRANKIE, G.W. 1977. Nest of *Centris aethyctera* (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae) in the dry forest of Costa Rica. *Journal of the Kansas Entomological Society* 50:310-311.
- VINSON, S.B. & FRANKIE, G.W. 1988. A comparative study of the ground nests of *Centris flavifrons* and *Centris aethiocesta* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 49:181-187.
- VINSON, S.B., FRANKIE, G.W., BARTHELL, J. 1993. Threats to the diversity of solitary bees in a Neotropical Dry forest in Central America In *Hymenoptera and Biodiversity London* (J. LaSalle & I.D. Gauld, eds.). C.A.B. International, p.53-81.

- VINSON, S.B., FRANKIE, G.W., WILLIAMS, H.J & COVILLE, R.E. 1987. Nesting habitats of *Centris flavofasciata* Friese (Hymenoptera: Apoidea: Anthophoridae) in Costa Rica. *Journal of the Kansas Entomological Society* 60:249-263.
- VINSON, S.B., WILLIAM, H.J., FRANKIE, G.W. & SHRUM, G. 1997. Floral lipid chemistry of *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae) and a use of floral lipids by *Centris* bees (Hymenoptera: Apidae). *Biotropica* 29:76-83.
- VINSON, S.B., WILLIAMS, I.H., FRANKIE, G.W. & SHRUM, G. 1996. Chemical ecology of the genus *Centris* (Hymenoptera: Apidae). *Florida Entomologist* 79:109-129.
- VOGEL, S. 1989. Fettes Öl als Lockmittel. Erforschung der ölbietenden Blumen und ihrer Bestäuber. Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, Jubiläumsband. Steiner Wiesbaden, Stuttgart. p.113-130.
- WILLIAMS, H.J., VINSON, S.B., FRANKIE, G.W., COVILLE, R.E. & IVIE, G.W. 1984. Morphology, chemical contents and possible function of the tibial gland of males of the Costa Rican solitary bees *Centris nitida* and *Centris trigonoides subtarsata* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 57:50-54.
- WILLIAMS, I.H. 1996. Aspects of bee diversity and crop pollination in the European Union. In *The Conservation of Bees* (A. Matheson, S.L. Buchmann, C.O'toole, P. Westrich & I.H. Williams, eds.) London, Academic Press, p.63-80.



### Os polinizadores da aceroleira (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) no Nordeste do Brasil: manejo e demandas ambientais

Clemens Schlindwein<sup>1</sup>; Celso Feitosa Martins<sup>2</sup>; Fernando Zanella<sup>3</sup>; Reislá Oliveira<sup>4</sup>; Roberta Pereira Ferreira<sup>5</sup>; Rozileudo da Silva Guedes<sup>3</sup>; Maria Teresa A. B. Vital<sup>6</sup>; Martin D. Oliveira<sup>5</sup>; André Gonçalves Ferreira<sup>3</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

A aceroleira, *Malpighia emarginata* D.C (Malpighiaceae, sinônimos *M. glabra* L. e *M. puniceifolia* L.) é uma planta frutífera nativa nas Antilhas, na América Central e no norte da América do Sul (Venezuela, Suriname, Colômbia) (Freitas *et al.* 1999). Foi introduzida no Brasil nos anos 60, principalmente pela sua extraordinária alta concentração de Vitamina C, que atinge até 2.424 mg/100 g de polpa ou 4,5% do peso em frutos verdes (Assis *et al.* 2001). Além do Brasil que é o produtor principal da fruta, a aceroleira é cultivada em Porto Rico, Cuba e Estados Unidos (Hawaí), Sudeste de Ásia e Índia. Na América do Sul, o Nordeste do Brasil é a principal região de cultivo desta planta com 7.236 ha de plantações e um valor de mais de US\$ 6 milhões por ano (Ritzinger *et al.* 2003). É comercializada principalmente como polpa congelada, já que a fruta fresca dura somente poucos dias.

É um arbusto ou arvoreta de dois a quatro metros de altura, bastante ramificado e rústico. Desenvolve-se bem em climas tropicais e subtropicais, crescendo e frutificando rapidamente. Produz mais nos climas do norte e nordeste brasileiros, devido à maior insolação e à ausência de inverno, desde que não falte água. Não produz bem em regiões muito úmidas, porque o excesso de chuva resulta em frutos aquosos, sem sabor, pobres em açúcares e vitamina C. Regiões de muito vento também não são propícias, havendo derrubada de flores e frutinhas jovens.

Em condições satisfatórias, com elevada temperatura e disponibilidade de água no solo, a aceroleira floresce de quatro a seis vezes por ano, sempre após uma fase de crescimento vegetativo. Da abertura da flor até o amadurecimento do fruto são necessários cerca de 22 dias (Melletti & Coelho 2000). Na região semiárida do Nordeste a florada é limitada ao período chuvoso, mas com irrigação pode-se obter produção ao longo de todo o ano. Neste projeto foram estudados plantios localizados em duas regiões do Nordeste do Brasil, a zona da Mata e a região semiárida, buscando compreender a diferença na disponibilidade de polinizadores,

1 Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Caixa-postal: 486, Pampulha 31270-901 - Belo Horizonte, MG. schlindw@gmail.com

2 Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, João Pessoa, Paraíba

3 Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba

4 Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Ouro Preto

5 Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa

o impacto de um possível déficit de polinizadores na produção da cultura, os fatores limitantes à manutenção das suas populações e as possíveis estratégias para o seu manejo.

### 1.1 - A aceroleira e as abelhas que se especializaram em coletar óleos florais

Como quase todas as outras espécies de Malpighiaceae neotropicais, as flores da aceroleira possuem glândulas nas sépalas que produzem óleos florais, chamadas de elaióforos (**Figura 1A**). A presença destes óleos e sua importância na interação com os polinizadores foi descoberta e detalhadamente descrita por Vogel (1974). Como recurso secundário, as flores de aceroleira oferecem pólen aos visitantes florais. Ambos os recursos são coletados exclusivamente por abelhas fêmeas. Deste modo, flores da aceroleira não são atrativas para animais que buscam néctar (borboletas, machos de abelhas, vespas, beija-flores).



**FIGURA 1 (A)** Flor da aceroleira (*Malpighia emarginata*), glândulas produtoras de óleos florais nas sépalas (elaióforos). A pétala superior é diferenciada das demais e orienta as abelhas durante a visita floral. **(B)** Frutos da aceroleira (EMEPA João Pessoa).

As flores de Malpighiaceae atraem abelhas especializadas (Centridini, Tapinotaspidini, Tetrapediini) que apresentam pentes formados por pêlos rígidos nas pernas anteriores e frequentemente também nas médias, denominadas de elaiospatas, para coletar os óleos florais (Vogel 1974, 1988, 1990, Neff & Simpson 1981, Simpson & Neff 1981, Buchmann 1987, Sazima & Sazima 1989, Rêgo & Albuquerque 1989, Teixeira & Machado 2000, Rêgo & Albuquerque 2006). As fêmeas coletam os óleos para alimentar as larvas ou para revestir e impermeabilizar as células de cria (Vogel 1974, Buchmann 1987). Somente as abelhas especializadas, coletoras de óleos florais, exploram e polinizam efetivamente as flores de Malpighiaceae. No caso da aceroleira, foi observado no Hawaí, onde essa cultura foi introduzida e onde não ocorrem abelhas coletoras de óleos florais, que a frutificação foi insignificante. A introdução de colônias da abelha doméstica (*Apis mellifera*) para dentro dos pomares não resultava em aumento da produção de frutos (Yamane & Nakasone 1961), porque a aceroleira não oferece recursos para as abelhas do mel.

Os principais polinizadores de Malpighiaceae são abelhas da tribo neotropical Centridini (cerca de 276 espécies), que compreende os gêneros *Centris* e *Epicharis* (Michener 2000, Silveira *et al.* 2002, Sigrist & Sazima 2004). Anthony Raw (1979) foi o primeiro a demonstrar que uma espécie de *Centris* era o polinizador efetivo numa plantação da aceroleira na Jamaica (*Centris dirrhoda*). Outros autores ampliaram a lista dos polinizadores,

relacionando *Centris aenea*, *C. fuscata*, *C. sponsa*, *C. bicolor*, *C. spilopoda*, *C. tarsata* e *C. trigonoides* (Carvalho et al. 1995, Melo et al. 1997, Freitas et al. 1999, Aguiar et al. 2003a) e espécies de *Epicharis* (*E. bicolor*, *E. flava*), em Pernambuco, como polinizadores efetivos (Oliveira & Schlindwein 2003).

Estas abelhas são robustas, de tamanho médio a grande com alta capacidade de vôo. Todas as abelhas desta tribo são solitárias e a maioria nidifica no solo, muitas vezes em agregações. As espécies de ambos os gêneros são divididas em numerosos subgêneros, *Centris* em 12 e *Epicharis* em 9 (Michener 2000). Espécies pertencentes aos subgêneros *Hemisiella* e *Heterocentris* do gênero *Centris* como *C. analis*, *C. tarsata*, *C. vittata* e *C. trigonoides*, utilizam cavidades preexistentes (Coville et al. 1983) constituídas por orifícios feitos por larvas de outros insetos e também por ramos ociosos. Os orifícios adequados para cada espécie de abelha ou vespa nidificante em cavidades preexistentes representam um recurso escasso no ambiente que limita o crescimento das populações destas espécies. As espécies de *Centris* encontradas em ninhos-armadilha são excelentes candidatas para manejo em ninhos armadilhas.

Conforme ressaltado por Vinson et al. (1993), as abelhas do gênero *Centris* e também *Epicharis*, necessitam de um conjunto de condições no ambiente para manterem suas populações. Além das fontes de óleo, também precisam de plantas que sejam fontes de pólen e néctar e de locais de nidificação.

## 1.2 - Pomares estudados

Os estudos foram conduzidos em três pomares: A) Fazenda Acerolândia em Paudalho, Zona da Mata de Pernambuco (07°51'S, 35°15'W), o primeiro cultivo comercial de aceroleira do Brasil (**Figura 2A**). A plantação foi iniciada em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco no final dos anos 60, com sementes trazidas da América Central. As primeiras plantas foram melhoradas e selecionadas e, hoje, a fazenda comercializa a polpa e outros produtos derivados da acerola. A área abrange aproximadamente 3.000 plantas, cercadas por vegetação ruderal, além de pastagens e algumas culturas como gravioleira, maracujazeiro e coqueiro; B) Estação Experimental de Mangabeira, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – EMEPA, João Pessoa (**Figura 2B**). A estação experimental localiza-se na Mesorregião da Mata Paraibana (06° 33' 13" S e 34° 48' 31" W); C) Sítio Fechado, localizado a 5 km do distrito de Santa Gertrudes, Patos, Sertão da Paraíba (7°01' S e 37°17' W, altitude 250 m), zona central do domínio das caatingas. A pluviosidade média anual neste local é de 728 mm, sendo irregularmente distribuída ao ano. O período de chuva ocorre com maior incidência em fevereiro, março e abril, mas há grande variação de ano para ano. O Sítio Fechado possui uma área de 20 ha, cinco destes com fruticultura incluindo um plantio comercial de acerola.

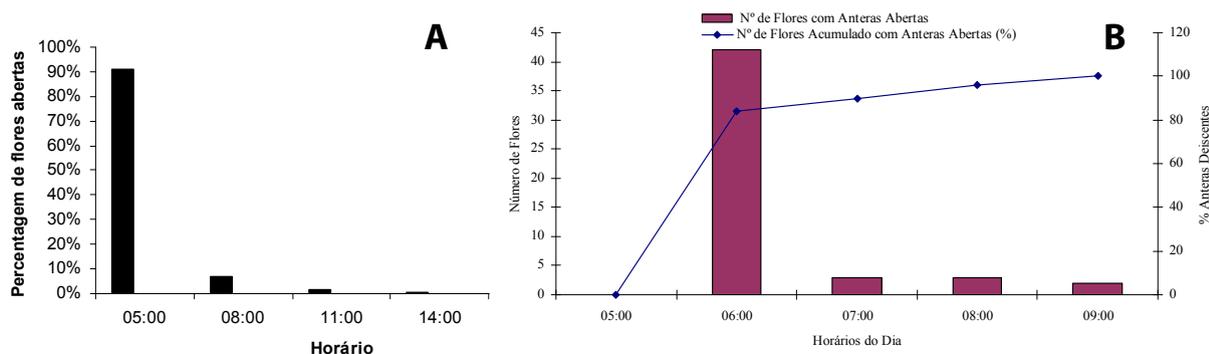


**FIGURA 2.** Pomares da aceroleira. **(A)** Fazenda Acerolândia em Paudalho, Zona da Mata de Pernambuco. **(B)** Plantação experimental na Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba – EMEPA, João Pessoa.

Na região das caatingas as espécies de *Epicharis* são praticamente ausentes, mas ocorrem algumas espécies de *Centris* visitantes da aceroleira como *C. tarsata*, *C. fuscata* e *C. aenea* (Zanella 2000).

### 1.3 - Biologia Floral e sistema reprodutivo

A antese de *M. emarginata* dura um dia. Em Paudalho, na Zona de Mata de Pernambuco, 91% das flores abriram até às 05h00 da manhã, e o restante até às 14h00 (**Figura 3A**). Em Patos, às 05h00 todas as flores estavam abertas e às 06h00, a maior parte das anteras (84%) deiscientes (**Figura 3B**). As flores da aceroleira contêm em média 26.000 grãos de pólen e três óvulos. A razão pólen/óvulo foi de 8.667 (n=10).



**FIGURA 3.** Antese e apresentação de pólen em *Malpighia emarginata*. **A.** Início da antese (N=200) na Fazenda Acerolândia, Paudalho, Pernambuco, **B.** Horário de apresentação de pólen no Sítio Fechado, Santa Gertrudes, Patos, Paraíba.

Os experimentos de polinização controlada mostraram que a aceroleira necessita de polinização cruzada para formar frutos. Após autopolinização manual, na plantação de Paudalho, não houve formação de frutos e em Patos a taxa de frutificação foi de apenas 16%. A taxa de frutificação após polinização cruzada foi de 45 e 50%, respectivamente. A produção de frutos é diretamente relacionada à presença e abundância das abelhas. Assim, num dia sem atividade de polinizadores, a taxa de frutificação foi 0%, oscilando de 23 a 53 % na presença de abelhas (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Experimentos de polinização controlada na Fazenda Acerolândia, Paudalho (Zona da Mata) e Santa Gertrudes, Patos (Sertão). Número de frutos produzidos e taxa de frutificação sete dias após autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização em condições naturais (controle).

Tratamentos	N	Nº Frutos formados	%
<b>Paudalho</b>			
Autopolinização espontânea	60	0	0
Autopolinização manual	60	0	0
Polinização cruzada manual	60	27	45
Controle (01/2005)	60	0	0
Controle (04/2005)	60	14	23
<b>Patos</b>			
Autopolinização espontânea	30	2	6,7

Tratamentos	N	Nº Frutos formados	%
Autopolinização manual	30	5	16,7
Polinização cruzada manual	30	15	50,0
Controle	30	16	53,3

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Os visitantes florais da aceroleira

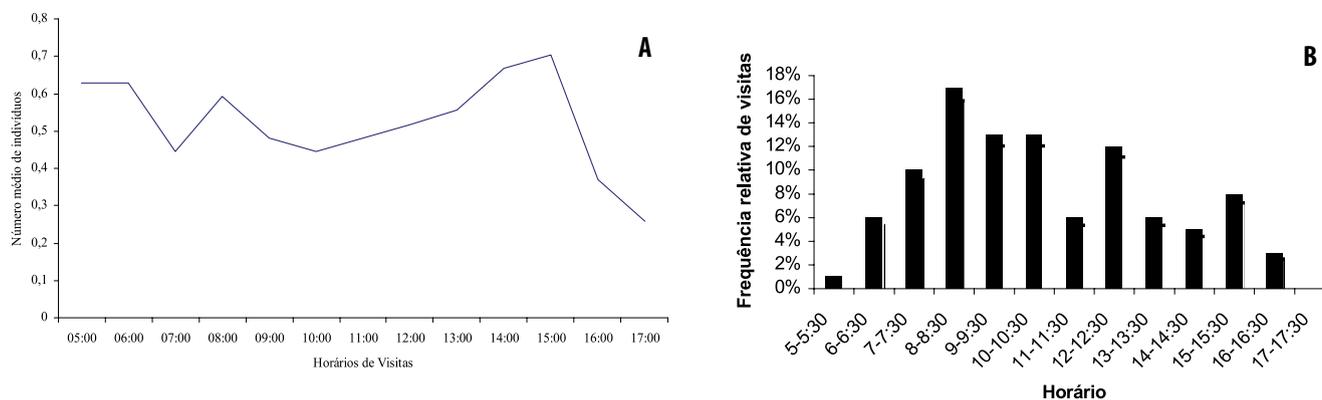
Espectro de visitantes. No inventário dos visitantes florais de *Malpighia emarginata* na Zona da Mata de Pernambuco (Paudalho), Paraíba (João Pessoa) e na Caatinga de Patos (Paraíba) foram registradas fêmeas de 21 espécies de abelhas, das quais 16 foram da tribo Centridini, abelhas coletoras de óleos florais (**Tabela 2**). Abelhas das outras tribos foram encontradas somente esporadicamente. Surpreendentemente, apenas fêmeas de *Centris (Centris) aenea* que nidifica no solo, foram encontradas nos três ambientes. Na região úmida do litoral, Zona da Mata (Paudalho e João Pessoa) foi registrado o dobro das espécies visitantes florais em relação à sazonal Caatinga (Sertão, Patos). Não foram amostradas espécies do gênero *Epicharis* nas plantações de Patos e João Pessoa.

**Tabela 2.** Visitantes florais de *Malpighia emarginata*. As plantações em Paudalho e na EMEPA estão localizadas na Zona da Mata, sob condições de clima da Mata Atlântica, de Patos sob condições climáticas da Caatinga.

Espécies	Paudalho, PE	EMEPA, PB	Patos, PB
<b>Apidae</b>			
<b>Apini</b>			
<i>Apis mellifera</i> L. 1758			X
<b>Centridini</b>			
<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	X	X	X
<i>Centris (Centris) caxiense</i> Ducke, 1907		X	
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	X	X	
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841		X	
<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969		X	
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874	X		X
<i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i> Lepeletier, 1841			X
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	X	X	
<i>Centris (Melacentris) obsoleta</i> Lepeletier, 1841	X		
<i>Centris (Paracentris) hyptidis</i> Ducke, 1908		X	
<i>Centris (Ptilotopus) sponsa</i> Smith, 1854	X	X	
<i>Centris (Trachina) fuscata</i> Lepeletier, 1841	X		X

Espécies	Paudalho, PE	EMEPA, PB	Patos, PB
<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	X		
<i>Centris (Xanthemisia) cf. ferruginea</i> Lepeletier, 1841		X	
<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900)	X		
<i>Epicharis (Epicharis) bicolor</i> Smith, 1854	X		
<b>Meliponini</b>			
<i>Frieseomelitta</i> sp.		X	
<i>Trigona fuscipennis</i> Friese, 1900		X	
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)		X	X
<b>Xylocopini</b>			
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	X	X	
<b>Número de espécies</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>6</b>

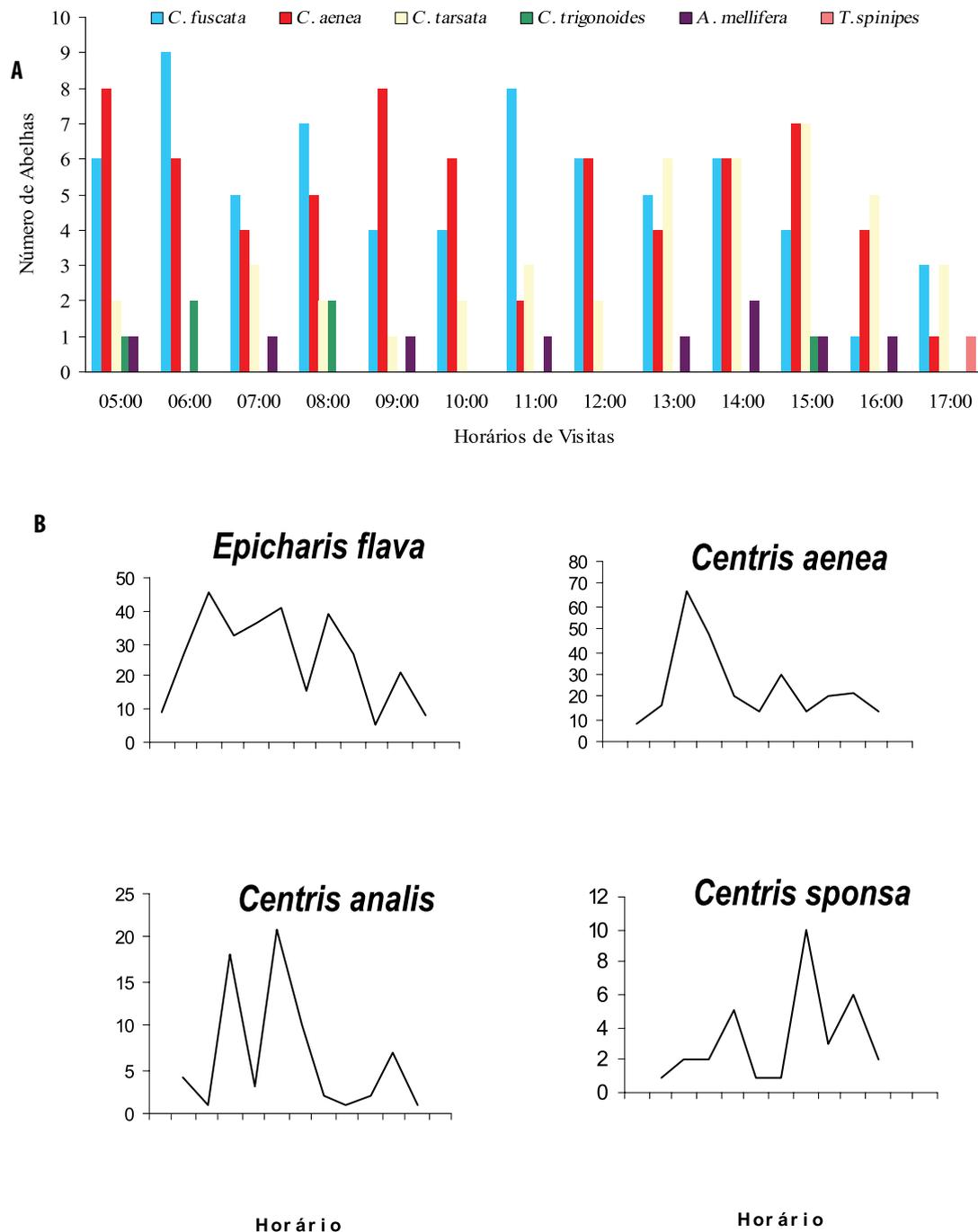
**Frequência de visitação.** A frequência de visita das abelhas ao longo do dia permaneceu relativamente estável nos três pomares estudados (**Figura 4**). As fêmeas das diferentes espécies de *Centris* não demonstraram preferência com respeito ao horário de visita ao longo do dia. As visitas florais de abelhas sociais (*Apis mellifera* e *Trigona spinipes*) foram insignificantes (**Figura 5**).



**FIGURA 4.** Frequência relativa de visita de abelhas às flores de *Malpighia emarginata* entre 5h00 e 17h30; **(A)** Patos; **(B)** Paudalho, Pernambuco.

Em Patos, na época chuvosa, a taxa de visitação por flor foi duas vezes maior que na seca, quando o plantio foi irrigado (**Tabela 3**). Em abril e setembro/novembro de 2004, período chuvoso e início do período seco, respectivamente, fêmeas de *Centris fuscata* foram as mais frequentes, somando 46,5% e 63,9% das visitas florais. Na estação seca de 2005, indivíduos de *Centris aenea* foram os visitantes florais mais abundantes (75% das visitas). Isso indica que a abundância das diferentes espécies de *Centris* não depende exclusivamente da estação do ano. Outros fatores, como a disponibilidade de recursos, a presença de cleptoparasitas e predadores e a abundância da disponibilidade de locais de nidificação, devem influenciar na densidade populacional, determinando diferenças de ano para ano. É importante ressaltar que, apesar da diminuição na abundância

de polinizadores na estação seca da Caatinga, há espécies que se mantêm ativas, mesmo sendo solitárias (ver também Gonçalves & Zanella 2003), podendo ser manejadas para a garantia da produção em plantios irrigados.

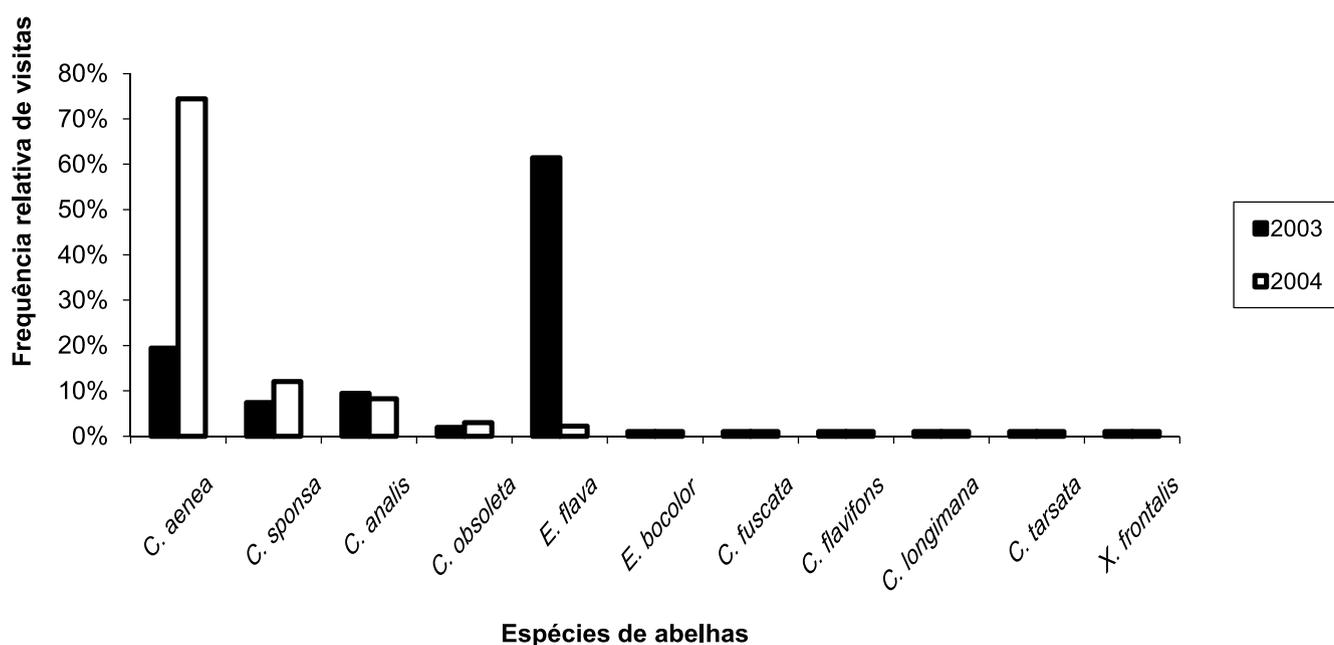


**Figura 5.** Frequência das abelhas visitantes florais de *Malpighia emarginata* mais abundantes ao longo do dia (A) Santa Gertrudes, Patos; (B) Fazenda Acerolândia, Paudalho (*Epicharis flava*, *Centris aenea*, *C. analis* e *C. sponsa*). Os intervalos de observação nos gráficos em B correspondem aqueles descritos no gráfico A.

**Tabela 3.** Taxa de visitação por abelhas em flores de *Malpighia emarginata* por dia em Patos, Caatinga. Abril de 2004 foi época chuvosa e setembro de 2004 e agosto de 2005, épocas secas.

Datas	Flores (N)	N° médio de visitas/flor
abril de 2004	20	4,3
setembro de 2004	20	1,4
agosto de 2005	20	1,8

Quatro espécies de Centridini, entre as 10 registradas, foram abundantes em Paudalho: *Centris aenea*, *C. sponsa*, *C. analis* e *Epicharis flava*. A abundância de *C. aenea* e *E. flava* variou muito de 2003 para 2004 (**Figura 6**). Na plantação em João Pessoa, fêmeas de *Centris analis* foram os visitantes florais mais frequentes, seguido por *C. aenea*, *C. nitens* e *C. spilopoda*.



**FIGURA 6.** Frequência relativa das abelhas visitantes florais da aceroleira na Fazenda Acerolândia, Paudalho, Pernambuco (*C.* = *Centris*, *E.* = *Epicharis*, *X.* = *Xylocopa*).

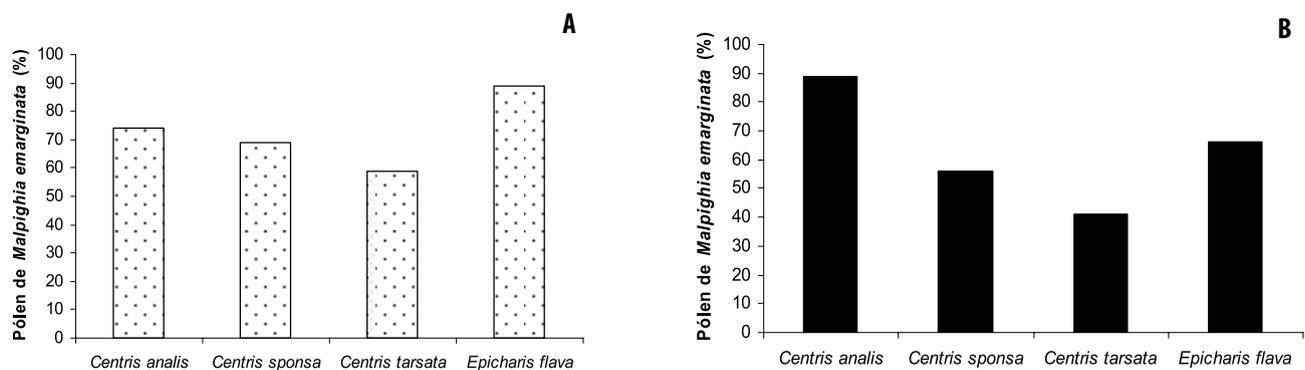
Frequência de contatos com o estigma pelos visitantes florais. As fêmeas de todas as espécies de Centridini, observadas nas flores de *Malpighia emarginata* apresentaram comportamento semelhante de visita às flores, como descrito por Vogel (1974). Durante a visita as abelhas adotam posição semelhante, pois se orientam por uma pétala diferenciada que possui a parte basal alargada (**Figura 1**), na qual se seguram com as mandíbulas. Com espátulas ou pentes duros formados por pêlos rígidos nos basitarsos anteriores e médios, coletam os óleos florais dos dois a quatro pares de elaióforos das sépalas. Na coleta dos óleos florais, os movimentos das pernas dianteiras são mais rápidos do que os das pernas medianas. Durante a coleta de óleo, as anteras contatam a parte ventral do corpo onde o pólen adere. Como os estigmas se localizam em meio às anteras, mas em posição superior, as abelhas, ao pousarem nas flores, contatam primeiramente os estigmas e em seguida as anteras, favorecendo assim a polinização cruzada. Desta maneira, a frequência de contatos com

o estigma pelas abelhas de todas as espécies de Centridini foi de 100%. Nas poucas visitas florais de outras espécies de abelhas, como de *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* ou *Frieseomelitta* sp., as abelhas contataram os estigmas apenas ocasionalmente.

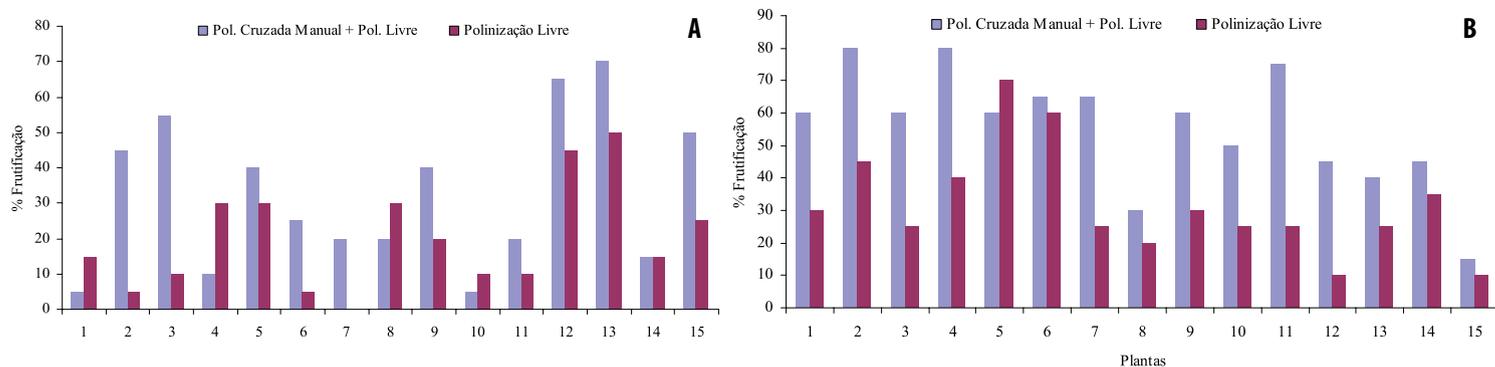
**Fidelidade floral e localização do pólen no corpo dos visitantes florais.** Após visitas às flores de aceroleira, a parte ventral do corpo das abelhas de Centridini apresenta carga variável de pólen (**Figuras 7A, b**). Análises desse pólen realizadas em abelhas coletadas na Zona da Mata de Pernambuco mostraram, além da aceroleira, a presença de grãos de pólen de outras sete espécies de plantas, especialmente de *Solanum* (Solanaceae) e duas espécies de Fabaceae. O número médio de grãos de pólen da aceroleira aderidos ao ventre variou de 59 a 89 % (**Figura 8A**). A análise do pólen transferido para as escopas das fêmeas revelou alta quantidade de grãos de pólen da aceroleira em *C. analis* (89%). As fêmeas das outras espécies de Centridini transportaram mais pólen de outras espécies de plantas (pelo menos um terço, em média) (**Figura 8B**). Isto demonstra que *C. analis* expressou maior fidelidade floral à aceroleira que outras espécies de Centridini. Os grãos de pólen de outras espécies de plantas foram principalmente de duas espécies de *Solanum* (Solanaceae), duas Fabaceae, uma Myrtaceae e outra Malpighiaceae.



**FIGURA 7.** (A) Fêmea de *Epicharis flava* após uma visita à flor de *Malpighia emarginata*. (B) Pólen aderido ao tegumento no lado ventral do mesosoma, mesepisternos e coxas.



**FIGURA 8.** Análise de pólen aderido ao corpo de quatro espécies de Centridini coletadas em flores da aceroleira em Paudalho (n=10). (A) Média de pólen de *Malpighia emarginata* aderido à parte ventral do tórax e (B) armazenado na escopa de fêmeas de Centridini.



**FIGURA 9.** Sucesso reprodutivo da aceroleira por planta a partir de polinização em condições naturais mais polinização cruzada manual suplementar e a partir da polinização em condições naturais em Santa Gertrudes, Patos, Paraíba; **(A)** período seco **(B)** período chuvoso.

**Determinação da frutificação após visitas individualizadas.** No pomar da aceroleira em Patos, botões florais foram ensacados, permitindo no dia seguinte apenas uma visita e depois as flores foram novamente ensacadas. Somente fêmeas de duas espécies, *Centris tarsata* e *C. aenea*, apareceram nas flores previamente isoladas. Após 10 visitas individualizadas de cada espécie houve a formação de apenas um fruto para cada espécie de abelha. Taxa de frutificação semelhante foi observada por Freitas *et al.* (1999) após visitas de *C. tarsata*, demonstrando que são necessárias várias visitas para se atingir o percentual de frutificação observado nas plantações.

**Rotas de forrageio.** Acompanhando fêmeas de *Centris fuscata*, *C. aenea* e *C. tarsata* nas rotas de forrageio verificamos que as abelhas foram altamente fiéis às flores da aceroleira. Em 30 acompanhamentos de fêmeas, foram contadas entre 40 e 74 visitas consecutivas em várias plantas de aceroleira até perder as fêmeas de vista. Não foram observadas visitas em flores de outras espécies de plantas nestas rotas.

**Taxa de frutificação e polinização complementar.** Na plantação da aceroleira na caatinga em Patos, foi conduzido um experimento de polinização manual complementar. As flores acessíveis às abelhas, foram também polinizadas manualmente na estação seca e na estação chuvosa. Nos dois períodos, o número de frutos formados a partir da polinização manual suplementar foi significativamente maior em comparação à polinização efetuada apenas por abelhas (**Tabela 4**). Na estação seca, a frutificação incrementou em 61,5% e na estação chuvosa em 74%. Também foi constatado que houve diferença significativa entre plantas. Foram registradas diferentes taxas de frutificação entre plantas e entre tratamentos (**Figuras 9A, B**).

**Tabela 4.** Número e porcentagem de frutos produzidos pela aceroleira em condições naturais (flores acessíveis aos polinizadores) e polinização em condições naturais mais polinização cruzada manual suplementar na estação seca e chuvosa em Santa Gertrudes, Patos, Paraíba. CV = Coeficiente de variação.

Tratamentos	Número de flores	Nº de frutos	Frutos (%)	CV
<b>Estação seca</b>				
Polinização em condições naturais + polinização cruzada manual	300	97a	32,3	66,1
Polinização em condições naturais	300	60b	20,0	73,8
<b>Estação chuvosa</b>				

Tratamentos	Número de flores	Nº de frutos	Frutos (%)	CV
Polinização em condições naturais + polinização cruzada manual	300	166a	55,3	32,8
Polinização em condições naturais	300	95b	31,7	52,2

Pólen depositado nos estigmas. No final da tarde foi encontrado, em média, 88% de pólen co-específico nos estigmas de flores previamente emasculadas de aceroleira em Paudalho, 8% de *Solanum* e 4% de outras espécies de plantas (**Tabela 5**). A composição mista de pólen no lado ventral do tórax em abelhas de várias espécies de *Centris* e *Epicharis* explica a deposição de pólen de vários tipos nos estigmas das flores da aceroleira. São principalmente grãos de plantas fornecedores de pólen com anteras poricidas, como *Solanum*. Após coleta de pólen por vibração nestas flores, este pólen adere no lado ventral do mesepisterno, o mesmo local da adesão de pólen de *Malpighia emarginata*.

**Tabela 5.** Número de grãos de pólen nos estigmas de 10 flores previamente emasculadas de *Malpighia emarginata*, após exposição aos polinizadores, das 05h00 às 17h00, na Fazenda Acerolândia, Paudalho.

Nº da flor	<i>Malpighia emarginata</i>	<i>Solanum</i>	Outros
1	98	3	2
2	327	59	4
3	53	22	8
4	78	0	0
5	267	12	25
6	133	11	15
7	122	5	0
8	86	6	7
9	133	20	7
10	279	0	0
Média	155,6	13,8	6,8

## 2.2 - Recursos florais de *Centris* e *Epicharis*

Para manutenção de espécies de Centridini, polinizadoras da aceroleira, são necessárias principalmente fontes de pólen e néctar. As diversas espécies de Centridini são poliléticas e coletam pólen em flores de diversas famílias de plantas. A importância de plantas com anteras poricidas para Centridini, tem sido mencionada em diversos artigos (Michener 1962, Vogel 1974, Neff & Simpson 1981, Buchmann 1983, 1985, 1987, Neff & Simpson 1981, Schlindwein 2000, 2004, Gaglianone 2001, 2002, Aguiar 2003b, Rêgo *et al.* 2006, Mendes & Rêgo 2007, Ribeiro *et al.* 2008). Para revisões bibliográficas veja as listas de plantas em Aguiar *et al.* (2003) e Machado (2004). Em nosso estudo, análises polínicas e observações de campo destacam a importância de

espécies de *Solanum* (Solanaceae, *S. asperum*, *S. baturitense*, *S. paniculatum*, *S. stipulacea*) como recursos polínicos das diversas espécies de *Centris* e *Epicharis* na Zona da Mata de Pernambuco (**Figura 10**). Na Caatinga destacam-se espécies de Caesalpiniaceae como recursos de pólen e/ou néctar como, entre outras, a Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), Jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart.), Turco (*Parkinsonia aculeata* L.), Mata Pasto liso (*Senna obtusifolia* L.) e Bignoniaceae como a Craibeira (*Tabebuia aurea* Benth & Hook), Ipê de jardim (*Tecoma stans* L.) e Pau-d’arco (*Tabebuia impetiginosa* Mart.), a maioria com grande valor ornamental. *Parkinsonia aculeata* e *C. pyramidalis* apresentaram floração prolongada, oferecendo recursos florais também no período seco quando ocorriam em locais com maior umidade no solo (**Tabela 6**). Plantas com essa característica podem ser importantes para garantir populações satisfatórias de polinizadores durante todo o ano em programas de manejo na região semiárida.



**FIGURA 10.** Fontes de pólen de fêmeas de *Centris* e *Epicharis*. Flores com anteras porcidas como aquelas de espécies ruderais e consideradas daninhas do gênero *Solanum* (Solanaceae).

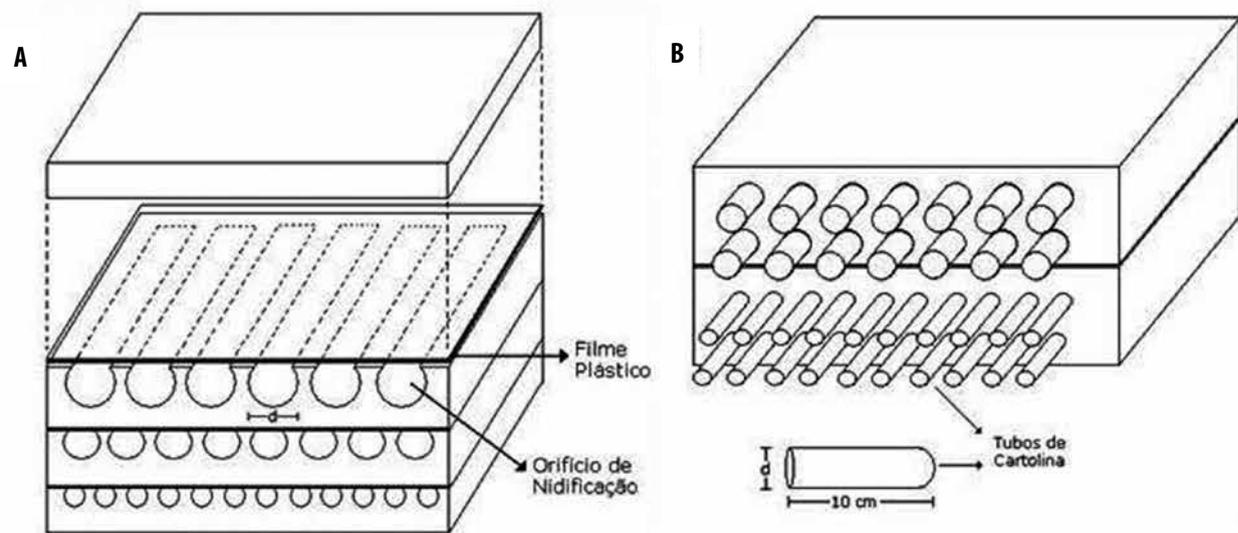
**Tabela 6.** Floradas de espécies melitófilas, fontes de recursos para abelhas de cinco espécies de *Centris* no Sítio Fechado, Patos, Paraíba. Catingueira - *Caesalpinia pyramidalis*, jucá – *C. ferrea*, craibeira – *Tabebuia aurea*, mata-pasto liso – *Senna obtusifolia*, turco – *Parkinsonia aculeata*, mata-pasto peludo – *Senna uniflora*, cássia de besouro – *Senna macranthera*.

Espécies	2004										2005				
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	
Catingueira								X	X	X	X	X			
Jucá	X												X	X	
Craibeira									X						
Mata Pasto Liso	X										X	X	X		
Turco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ruellia				X	X	X									
Mata Pasto Peludo												X	X		
Cássia de Besouro													X		

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Utilização de ninhos-armadilha para manejo de *Centris*

Nos três locais de plantações da aceroleira foram utilizados ninhos-armadilha para conhecer e otimizar as condições de nidificação e ter acesso a informações dos recursos polínicos utilizados pelas fêmeas. O uso de ninhos-armadilha tem sido bem sucedido em relação à sua ocupação por abelhas de diferentes espécies de *Centris*. Os ninhos-armadilha têm alto potencial para serem utilizados para o aumento da abundância de *Centris* na produtividade dos cultivos de aceroleira. Foram implantados dois tipos de ninhos-armadilha: ninhos para observação e ninhos em blocos compactos de madeira (**Figuras 11, 12**).



**FIGURA 11.** Ninhos-armadilha para atrair e criar abelhas que nidificam em cavidades preexistentes. **(A)** Ninhos de observação para acompanhar a construção das células de cria; diâmetros usados 6 – 10 mm. **(B)** Ninhos em blocos compactos com tubos de cartolina, diâmetros usados: 5-12 mm.

Ninhos para observação. Pranchas de madeira, com 20 X 14 cm de dimensão, contendo em um dos lados 10 canaletas de igual diâmetro - 6, 8 ou 10 mm. Cada prancha foi coberta com uma lâmina plástica, do mesmo tamanho da prancha e presa a ela, pelo lado mais largo, por uma fita adesiva (**Figuras 11A, 12A-C**), de modo que o diâmetro mínimo do orifício disponível para o inseto era um pouco menor. Foram montados 13 blocos, cada um com três pranchas, uma de cada diâmetro de ninho, totalizando 390 ninhos oferecidos às abelhas. Para vedar frestas finas entre as pranchas foi inserida uma camada de feltro. As pranchas permanecem presas por um cabo elástico (*stick*) ou corda.

Ninhos em blocos compactos. Blocos de madeira, com 40 perfurações tubulares, cinco de cada um dos seguintes diâmetros: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 mm. Em cada cavidade, foi encaixado um tubo de papel (**Figura 12D**), com 120g/m<sup>2</sup> de gramatura, fechado em uma das extremidades com um chumaço de algodão embebido em parafina para facilitar a retirada do tubo com as células de cria. Os ninhos possuíam a mesma largura das cavidades onde foram inseridos. Os moldes que estavam ocupados com células e operculados foram transportados para os devidos laboratórios em Recife, João Pessoa e Patos, individualizados, etiquetados e observados até a emergência dos adultos.

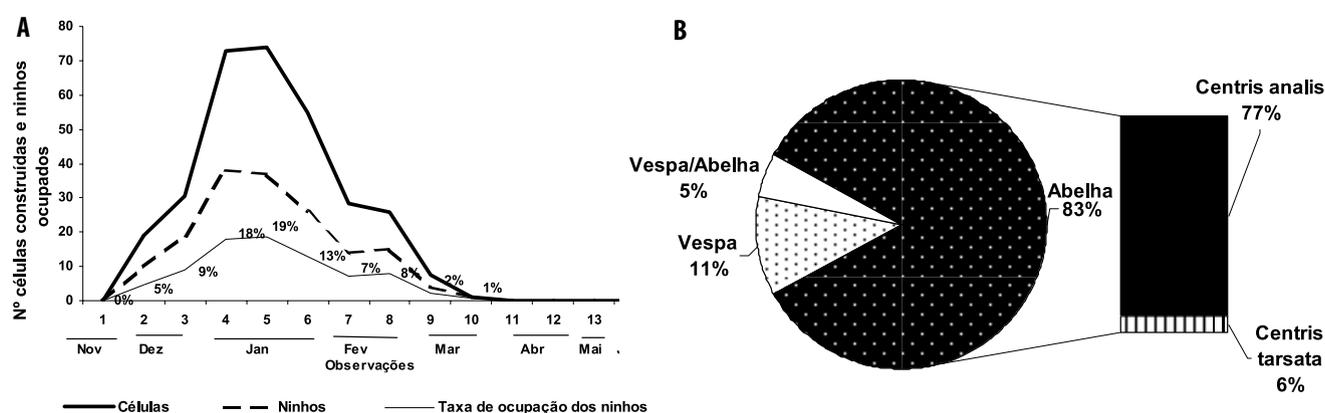
Ninhos de observação foram utilizados na plantação da Fazenda Acerolândia, Paudalho e da EMEPA, João Pessoa. Ninhos em blocos compactos foram utilizados nos três locais.



**FIGURA 12.** Ninhos-armadilha A-C. Ninhos de observação. **(A)** Bateria de ninhos oferecidos no pomar comercial Acerolândia, Paudalho; **(B)** Ninhos-armadilha de observação com furos de três tamanhos. **(C)** Em destaque pranchas com as canaletas cobertas com lâmina transparente. **(D)** Ninhos-armadilha compacto.

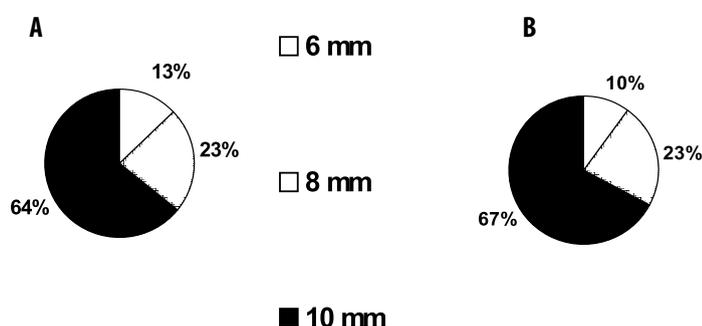
### 3.2 - Nidificação de *Centris* em ninhos-armadilha

Paudalho, ninhos-armadilha de observação. Os primeiros insetos ocupantes dos ninhos-armadilha foram observados 32 dias após a instalação das cavidades (**Figura 13**). Neste período, quatro cavidades foram ocupadas por fêmeas de *Centris analis* e uma por um casal da vespa *Trypoxylon* sp.. Nos dois meses seguintes, 19% dos ninhos instalados, ou seja, 38 ninhos haviam sido construídos. Essa foi a taxa máxima de ocupação dos ninhos-armadilha por mês. Ao todo, 63 ninhos foram construídos. Em março, cinco meses após a instalação dos ninhos-armadilha, a taxa de ocupação dos ninhos decaiu a 1% e em seguida a 0%. Os ninhos não foram reocupados nos três meses seguintes de monitoramento.



**FIGURA 13.** Ocupação de ninhos-armadilha compactos em Paudalho, Pernambuco. **(A)** Dinâmica de ocupação por abelhas e vespas; **(B)** proporção dos orifícios ocupados por vespas/abelhas.

Abelhas e vespas nidificantes e seus ninhos. Ao longo dos oito meses de exposição das cavidades artificiais, fêmeas de *Centris analis* (48 ninhos), *C. tarsata* (4), *Dicranthidium* sp. (1), vespas (10) nidificaram nos ninhos-armadilha. As abelhas ocuparam 83% das cavidades oferecidas, além de reocuparem parte das utilizadas antes por vespas. Dos ninhos construídos por abelhas, 77% foram de *C. analis* (**Figura 13B**). Ninhos de 10 mm de diâmetro foram os preferidos pelas abelhas e os de 6mm pelas vespas (**Figura 14**). A preferência por ninhos de 10 mm reflete a de fêmeas de *C. analis*, principais ocupantes dos ninhos-armadilha em Paudalho (**Figura 14B**).



**FIGURA 14.** Diâmetro de ninhos-armadilha ocupados por fêmeas de *Centris analis* e *C. tarsata* **(A)** e por fêmeas de *C. analis* **(B)** Nos ninhos de observação, a largura mínima do orifício é menor do que no bloco compacto.

Fêmeas de *C. analis* confeccionaram de uma a cinco células por ninho. As fêmeas utilizaram material vegetal semelhante à serragem e fibras vegetais, ambas misturadas a uma substância oleaginosa, provavelmente óleo floral. Este material foi utilizado para construção das paredes, teto e divisórias das células e na construção de uma fina película estabelecida entre o fundo da cavidade, em madeira, e a provisão da célula (**Figuras 15A e C**).

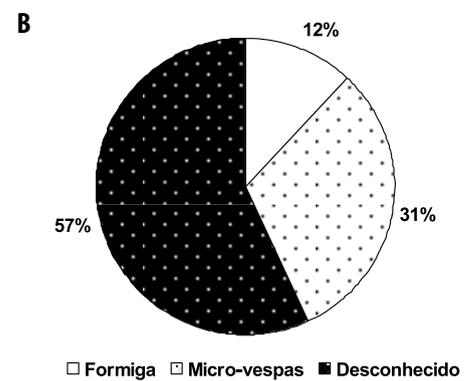
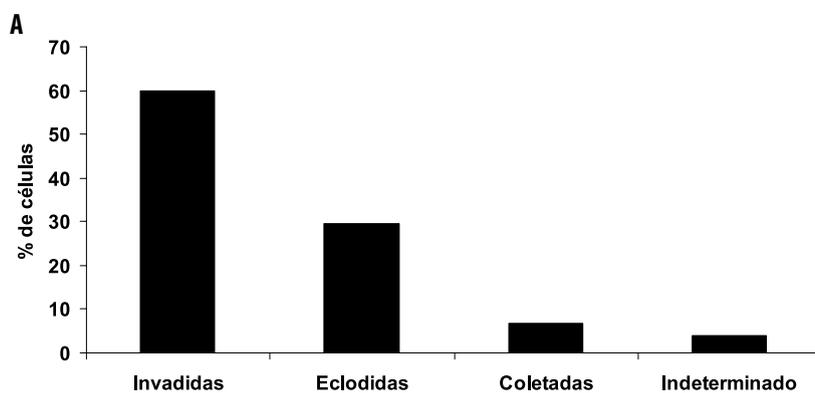
Logo após a oviposição, as larvas de *C. analis* são imersas em um líquido açucarado do qual se nutrem, além do pólen depositado no fundo da célula. Ao finalizar o ninho, a abelha deposita sobre a tampa do ninho óleo e uma secreção, formando uma poça que, após alguns minutos, apresenta cor de maionese. A fêmea provavelmente acrescenta produtos glandulares à essa poça e bate rapidamente com o metasoma (várias batidas por segundo) no óleo durante vários minutos. Dois dias após o fechamento o óleo forma uma crosta dura na entrada do ninho.

Fêmeas de *Centris tarsata* construíram quatro ninhos com duas células cada. Nos ninhos desta espécie, as paredes são de areia misturada a óleo e se enrigessem após alguns dias (**Figuras 15B e C**). Observando a superfície do ninho, não é possível visualizar as larvas. Fêmeas de *C. tarsata* aplicaram óleo no opérculo de seus ninhos e os fecharam alguns centímetros antes da entrada da cavidade.



**FIGURA 15.** Ninhos de *Centris analis* (A) e *Centris tarsata* (B) em ninhos-armadilha para observação. Em (C), dois ninhos de *C. tarsata* à esquerda e sete ninhos de *C. analis*. No último ninho da direita, há três pupas.

**Destino das células.** Sessenta por cento das 107 células de cria provisionadas por fêmeas de *Centris analis* sofreram invasão e de 30% emergiram adultos. As células restantes foram coletadas para análise de material de construção e pólen ou foram danificadas por causas não determinadas (**Figura 16A**). Formigas e microvespas invadiram 26 células. Os outros invasores não foram determinados (**Figura 16B**). As células de três ninhos de *C. tarsata* foram invadidas por micro-hymenoptera, de forma que nenhum adulto emergiu. Do ninho restante eclodiu um adulto.



**FIGURA 16.** Destino das células de cria de *Centris analis* na Fazenda Acerolândia, Paudalho. (A) Situação seis meses após a instalação dos ninhos-armadilha; (B) Invasores das células de cria.

### 3.3 - Células de *Centris analis*: dispêndio do tempo maternal, tipos e quantidade de pólen por larva

Uma fêmea de *Centris analis* iniciou a confecção da célula às 08h42 da manhã, concluindo-a às 14h10. Ao todo, ela despendeu 05h28 na confecção da primeira célula do ninho. Este tempo foi dividido em atividades desempenhadas dentro (02h15) e fora (03h13) do ninho. Para cumprir todas as etapas da construção da célula, a fêmea realizou 27 vôos de 1min04s a 36min40s de duração. A confecção, *i.e.* construção e aprovisionamento de uma célula, consistiu, basicamente, de três etapas:

Montagem do "alicerce" da célula: nesta fase, por 26min, a fêmea esteve envolvida na coleta e manuseio de material de construção, composto por óleo, fibras vegetais de cor branca e um material semelhante, em consistência e cor, à serragem. Ao fim desta etapa, a abelha havia montado fundo e paredes da célula.

Aprovisionamento larval e oviposição: esta foi a etapa mais longa de todo o processo de confecção do ninho, com duração de 04h54min. Compreendeu a coleta de pólen (02h22) e óleo e/ou néctar (02h21), nesta ordem. Durante um dos vôos para obtenção de pólen, a fêmea permaneceu por longo período fora do ninho (36 minutos), o que pode estar associado à coleta de néctar para sua própria manutenção energética. Entre as viagens de coleta de pólen e óleo ou néctar, ela coletou material de construção. O manuseio do pólen consistiu, no pressionamento da massa polínica, aparentemente umedecida, no fundo da célula. O ovo foi imerso em uma coluna de néctar, permanecendo lá, quase que verticalmente disposto.

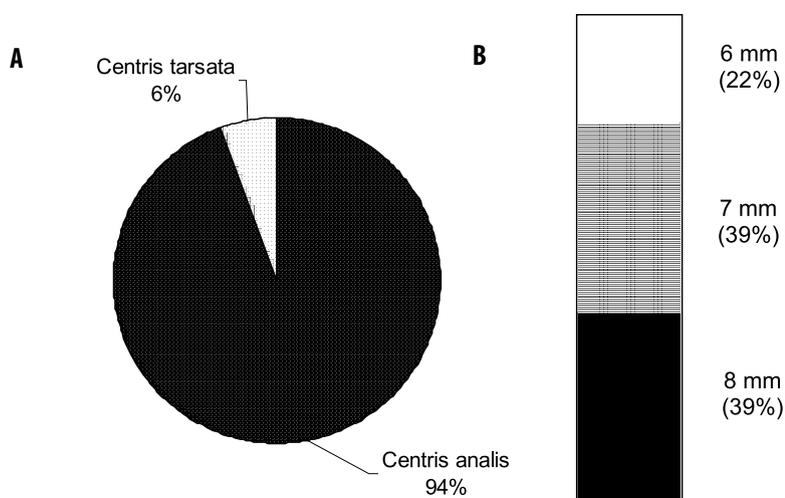
Fechamento da célula: Após a postura, a fêmea coletou novamente material de construção e fechou a célula. Após esta atividade, a abelha apresentou uma sequência de comportamentos: voou ao redor dos blocos, girou e andou sobre a entrada do ninho, andou sobre o bloco, depois sobre o tubo de papel - mais longo que o comprimento da cavidade - em que havia construído a célula, passou uma perna anterior na outra, perdeu ou liberou um material branco, fibroso, semelhante à teia de aranha, e retornou ao interior do ninho. Iniciou o fechamento da célula e, logo em seguida, a construção da segunda célula de cria.

### 3.4 - Aprovisionamento larval das células de cria de *Centris analis*

Através da análise de seis células de diferentes ninhos de *C. analis* construídos na Acerolândia, foi verificado que uma fêmea deposita de 1.661.250 a 2.726.250 grãos de pólen (média = 2.046.875; DP = 427.397,47) em uma célula. A massa polínica dessas células foi composta de grãos de pólen de *Malpighia emarginata* e de duas espécies de *Solanum*. Em duas das seis células, apenas grãos de aceroleira foram armazenados e todas as células com carga polínica mista continham grãos de aceroleira e de plantas de apenas uma das duas espécies de *Solanum*. Os grãos de *Solanum* abrangeram, no máximo, 7,4%, ou seja, as fêmeas de *C. analis* que nidificaram em meio à plantação de aceroleira utilizaram quase que exclusivamente pólen desta planta para alimentar suas crias.

Flores de *M. emarginata* contêm, em média, 26.000 grãos de pólen. Assim, fêmeas de *C. analis* que utilizam apenas pólen dessa cultura, para criar uma larva, necessitam do pólen de 79 flores, em média.

Paudalho, ninhos-armadilha em blocos compactos. Dentre as abelhas, fêmeas de *Centris analis* (17 ninhos) e de *C. tarsata* (1ninho) nidificaram nas cavidades dos blocos de madeira instalados na plantação de aceroleira (**Figura 17**). As abelhas utilizaram apenas aqueles com 6, 7 e 8 mm de diâmetro (**Figura 17B**). Vespas nidificaram em ninhos com 5 e 6 mm.



**FIGURA 17. (A)** Abelhas ocupantes de ninhos-armadilha instalados em uma plantação de aceroleira em Paudalho. Os ninhos eram tubos de papel de 5 a 12 mm de diâmetro, inseridos em blocos de madeira maciça; **(B)** As abelhas utilizaram apenas os furos com 6, 7 e 8 mm de diâmetro.

Das três células provisionadas por um indivíduo de *C. tarsata*, apenas uma fêmea eclodiu e das 63 células (amplitude = 1 a 6 células/ninho; 3,7 células/ninho, em média) construídas por fêmeas de *Centris analis* (**Figura 18**), 55 eclodiram, acumulando uma taxa de emergência de 87%. Dos imagos emergentes, dois foram do gênero *Coelioxys* e quatro da vespa *Leucospis* sp., parasitóides. Adultos emergiram cerca de um mês após o fechamento dos ninhos. As células restantes foram abertas seis meses após a construção dos ninhos e continham adultos mortos ou massas de pólen fermentado. Não foram encontrados invasores ou predadores de ninhos.



**Figura 18.** Ninho de *Centris analis*, removido de ninho armadilha. Os ninhos continham quatro células, em média.

### 3.5 - Utilização de ninhos-armadilha na EMEPA e no Campus da UFPB, João Pessoa

Ao todo, foram coletados ninhos de oito espécies, pertencentes a três famílias de Hymenoptera na EMEPA e no Campus da UFPB, João Pessoa (**Tabela 7**). Em ambas as áreas, *Centris analis* e *Epanthidium* sp.1 estiveram presentes, no entanto *C. analis* foi mais abundante na UFPB e *Epanthidium* sp.1 na EMEPA. *Centris analis* utilizou ninhos de 6, 4 e 8 mm na UFPB, com preferência para 6 mm. Entretanto, na EMEPA, onde ninhos de diâmetros intermediários foram oferecidos, *C. analis* utilizou unicamente, e na mesma proporção, ninhos de 6 e 7 mm.

**Tabela 7.** Espécies nidificantes em cavidades preexistentes na Estação Experimental da EMEPA e no Campus da UFPB.

Famílias	Espécies	EMEPA		UFPB	
		n	Diâmetros (cm)	n	Diâmetros (cm)
Apidae	<i>Centris analis</i>	8	0,6 e 0,7	38	0,4; 0,6 e 0,8
	<i>Centris tarsata</i>	-	-	4	0,8 e 1,0
	<i>Tetrapedia dentipes</i>	-	-	8	0,4 e 0,6
Megachilidae	<i>Epanthidium</i> sp. 1	14	0,5; 0,6 e 0,7	1	0,6
Sphecidae	<i>Trypoxylon</i> sp. 1	2	0,6	-	-
	<i>Trypoxylon</i> sp. 2	-	-	3	0,8 e 1,0
	<i>Trypoxylon</i> sp. 3	-	-	1	0,4
	<i>Trypoxylon</i> sp. 4	-	-	1	1

O número médio de células por ninho para *C. analis* foi 4,9 (EMEPA) e 4,3 (UFPB) e o tempo decorrido entre a coleta do ninho e a emergência dos indivíduos 32,1 (EMEPA) e 33,4 (UFPB) dias. Emergiram, no total, 34 indivíduos de *C. analis* na EMEPA e 100 na UFPB. Foi determinada uma razão sexual de 1 fêmea para 2 machos na EMEPA, e de 3 fêmeas para 2 machos por ninho na UFPB. Três espécies parasitas de *C. analis* foram observadas: *Leucospis cayennensis* (Leucopsidae) e duas espécies de *Coelioxys* (Megachilidae), todas na UFPB.

A espécie de *Centris* mais abundante em João Pessoa tanto nos ninhos-armadilha quanto visitando flores de *Malpighia emarginata*, foi *Centris analis*, de modo semelhante ao observado na Zona da Mata em Pernambuco.

### 3.6 - Utilização de ninhos-armadilha no Sítio Fechado, Patos, Paraíba

Em Patos, na região semiárida, foram encontrados ninhos de cinco espécies de abelhas nos ninhos-armadilha, entre estas *Centris tarsata*, *C. analis* e *C. trigonoides* (**Tabela 8**). A principal espécie cleptoparásita de *C. analis* e *C. tarsata* foi *Mesocheira bicolor*. Um indivíduo de *Coelioxys* sp. parasitou *C. trigonoides*. Nenhuma das espécies *C. tarsata* e *C. trigonoides* apresentou preferência significativa dentre os diâmetros ocupados. Fêmeas de *C. tarsata* ( $\chi^2 = 3,52$ ;  $P > 0,05$ ; G.L. = 5), fizeram ninhos em tubos de 7 a 12 mm, sendo a única espécie a ocupar os tubos de 10, 11 e 12 mm de diâmetro. Por outro lado, *C. trigonoides* ( $\chi^2 = 1,22$ ;  $P > 0,05$ ; G.L. = 2) e *C. analis* ( $\chi^2 = 0,33$ ;  $P > 0,05$ ; G.L. = 1) nidificaram em apenas três e dois diâmetros, respectivamente (**Tabela 9**). As vespas, de forma geral, fizeram ninhos nas classes de diâmetros abaixo de 9 mm.

Foram registrados três picos de nidificação das abelhas, no final da estação seca e no início e meio da estação chuvosa, nos meses de dezembro, fevereiro e março. *Centris tarsata* construiu ninhos de outubro a março com picos em outubro, dezembro e fevereiro, sendo os dois primeiros no meio e no final da estação seca e o terceiro no início da estação chuvosa. *Centris trigonoides* apresentou pico de nidificação no meio da estação chuvosa, de fevereiro a março. Essa espécie também nidificou durante a estação seca. *Centris analis* teve seu pico de nidificação na estação chuvosa em março (**Figura 19A**).

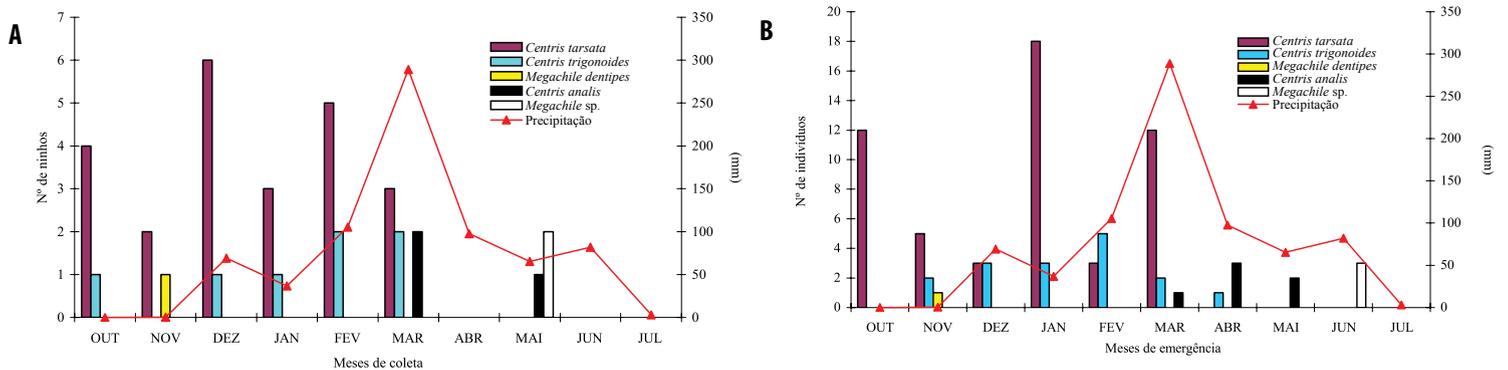
**Tabela 8.** Número de ninhos e de indivíduos emergentes de abelhas e vespas que nidificaram em ninhos-armadilha, no Sítio Fechado, Santa Gertrudes, Patos.

Espécies	Nº de ninhos	Nº indivíduos		
		Machos	Fêmeas	Total
<b>ABELHAS</b>				
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> (Smith, 1874)	21	35	18	53
<i>Centris (Heterocentris) trigonoides</i> (Lepeletier, 1841)	7	7	9	16
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)	3	2	4	6
<i>Megachile (Sayapis) dentipes</i> (Vachal, 1909)	1	1	-	1
<i>Megachile</i> sp.	2	-	3	3
TOTAL	34	45	34	79
<b>VESPAS</b>				
<i>Pachodynerus guadulpensis</i> (Saussure, 1953)	3	2	5	7
<i>Trypoxylon (Trypargilum) nitidum</i> (Smith, 1856)	5	9	6	15
<i>Trypoxylon (Trypargilum) lenkoi</i> (Amarante, 1991)	1	-	1	1
<i>Trypoxylon</i> sp. 1	1	-	2	2
<i>Trypoxylon</i> sp. 2	2	2	2	4
<i>Trypoxylon</i> sp. 3	1	-	3	3
<i>Trypoxylon</i> sp. 4	2	2	-	2
<i>Trypoxylon</i> sp. 5	3	3	2	5
Total	18	18	21	39
<b>PARASITAS</b>				
<i>Mesocheira bicolor</i> (Fabricius, 1804)	-	1	2	3
<i>Coelioxys</i>	-	-	1	1
<i>Chrysididae</i> sp.	-	-	-	8
Diptera	-	-	-	14
Total	-	1	3	26

O padrão de emergência de indivíduos de abelhas e vespas, no período de estudo, foi semelhante ao observado em relação aos ninhos. Houve emergência de abelhas durante todos os meses com maior número de emergências em janeiro. A distribuição das emergências dos indivíduos por espécie de abelha, no período de estudo, está correlacionada aos picos de nidificações dos indivíduos, com uma diferença de tempo correspondente ao período de desenvolvimento das formas jovens e emergência dos adultos. Assim, o pico de nidificação de *Centris tarsata*, em dezembro e fevereiro, corresponde aos picos de indivíduos emergidos em janeiro e março, respectivamente. Esse fato é semelhante para as outras espécies de abelhas e para as vespas (**Figura 19B**).

**Tabela 9.** Número de ninhos em relação ao diâmetro dos ninhos-armadilha, no Sítio Fechado, distrito Santa Gertrudes, Patos.

Espécies	Diâmetro (mm)							
	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Abelhas</b>								
<i>Centris tarsata</i>	-	-	1	6	11	1	7	4
<i>Centris trigonoides</i>	-	-	4	4	3	-	-	-
<i>Centris analis</i>	-	1	3	-	-	-	-	-
<i>Megachile dentipes</i>	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Megachile sp.</i>	-	-	-	1	1	-	-	-
<b>TOTAL</b>	-	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
<b>Vespas</b>								
<i>Pachodynerus guadulpensis</i>	-	1	2	-	-	-	-	-
<i>Trypoxylon nitidum</i>	4	1	-	-	-	-	-	-
<i>Trypoxylon lenkoi</i>	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Trypoxylon sp. 1</i>	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Trypoxylon sp. 2</i>	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trypoxylon sp. 3</i>	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trypoxylon sp. 4</i>	-	-	1	-	1	-	-	-
<i>Trypoxylon sp. 5</i>	2	-	1	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



**FIGURA 19.** Número de ninhos (A) e indivíduos emergidos por espécie (B) de abelha nos ninhos-armadilha, no sítio Fechado, Santa Gertrudes, Patos.

### 3.7 - Aplicabilidade dos ninhos-armadilha no incremento da abundância de abelhas polinizadoras da aceroleira

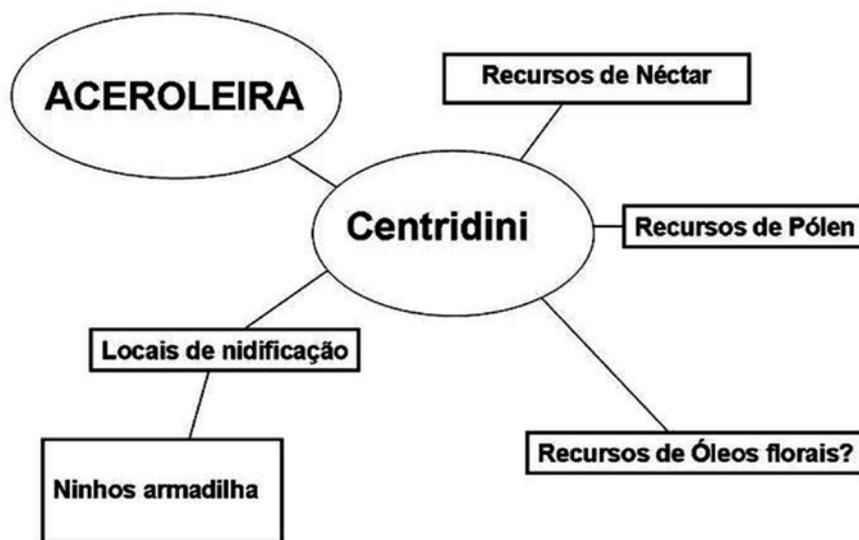
Dentre os polinizadores de *Malpighia emarginata* na Zona da Mata de Pernambuco e Paraíba, *Centris analis* tem maior potencial para manejo. Abelhas desta espécie são polinizadores efetivos da aceroleira na região e os principais ocupantes de ninhos-armadilha. Nos dois locais de estudo em Pernambuco, um mês após a instalação dos ninhos, 30% das cavidades oferecidas estavam ocupadas por fêmeas desta espécie, que mostram atividade de nidificação durante pelo menos oito meses do ano.

A ocupação de ninhos-armadilha instalados numa plantação de aceroleira não implica necessariamente num crescimento populacional dos polinizadores no local, uma vez que outros fatores limitantes podem estar envolvidos, como a escassez de recursos florais. A oferta e o monitoramento dos ninhos-armadilha permitem controlar as taxas de mortalidade das abelhas por eliminação de larvas de parasitoides e de invasores de ninhos.

A transposição de ninhos obtidos em outras áreas para o interior da plantação pode ser um bom método para incrementar a abundância de polinizadores nas flores da planta cultivada. Fêmeas de *Centris analis* reocuparam 24% dos ninhos antes utilizados por indivíduos co-específicos ou não. *Centris analis*, como as outras espécies de *Centris*, também é polilética. Contudo, para o provisionamento de uma célula, uma fêmea que nidifica em meio a uma plantação de aceroleira utiliza quase que exclusivamente o pólen desta espécie para alimentar as crias. Para fêmeas de *C. analis* residentes em plantações de aceroleira, fontes de material de construção, óleo e pólen não devem ser limitantes para nidificação. Em locais em que a aceroleira está florida por quase todo o ano ou em que há alternância de fase de floração por lotes de árvores dentro da plantação, outras fontes de pólen para as larvas devem ser desnecessárias, salvo se aceroleiras floridas estiverem a uma distância maior que o raio de atividade da fêmea.

### 3.8 - Sustentabilidade dos serviços de polinização e manejo dos polinizadores

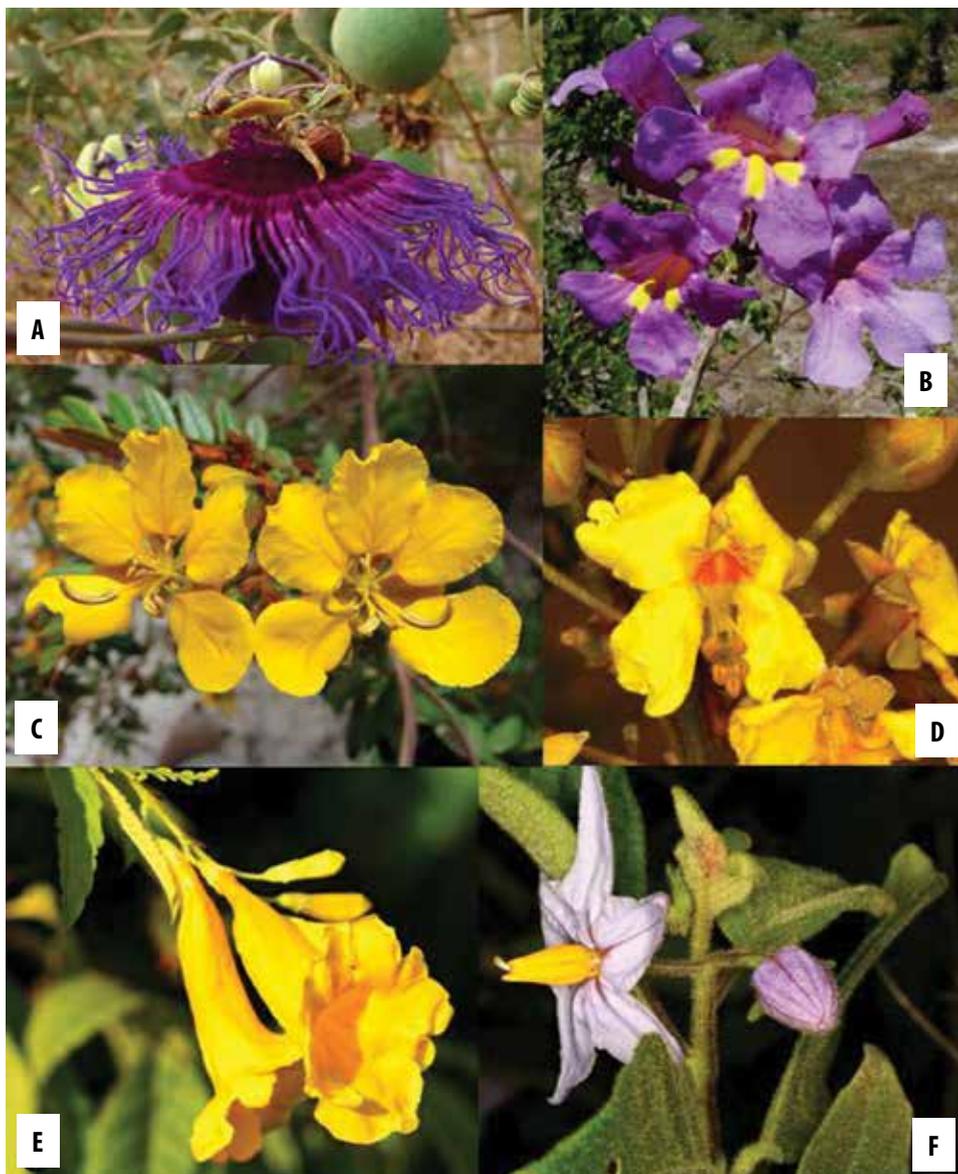
Para garantir os serviços de polinização da aceroleira, é necessário garantir condições ambientais para manter populações fortes de *Centris* e *Epicharis* no local da plantação. Fontes alternativas de pólen e óleo e fontes de néctar são importantes, especialmente as de néctar, recurso não oferecido pela aceroleira (Figura 20). Além disso, a disponibilização de ninhos-armadilha apropriados para *C. analis*, *C. tarsata* e *C. trigonoides* ou a translocação de ninhos capturados em outros locais pro-



**FIGURA 20.** Esquema indicando a dependência da formação de frutos da aceroleira das abelhas da tribo Centridini e a dependência destas abelhas de recursos obrigatórios. A presença dos recursos néctar, pólen e locais de nidificação é obrigatória para sobrevivência destas abelhas. O recurso óleo floral é providenciado principalmente pela aceroleira. Existe a possibilidade de aumentar a presença de determinadas espécies polinizadoras usando ninhos-armadilha no local do cultivo, desde a presença dos outros recursos seja garantido.

mete aumentar a produtividade dos pomares da aceroleira, desde que a presença dos outros recursos seja garantida. O aperfeiçoamento da técnica de criação destas abelhas pode garantir maior disponibilidade de ninhos e durante todo o ano.

Para manutenção de espécies de *Centris* e *Epicharis* como polinizadores da aceroleira é importante que nos arredores da plantação ocorram fontes de néctar em abundância, para garantir os recursos energéticos das abelhas adultas. Flores de numerosas espécies de plantas, entre estas várias com grande valor ornamental, são indicadas como fonte de néctar no plantio, como: *Caesalpinia echinata* – Pau Brasil, *C. ferrea* – Pau Ferro, *C. pyramidalis* - catingueira, *Parkinsonia aculeata* – turco (Caesalpinaceae), *Duranta repens* (Verbenaceae), *Ipomoea* (várias espécies - Convolvulaceae), *Tabebuia aurea* - craibeira, *T. impetiginosa* – pau d´arco, ipê roxo (e outras espécies de ipê) e *Tecoma stans* – ipezinho do jardim (Bignoniaceae), maracujá silvestre – *Passiflora cincinnata* (Passifloraceae), *Bowdichia virgilioides* - sucupira (Fabaceae), entre outras (**Figura 21**). Várias destas espécies encontraram-se nos arredores das plantações estudadas da Caatinga e da Zona da Mata, contudo em quantidades muito baixas.



**FIGURA 21.** Importantes recursos florais de Centridini, (A) *Passiflora cincinnata* (Passifloraceae); (B) *Tabebuia impetiginosa* (Bignoniaceae); (C) *Chamaecrista* (Caesalpinaceae); (D) *Caesalpinia ferrea* (Caesalpinaceae); (E) *Tecoma stans* (Bignoniaceae); (F) *Solanum* sp. (Solanaceae). Fontes de néctar: (A, B, D e E); fontes de pólen: (C, D e F).

O levantamento dos recursos polínicos para todas as espécies de Centridini destaca plantas com anteras poricidas na complementação de pólen. É indicado que plantas ruderais como fontes de pólen estejam presentes nos arredores da plantação, como diversas espécies de *Solanum* (Solanaceae) e espécies da tribo Cassieae (*Senna*, *Chamaecrista*, *Cassia*), que também abriga muitas plantas ornamentais e de floração maciça. Algumas dessas plantas são consideradas ervas daninhas (como aquelas do gênero *Solanum* e *Chamaecrista*) pelo agricultor tradicional, que frequentemente promove limpezas regulares entre as linhas de cultivo, bem como nos arredores. Espécies de *Solanum*, em geral, são raras na Caatinga, onde espécies de Cassieae (Caesalpinaceae) se destacam como recursos florais dos Centridini.

A presença de outros fornecedores de óleos florais, como espécies nativas de Malpighiaceae, que são muito comuns nas diferentes formações vegetais do Brasil, exceto na Caatinga, certamente fortalece as populações de *Centris* e *Epicharis*. Contudo, ainda não há dados para avaliar o impacto da presença das espécies nativas de Malpighiaceae na taxa da polinização e frutificação da aceroleira. A presença destas poderia beneficiar também a polinização de *Malpigha emarginata* garantindo populações fortes das abelhas, ou até diminuir a eficiência de polinização desta cultura se as espécies nativas competirem pelo serviço de polinização dos Centridini durante sua floração.

Em geral, um cinturão de vegetação diversificada no entorno da plantação favorece as condições para a manutenção das populações de *Centris* e *Epicharis*, porque disponibiliza os recursos florais suplementares para alimentação dos adultos e larvas.

A aplicação de agrotóxicos nas plantações de aceroleira é moderada quando comparada com outros cultivos intensivos como de tomate, maracujá ou gravioleria. O uso de inseticidas deve ser evitado, especialmente no horário de atividade das abelhas, uma vez que possui impacto direto à sua sobrevivência.

A busca por polinizadores que nidificam em ninhos-armadilha e podem ser manejados foi promissora. *Centris analis* na Zona da Mata (Oliveira & Schindwein 2009) e *C. tarsata* na Caatinga foram identificadas como espécies com alto potencial para serem manejadas em ninhos racionais. Ninhos-armadilha de observação, utilizados pela primeira vez no Brasil, mostraram-se como excelente ferramenta para estudar a biologia da nidificação, para compreender o comportamento de forrageio e para entender melhor a relação com cleptoparasitas. O trabalho com ninhos-armadilha revelou também problemas que precisam ser resolvidos, como o combate a microhimenópteros parasitas que prejudicaram indiferenciadamente células de cria de várias espécies de abelha nos ninhos. Para manejo destas espécies será necessário otimizar o modelo de ninho e pesquisar as melhores condições para armazenamento e desenvolvimento das crias e verificar se o período de eclosão dos indivíduos pode ser manipulado.

A aceroleira é uma planta frutífera que necessita de polinizadores nativos para formar frutos. Ela depende diretamente de abelhas solitárias dos gêneros *Centris* e *Epicharis* (Centridini), todas polinizadoras efetivas das suas flores. Foi detectada uma frutificação insuficiente devido ao déficit de polinização, e que a taxa de frutificação pode ser duplicada ou triplicada nos diversos locais dos cultivos, se as populações dos polinizadores estiverem mais fortes. Os polinizadores efetivos do cultivo demandam um ambiente diversificado no entorno das plantações. Plantações inseridas em uma paisagem uniforme e pobre em diversidade de espécies, como canaviais, diminuem a produtividade de acerolas produzidas por indivíduo.

A utilização de ninhos-armadilha oferecidos nas plantações revelou duas espécies de *Centris* que os aceitaram com alta frequência e que são boas polinizadoras da cultura: *C. analis* e *C. tarsata*. Esse fato abre a possibilidade de criação destas abelhas em ninhos racionais visando o fortalecimento de suas populações. Na Zona da Mata de Pernambuco e Paraíba destaca-se *C. analis* e no Sertão, *C. tarsata*. A análise do pólen armazenado nas células de cria revelou que quase exclusivamente grãos de pólen de aceroleira foram coletados pelas fêmeas de *C. analis* para alimentar suas crias. Este aspecto mostra que quando criadas no meio de plantações da aceroleira, as abelhas restringem, além do óleo, também seus recursos polínicos à própria aceroleira. Essa característica de *C. analis*, não esperada para uma espécie polilética do gênero, aumenta a capacidade de polinização desta espécie.

Para fornecer recursos alimentares complementares para *Centris* é recomendado o plantio de fontes de néctar, sendo reconhecidas diversas espécies de plantas com alto valor ornamental e espécies com anteras poricidas, algumas das quais são consideradas pragas pelos agricultores. No caso das fontes de óleo para o período de entressafra, a própria aceroleira pode ser utilizada, uma vez que mantidas as condições de disponibilidade de água, esta espécie pode florescer em qualquer época do ano. Assim, recomenda-se que ao menos certo número de indivíduos seja mantido em condições de florescimento fora dos períodos de produção principal desta cultura.

#### 4. Agradecimentos

Agradecemos a EMEPA e Fazenda Acerolândia pelo apoio logístico e permissão de trabalhar nas plantações, ao Sr. Bezinho pela permissão para estudar os plantios em sua propriedade em Patos, a Airton T. Carvalho, Maxwell S. Silveira e todos os outros integrantes do subprojeto pelo apoio e Polyhanna R. G Santos e Marccus V. Alves pela identificação de plantas. O estudo foi financiado por PROBIO, BIRD/GEF, MMA, CNPq.

#### 5. Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C.M.L. 2003a. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia* 20:57-467.
- AGUIAR, C.M.L. 2003b. Flower visits of *Centris* Bees (Hymenoptera: Apidae) in an area of Caatinga (Bahia, Brazil). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38:41-45.
- AGUIAR, C.M.L., ZANELLA, F.C.V., MARTINS, C.F. & CARVALHO, C.A.L. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais. *Neotropical Entomology* 32:247-259.
- ASSIS, S.A., LIMA, D.C. & OLIVEIRA, O.M.M. 2001. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry* 74:133-137.
- BUCHMANN, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In *Handbook of experimental pollination biology* (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). p.73-114.
- BUCHMANN, S.L. 1985. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. *Journal of the Kansas Entomological Society* 58:517-525.
- BUCHMANN, S.L. 1987. The ecology of oil flowers and their bees. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:343-369.

- CARVALHO, C.A.L., MARQUES, O.M. & SAMPAIO, H.S. 1995. Abelhas (Hym., Apoidea) em Cruz das Almas – BA. Espécies coletadas em fruteiras. *Insecta* 4:11-17.
- COVILLE, R.E., FRANKIE, G.W. & VINSON, B. 1983. Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habitats of the genus. *Journal of the Kansas Entomological Society* 56:109-122.
- FREITAS, B.M., ALVES, L.E., BRANDÃO, G.F. & ARAÚJO, Z.B. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *Jornal of Agriculture Science* 133:300-311.
- GAGLIANONE, M. C. 2001. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 18:107-117.
- 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. p.47-52.
- GONÇALVES, A.F. & ZANELLA, F.C.V. 2003. Ciclos de nidificação de abelhas e vespas solitárias que utilizam cavidades pré-existentes no semiárido paraibano. In *VI Congresso de Ecologia do Brasil. Anais de Trabalhos Completos. Simpósios Biodiversidade, Unidades de Conservação, Indicadores Ambientais, Caatinga, Cerrado*. Fortaleza, p. 322-324.
- 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. In *Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination* (B.M. Freitas & J.O. Pereira, eds.). Fortaleza, Imprensa Universitária, p.255-280.
- MELETTI, L.M.M. & COELHO, S.M.B.M. 2000. Propagação de frutíferas tropicais. V.1. Guaíba, Editora Agropecuária.
- MELO, C.G., ALVES, E. & LORENZON. 1997. Polinizadores de *Malpighia glabra* L. *Mensagem Doce* 42:14-17.
- MENDES, F.N. & RÊGO, M.M.C. 2007. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos armadilhas no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51:382-388.
- MICHENER, C.D. 1962. An interesting method of pollen collecting by bees from flowers with tubular anthers. *Revista de Biologia Tropical* 10:167-175.
- MICHENER, C.D. 2000. *The bees of the world*. Johns Hopkins, Baltimore, London.
- NEFF, J.L. & SIMPSON, B.B. 1981. Oil-collecting structures in the Anthophoridae (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. *Journal of the Kansas Entomological Society* 54:95-123.
- OLIVEIRA, M.D. & SCHLINDWEIN, C. 2003. Espécies de *Centris* e *Epicharis* (Apidae, Centridini) como polinizadores de *Malpighia emarginata* (acerola - Malpighiaceae) na Zona da Mata em Pernambuco. In *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*, Fortaleza, Imprensa Universitária, p.224-225.
- OLIVEIRA, R. & SCHLINDWEIN, C. 2009. Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Journal of Economic Entomology* 102:265-273.

- RAMOS, M., MENDES, F., ALBUQUERQUE, P & RÊGO, M. 2008. Nidificação e forrageamento de *Centris (Ptilotopus) maranhensis* Ducke (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia* 24:1006-1010.
- RAW, A. 1979. *Centris dirrhoda* (Anthophoridae), the bee visiting West Indian cherry flowers (*Malpighia punctifolia*). *Revista de Biologia Tropical* 27:203-205.
- RÊGO, M.M.C & ALBUQUERQUE, P.M.C. 1989. Comportamento das abelhas visitantes do murici *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, Malpighiaceae. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia* 5:179-193.
- RÊGO, M.M.C., ALBUQUERQUE, P.M.C., RAMOS, M. & CARREIRA, L. 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* 35:579-587.
- RIBEIRO, K.E.M.D, RÊGO, M.M.C. & MACHADO, I.C. 2008. Cargas polínicas de abelhas polinizadoras de *Byrsonima chrysophylla* Kunth. (Malpighiaceae): fidelidade e fontes alternativas de recursos florais. *Acta Botânica Brasilica* 22:165-171.
- RITZINGER, R., KOBAYASHI, A.K. & OLIVEIRA, J.R.P. 2003. A cultura da aceroleira, Cruz das Almas, Embrapa.
- SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 1989. Oil-gathering bees visit flowers of glandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. *Acta Botânica* 102:106-111.
- SCHLINDWEIN, C. 2000. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. In *Anais do IV Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto-SP, Brazil*, p.131-141.
- SCHLINDWEIN, 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*, p.1-8.
- SIGRIST, M.R. & SAZIMA, M. 2004. Pollination and reproductive biology of twelve species of Neotropical Malpighiaceae: stigma morphology and its implications for the breeding system. *Annals of Botany* 94:33-41.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A. & ALMEIDA, E.A. 2002. *Abelhas brasileiras. Sistemática e identificação*. Ed. dos Autores. Belo Horizonte.
- SIMPSON, B. & NEFF, J. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68:301-322.
- TEIXEIRA, L.A.G. & MACHADO, I.C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC. (Malpighiaceae). *Acta Botânica Brasilica* 14: 347-357.
- VINSON, S.B., FRANKIE, G.W & BARTHELL, J. 1993. Threats to the diversity of solitary bees in a Neotropical Dry forest in Central America In *Hymenoptera and Biodiversity* (J. LaSalle & I.D. Gauld, eds.). Wallingford, England, CAB International, p.53-81.
- VOGEL, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. *Akad. Wiss. U. Lit., matth.-nat. Kl. Tropical und Subtropical Pflanzenwelt* 7:285-547.
- VOGEL, S. 1988. Die Ölblumensymbiosen – Parallelismus und andere Aspekte ihrer Entwicklung in Raum und Zeit. *Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolutionsforschung* 26:341-362.

VOGEL, S. 1990. History of the Malpighiaceae in the light of pollination ecology. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55:130-142.

YAMANE, G. & NAKASONE, H.H. 1961. Pollination and fruit set studies of acerola *Malpighia glabra* L. in Hawaii. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 78:141-148.

ZANELLA, F.C.V. 2000. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformis): a species list and comparative notes regarding their distribution. *Apidologie* 31:579-592.

### Diagnóstico e manejo dos polinizadores de algodoeiro

Celso Feitosa Martins<sup>1</sup>; Fernando César Vieira Zanella<sup>2</sup>; Clemens Schlindwein<sup>3</sup>;  
Maria de Fátima Camarotti<sup>4</sup>; Rafael Rodolfo de Melo<sup>2</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

No Brasil, ocorrem três espécies de algodão: *Gossypium hirsutum* L., *G. barbadense* L. e *G. mustelinum* Miers ex Watt. *Gossypium mustelinum* é a única espécie nativa do Brasil, não cultivada, ocorrendo apenas em pequenas populações naturais e em risco de desaparecimento. *Gossypium barbadense* ocorre de forma semidomesticada, sendo utilizada pelas populações indígenas para confecção artesanal de tecidos, como planta medicinal e para confecção de pavios para lamparinas; além de ser cultivada em pequenas lavouras não comerciais. *Gossypium hirsutum* é a espécie de algodão amplamente cultivada no Brasil, sendo composta por duas variedades: *G. hirsutum* var. *latifolium* Hutch, também chamada de algodão herbáceo e *G. hirsutum* var. *marie galante* Hutch, conhecida como algodão mocó ou arbóreo (Barroso & Freire 2003).

A variedade *marie galante* ocupava mais de dois milhões de hectares nos anos 70, no Nordeste brasileiro, tendo sido praticamente dizimada pelo bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) a partir de 1983, e hoje em dia é cultivada em uma área de cerca de cinco mil hectares, principalmente no Seridó da Paraíba e Rio Grande do Norte (Barroso & Freire 2003).

A variedade *latifolium* apresentou uma área cultivada na safra 2006/2007 de mais de um milhão de hectares, distribuída principalmente nas regiões Centro-Oeste e Nordeste do país (IBGE 2006). Trata-se de uma cultura de grande interesse econômico para o país. Além de cultivada em pequenas e grandes propriedades para a produção de fibras, brancas e coloridas, e óleos, o cultivo de variedades transgênicas em larga escala (algodão Bt) e a indicação de compatibilidade sexual entre as três espécies, justificam a importância de estudos sobre polinização e fluxo gênico nas espécies e cultivares de algodão.

O algodoeiro é polinizado por abelhas grandes e de tamanho médio, solitárias e sociais. As suas flores são autocompatíveis e podem apresentar um certo grau de autofecundação (Fuzato 1999). Aparentemente por essa razão, a polinização não é mencionada como fator a ser considerado na produção dessa cultura em textos publicados no Brasil (Carvalho & Chiavegato 1999, Freire *et al.* 1999, Moreira *et al.* 1997).

1 Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Sistemática e Ecologia, Laboratório de Entomologia Castelo Branco 58051-900 - Joao Pessoa, PB. cmartins@dse.ufpb.br

2 Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Biológicas, Patos, Paraíba.

3 Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, Belo Horizonte, Minas Gerais.

4 Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Metodologia da Educação, João Pessoa, Paraíba.

No entanto, McGregor (1976: 181) revisando os estudos sobre a polinização entomófila de culturas agrícolas, principalmente no hemisfério norte, afirma sinteticamente que a atividade de abelhas propicia uma maior produção de algodão, melhor taxa de germinação das sementes, melhor qualidade da descendência, maior produção de fibras, adiantamento da colheita e menor quantidade de frutos que não se desenvolvem (veja também Macfarlane, in Roubik 1995). Esses possíveis benefícios ainda não foram bem documentados e nem as vantagens resultantes da polinização cruzada experimental. Neste estudo, foram estudados os polinizadores e aspectos da biologia floral de *G. hirsutum* em plantios mantidos pela EMBRAPA Algodão (CNPq) no estado da Paraíba e Ceará, um dos centros de pesquisa de algodão do Brasil. As variedades estudadas são mantidas pela EMBRAPA por meio de autopolinização induzida, de modo que o grau de homogeneidade genética entre pés de um plantio deve ser elevado e a polinização cruzada entre plantas da mesma variedade pode ser equivalente à autopolinização.

Foram avaliados os visitantes florais nos locais de estudo e o diagnóstico dos polinizadores efetivos. Os estudos envolveram uma avaliação das condições reais da polinização considerando a possibilidade de deficiência na polinização e a possibilidade de aumento da produtividade com o aumento da abundância de polinizadores.

Com o propósito de diagnosticar o papel dos polinizadores do algodoeiro (*G. hirsutum*, Malvaceae) em setores da região semiárida do Nordeste do Brasil, como avaliar a importância da polinização e a possibilidade de manejo dos polinizadores, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: 1) inventariar os visitantes florais de algodoeiro, 2) identificar os polinizadores efetivos, 3) avaliar o sucesso reprodutivo das culturas em condições naturais de cultivo, 4) avaliar o efeito de tratamentos experimentais de polinização sobre a produtividade e a qualidade de fibras e sementes, e 5) complementar as informações sobre a biologia floral da espécie estudada.

## 1.1 - Ciclo de desenvolvimento e biologia floral

O ciclo do algodoeiro foi de cerca de 120 dias, na região (Barbalha e Missão Velha-CE), o que concorda com o relatado na literatura, sendo indicada uma variação entre 110 a 150 dias, dependendo da cultivar, desde a germinação até a deiscência dos frutos, com o florescimento iniciando cerca de 45-60 dias após o plantio (Pires *et al.* 2003).

A biologia floral do algodoeiro está descrita na literatura. Foram feitas apenas observações e experimentos adicionais necessários para complementar a avaliação das plantas nos locais de cultivo. Foram marcadas 50 flores de *G. hirsutum* e estas foram monitoradas individualmente ao longo da antese.

### 1.1.1 - Antese

As plantas do algodão, quando bem desenvolvidas, geralmente apresentavam três a quatro flores abertas por dia. A antese iniciou-se entre 5h45 e 6h00, com as pétalas afastando-se e desenrolando-se aos poucos (**Figura 1**). Este processo levou em torno de 2 horas para ser completado.

Os estigmas só se tornaram receptivos duas a duas horas e meia após o início da antese. Portanto, quando as abelhas estão iniciando as visitas para coleta de néctar, os estigmas ainda não estão receptivos.



**FIGURA 1.** Flor de *Gossypium hirsutum* no início da antese.

As flores permaneceram abertas, com a mesma tonalidade, até por volta das 12h30. A partir deste horário, as flores iniciam uma mudança de coloração, da extremidade das pétalas para o local de inserção, de branco/amarelo claro para tons de rosa claro. Por volta das 16h30 as flores estavam fechadas e totalmente cor de rosa. Durante todo o processo de fechamento e mudança de coloração, que provavelmente indica a polinização da flor, as *Apis mellifera* L. permaneceram visitando as flores, forçando a sua entrada, até por volta das 17h00.

### 1.1.2 - Quantidade de pólen e óvulos por flor

Para determinar a quantidade de pólen e óvulos por flor de algodoeiro, 10 flores foram selecionadas e armazenadas em álcool a 70% (Kearns & Inouye 1993). De cada flor foram escolhidas dez anteras aleatoriamente e os grãos de pólen contados com a ajuda de uma lupa. Para estimar o número de grãos por flor, a média por antera foi multiplicada pelo número de anteras de uma flor (**Tabela 1**). Os óvulos foram contados diretamente a partir de cortes no ovário (**Figura 2**). Estes dados permitiram calcular a razão pólen/óvulo (Cruden 1977), um indicador sobre o sistema reprodutivo das espécies vegetais (**Tabela 2**). Obteve-se uma média de 350,9 grãos de pólen por antera e 104,1 anteras e 36,1 óvulos por botão, o que correspondeu a uma média de 36.508,7 grãos de pólen por botão e a uma razão pólen/óvulo de 1.027,6, o que indica uma planta facultativamente xenogâmica.



**FIGURA 2.** Flores de *Gossypium hirsutum* em corte longitudinal.

**Tabela 1.** Quantidade de grãos de pólen por botão floral.

Anteras/botões	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	370	373	572	282	369	360	369	322	447	354
2	335	350	547	465	467	292	320	360	341	311
3	333	305	391	362	298	294	313	384	488	322
4	314	281	361	320	309	270	334	345	325	366
5	372	346	366	283	316	303	336	342	566	382
6	416	345	324	273	336	296	383	301	493	408
7	341	327	274	289	270	296	370	314	543	308
8	310	350	494	263	463	324	337	338	342	350
9	347	303	411	319	311	312	234	291	261	312
10	491	304	352	319	375	404	340	315	358	325
Média	362,9	328,4	409,2	317,5	351,4	315,1	333,6	331,2	416,4	343,8

**Tabela 2.** Razão de anteras e pólen por botões, pólen por óvulo e número de óvulos.

Botões	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anteras/botão	92	100	104	98	70	120	118	112	114	113
Pólen/botão	33386,8	32840	42556,8	31115	24598	37812	39364,8	37094,4	47469,6	38849,4
Nº de óvulos /botão	45	36	45	31	30	33	32	42	32	35
Pólen/óvulo	741,92	912,22	945,70	1003,71	819,93	1145,81	1230,15	883,2	1483,42	1109,98

### 1.1.3 - Quantidade de pólen depositado nos estigmas no final da antese

Foram contados os grãos de pólen depositados nos estigmas no final da antese. As contagens foram feitas em 20 flores sujeitas à livre visitação por insetos. Esta é uma medida adequada para avaliar indiretamente o sucesso reprodutivo e verificar a eficiência de polinização ou transferência de pólen no local do cultivo. Os estigmas foram incluídos em glicerina, corados com fucsina em lâminas de microscópio e os grãos de pólen contados. Também foram determinados os grãos de pólen provenientes de outras espécies vegetais, depositados nos estigmas. Esta etapa foi efetuada ao microscópio óptico.

No período seco, foi encontrada uma média de 755,9 grãos de pólen por estigma (n=20) nos estigmas coletados no campo ao final da antese (**Tabela 3**). As médias de cada tipo de estigma foram, respectivamente, 738,2 e 767,7 grãos de pólen/estigma tipo curto e longo, não havendo diferença significativa na deposição de pólen entre os dois tipos de estigma (Mann-Whitney, P=0,825).

**Tabela 3.** Número de grãos de pólen/estigma observados ao final da antese em Barbalha, CE. Foram feitas duas contagens para cada lâmina, sendo a média utilizada para as análises estatísticas.

Estigmas	Lâmina	1ª leitura	2ª leitura	Média
Curto	1	740	1037	888,5
Curto	2	730	752	741
Curto	3	442	753	597,5
Curto	4	408	433	420,5
Curto	5	748	1082	915
Curto	6	957	1040	998,5
Curto	7	656	711	683,5
Curto	8	459	864	661,5
Longo	1	928	991	959,5
Longo	2	946	1247	1096,5
Longo	3	699	611	655
Longo	4	465	489	477
Longo	5	732	672	702
Longo	6	678	746	712
Longo	7	1027	1124	1075,5
Longo	8	633	789	711
Longo	9	914	810	862
Longo	10	424	430	427
Longo	11	302	498	400
Longo	12	1099	1170	1134,5
Média geral				755,9
Média curto				738,2
Média longo				767,7

No período chuvoso, foi encontrada uma média de 535,4 grãos de pólen por estigma (n=9) nos estigmas coletados no campo ao final da antese (**Tabela 4**). Os resultados do período chuvoso divergiram daqueles do período seco, havendo diferença significativa na deposição de pólen entre as duas estações (Mann-Whitney,  $P < 0,01$ ).

**Tabela 4.** Número de grãos de pólen/estigma observados ao final da antese em Missão Velha, CE.

Lâmina	1ª leitura	2ª leitura	Média
1	442	562	502
2	646	723	684,5
3	455	408	431,5
4	644	671	657,5
5	298	315	306,5
6	792	764	778
7	737	586	661,5
8	454	419	436,5
9	393	329	
Média			535,4

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Visitantes florais

Foram realizadas coletas dos visitantes florais de *G. hirsutum* nas plantações experimentais da EMBRAPA/CNPA (Centro Nacional de Pesquisa de Algodão), em Barbalha e Missão Velha, CE, e Patos e Campina Grande, PB. Com apoio da EMBRAPA, foram amostradas plantações sem e com a utilização de agrotóxicos. No Ceará, foi estudado o cultivar CNPA 8H, sem aplicação de defensivos na estação seca, e com aplicação, na estação chuvosa. Em Patos, na primeira fase do trabalho foram realizados estudos com o cultivar EMBRAPA 113 – ALGODÃO 7MH, que é derivado da linhagem CNPA 91-194, oriunda de cruzamento entre algodoeiros mocó e herbáceo. Logo, esta variedade apresenta características intermediárias entre ambos, reunindo a produtividade e a precocidade do algodoeiro herbáceo com as características de fibra, resistência à seca e longevidade do mocó. Em seguida, realizaram-se estudos em plantios mistos, que além do 7MH continham o mocó e diversos híbridos, oriundos de cruzamentos realizados pela própria EMBRAPA. Esses plantios foram realizados em pequenas áreas irrigadas para a produção de sementes nos quais as flores são mantidas fechadas antes da antese, promovendo assim uma autopolinização forçada.

Os visitantes florais foram coletados nas flores durante a antese com rede entomológica ou diretamente nas flores, em dias com condições meteorológicas apropriadas.

Dentre as espécies de abelhas visitantes florais do algodoeiro coletadas (**Tabela 5**), apenas *Diadasina paraensis* (Ducke) não havia sido constatada em estudos prévios dos visitantes do algodoeiro no Centro-Oeste e Nordeste do Brasil (Silveira 2003, Pires *et al.* 2004). Verificou-se a presença de *Xylocopa cearensis* (Ducke) sobrevoando uma das áreas de plantio, mas, essa espécie não foi observada visitando o algodoeiro, tendo sido coletada somente ao visitar o turco (*Parkinsonia aculeata* L., Caesalpiniaceae). De acordo com Moffett (1983), as *Xylocopa* spp. são eficientes polinizadoras do algodoeiro na América do Norte, pois elas raramente visitam os nectários extraflorais e, devido ao seu tamanho, elas tocam os estames e os estigmas quando entram nas flores, mas nossas observações indicam que a flor do algodoeiro não é atrativa para essas abelhas.

**Tabela 5** - Número de indivíduos ou ocorrência (x) das espécies de abelhas visitantes das flores de algodoeiro em Patos e Campina Grande, PB, e Missão Velha e Barbalha, CE.

Espécies	♀	♂	Total de indivíduos	<i>G. hirsutum</i>	<i>G. barbadense</i>
<i>Ancyloscelis apiformis</i> (Fabricius, 1793)	-	4	4		x
<i>Augochlora esox</i> (Vachal, 1909)	3	-	3		x
<i>Augochlora thalia</i> (Smith, 1879)	5	-	5	x	
<i>Augochlora</i> sp.	1	-	1	x	
<i>Ceratina paraguayensis</i> Schrottky, 1907	1	-	1		x
<i>Diadasina paraensis</i> (Ducke, 1972)	4	-	4	x	
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	1	3	4		x
<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)	1	-	1	x	
<i>Melitomella grisescens</i> (Ducke, 1907)	0	2	2	x	
<i>Ptilothrix plumata</i> Smith, 1853	1	1	2	x	
<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789)	1	-	1	x	
<i>Xylocopa grisescens</i> Lepeletier, 1841	1	-	1	x	
<i>Apis mellifera</i> Linneus 1841 *	x		x	x	x

\* muito abundante.

*Apis mellifera* foi observada nas flores do algodoeiro em todos os momentos em que havia flores, sempre em abundância, mas as espécies de abelhas nativas foram observadas esporadicamente e sempre poucos indivíduos. De modo semelhante, Sanchez-Júnior & Malerbo-Souza (2004) observaram que a abelha africanizada foi o inseto mais frequente nas flores do algodoeiro em Ribeirão Preto, SP.

Quando foram realizadas amostragens quantitativas dos visitantes florais não foram observadas abelhas nativas, somente *A. mellifera* e alguns outros insetos, como vespas, os quais visitavam principalmente os nectários extraflorais. Nas áreas de plantio de algodão, observou-se que houve apenas duas famílias encontradas, Halictidae com dois gêneros e quatro espécies e Apidae, com sete gêneros e oito espécies.

Algumas abelhas não criadas comercialmente, como *Melissodes* spp., *Melitoma euglossoides* Lep. & Serv., *Xylocopa* spp., *Anthophora* spp., *Halictus* spp., *Nomia* spp. e *Megachile* spp., são citadas como potenciais polinizadores do algodoeiro em outras regiões (Free 1970, Gottsberger 1972, McGregor 1976). Porém, nos plantios estudados, houve baixíssima abundância de espécies nativas no algodoeiro. Das espécies *Augochlora* sp., *Dialictus* sp. e *D. opacus* foi coletado apenas um indivíduo de cada, todas antes do início do período chuvoso, entre outubro e novembro. Após a *A. mellifera*, as espécies de maior abundância foram *Augochlora thalia* (Smith) e *D. paraensis*, sendo coletados cinco e quatro indivíduos, respectivamente.

De acordo com o planejamento inicial o conjunto das atividades de coleta de dados de campo, incluindo as coletas de visitantes florais, deveria ter sido realizado no período chuvoso, quando há a produção de sequeiro da cultura. No entanto, a irregularidade nas precipitações fez com que praticamente não fossem realizados plantios comerciais no período de estudo. Por esse motivo, as coletas foram realizadas em pequenos plantios irrigados mantidos nas áreas experimentais da EMBRAPA, sendo apenas um deles no período chuvoso, e esse fato deve ter limitado significativamente o registro de visitantes florais nativos e a possibilidade de analisar a sua potencial contribuição na polinização da cultura.

## 2.2 - Frequência de visitação e comportamento de *Apis mellifera* em flores de algodoeiro

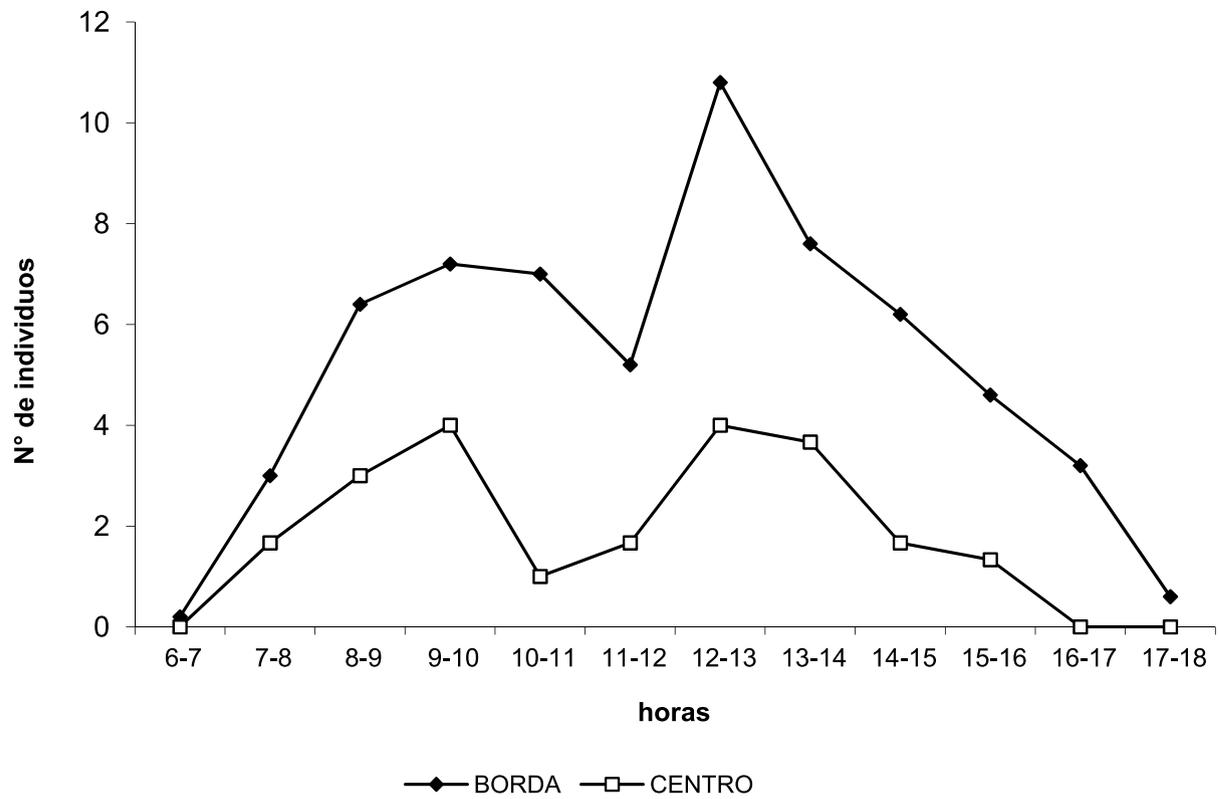
Devido a baixa frequência de abelhas nativas nas flores do algodoeiro, as observações do comportamento nas flores e a avaliação da importância da visita para a polinização foram feitas apenas para a abelha africanizada (*A. mellifera*).

### 2.2.1 - Frequência relativa dos visitantes florais em flores das bordas e do interior dos cultivos

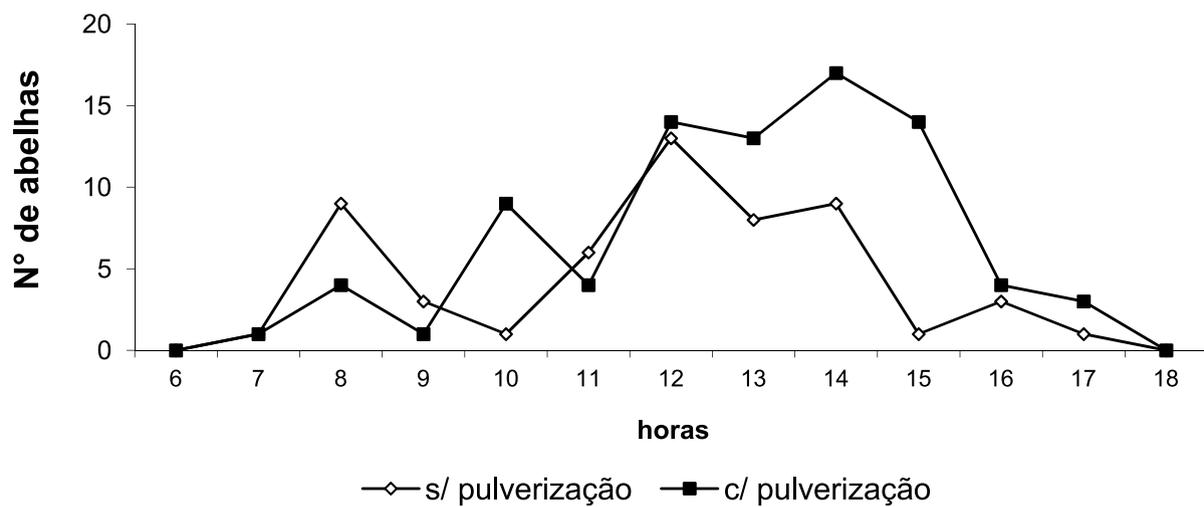
Plantas da borda e do interior dos plantios foram selecionadas para comparações, considerando que os visitantes florais podem visitar inicialmente as flores encontradas na borda do cultivo. Assim, as do meio teriam menor probabilidade de sofrerem a ação dos polinizadores. O plantio tinha uma área aproximada de 1,2 ha, e as plantas amostradas no meio do plantio ficavam entre 30 a 50 metros da borda. Desse modo, foram obtidas estimativas da frequência relativa por flor da cultura por dia. Em dias subsequentes, foram realizadas observações da atividade de visita para as espécies mais abundantes em diferentes horários, para caracterizar os períodos de início, pico e final de atividade.

A frequência de *A. mellifera*, amostradas por quatro coletores em 20 flores, durante 5 min por hora, foi significativamente maior na borda do cultivo de algodão em relação ao centro, em Barbalha, no período seco (Mann-Whitney,  $P < 0,05$ ) (**Figura 3**). O horário de maior frequência de visitas foi entre 8h14. Não foi avaliado se essa diferença resulta em menor polinização das flores, mas em cultivos comerciais de maiores extensões a redução nas taxas de visitação em flores do meio deve ser bem mais intensa, a não ser que haja um manejo das abelhas.

A frequência de *A. mellifera* na área pulverizada com agrotóxicos, amostradas em 20 flores, durante 5 min por hora, não foi significativamente diferente à da área não pulverizada (Mann-Whitney,  $P > 0,05$ ) (**Figura 4**). Isto provavelmente está associado ao fato da pulverização ter ocorrido no dia anterior e as flores terem a duração de apenas um dia, portanto as flores recém abertas não apresentavam veneno em seu interior e podiam ser visitadas sem nenhum problema para as abelhas. Entretanto, por tratar-se de um defensivo com ação por contato, foi observado sintoma de envenenamento em algumas poucas abelhas que devem ter pousado em ramos ou folhas contendo inseticida.



**Figura 3.** Frequência de *Apis mellifera* em 20 flores, durante 5 min por hora, na borda e centro do cultivo de algodão em Barbalha, no período seco. Dados médios amostrados por quatro coletores.



**Figura 4.** Frequência de *Apis mellifera*, amostradas em 20 flores, durante 5 min por hora, em áreas com e sem pulverização de agrotóxico no cultivo de algodão, em Barbalha, no período seco

### 2.2.2 - Número de visitas por planta do cultivo

Para verificar a frequência de visitas por flores, foram selecionadas 20 flores, ao acaso, em aproximadamente 20 covas (ver abaixo). Os visitantes foram observados e contados durante 5 min, a cada hora, das 7h00 às 18h00. Quatro observadores realizaram as contagens, cada um em dois conjuntos de 20 flores, um na borda e outro no interior do plantio. No período chuvoso, além da metodologia anterior, utilizou-se também a metodologia recomendada pelo Prof. Dr. Fernando A. Silveira (comunicação pessoal) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com a seguinte modificação: em vez de contar os visitantes de 80 plantas, foram amostradas as plantas de 80 covas. Essa alteração foi necessária uma vez que havia de uma a três plantas por cova, sendo difícil reconhecê-las. Como outras espécies de abelhas foram registradas esporadicamente, e em pouca quantidade, os resultados obtidos referem-se somente à *A. mellifera*.

A frequência de *A. mellifera* no período chuvoso em Missão Velha foi de 0,08 abelhas/flor, o que corresponde a uma *A. mellifera* para cada 12 flores (**Tabela 6**), considerando quatro réplicas de amostras de 80 covas. É interessante observar que nas amostras com um maior número de flores, houve um aumento diretamente proporcional do número de abelhas.

**Tabela 6.** Número médio de flores e de *Apis mellifera* nos diferentes casos estudados no plantio da Unidade Experimental da EMBRAPA, em Missão Velha-CE.

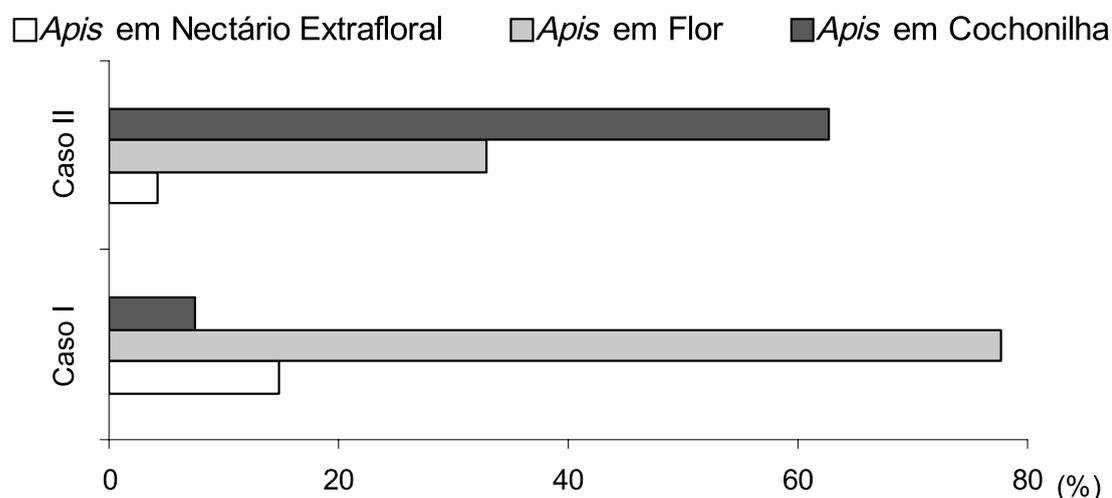
Amostra	Número Médio		
	flor/cova	<i>Apis mellifera</i> /cova	<i>Apis mellifera</i> /flor
1	0,150	0,012	0,083
2	0,450	0,037	0,083
3	0,587	0,050	0,085
4	0,312	0,025	0,080
Média	0,375	0,031	0,083

Na cidade de Patos, foi realizado o mesmo tipo de experimento, porém comparando-se plantas um dia (caso I) e cinco dias (caso II) após a aplicação de inseticidas (**Tabela 7**), com maior frequência de insetos nas flores no caso II. No número médio de *A. mellifera* por flor estão contabilizadas, além das *A. mellifera* encontradas em flores, as presentes em nectários extraflorais e cochonilhas. Entre os meses de março e abril (pico do período chuvoso), em Patos, houve uma grande incidência de cochonilhas, chegando a prejudicar vários pés de algodoeiro e atraindo visitantes florais.

**Tabela 7.** Número médio de flores e de *Apis mellifera* por cova nos diferentes casos estudados no plantio da Unidade Experimental da EMBRAPA/CNPA/Patos-PB (Caso I, novembro de 2004 e Caso II, dezembro de 2004).

Caso	flor/cova	<i>Apis mellifera</i> /cova	<i>Apis mellifera</i> /flor
I	1,43	0,34	0,18
II	1,63	0,59	0,24
Média	1,53	0,47	0,21

Entretanto, ao se analisar o número de *A. mellifera* percebe-se que a diferença no número por flor é menor do que a do número por planta. Isso se deveu à grande quantidade de abelhas dessa espécie visitando cochonilhas na segunda amostragem (caso II), sendo inclusive maior que o número de *A. mellifera* nas flores (Figura 5). Apesar de não ter sido possível fazer repetições, devido ao pequeno número de plantas, é evidente que a presença de cochonilhas na cultura determinou uma atratividade maior para as *A. mellifera*, que em vez de visitarem as flores, procuravam o *honeydew* dos hemípteros.



**FIGURA 5.** Distribuição das *Apis mellifera* no algodoeiro um dia após aplicação de inseticida (caso I, novembro de 2004) e cinco dias após (caso II, dezembro de 2004) no plantio da Unidade Experimental da EMBRAPA/CNPA/Patos-PB.

É possível que a maior frequência de *A. mellifera* nas flores na primeira amostragem, em relação às visitando cochonilhas, seja resultado de variação na abundância de cochonilhas, mas pode ser também em decorrência do efeito repulsivo do inseticida que ficou depositado sobre as partes externas das plantas (ramos, folhas) e sobre a cobertura dos insetos. Como as flores abrem pela manhã, dentro das flores não deve haver contaminação por inseticida, uma vez que os botões florais estavam fechados no momento da aplicação. Com relação aos nectários extraflorais, verificou-se que em ambos os casos os insetos tiveram preferência por flores, diferente do que afirma Ivanova-Petroskavan (*apud* McGregor 1976) e Macfarlane (*apud* Roubik 1995). Para essa autora, as *A. mellifera* têm preferência pelos nectários extraflorais em relação aos nectários florais. Provavelmente, isso depende das variedades de algodoeiro envolvidas, conforme observações realizadas por nossa equipe em Barbalha, durante o período seco.

Também deve ser ressaltado que o experimento onde se verificou a distribuição da *A. mellifera* no algodoeiro, em Patos, foi realizado em plantios no início do período chuvoso, o que deve ter favorecido a ocorrência de cochonilha. Já nos plantios irrigados observados no período seco, essa praga foi praticamente ausente.

### 2.3 - Frequência de contatos com o estigma pelos visitantes florais

Os visitantes florais, principalmente *A. mellifera*, vistoriam as flores logo no início da antese. Nesse momento, as abelhas forçam a entrada na flor e eventualmente entram em contato com o estigma. Logo após, quando as flores estão totalmente abertas, as abelhas pousam na parte interna das pétalas e andam até os nectários florais, que estão entre a inserção de cada pétala, e raramente contatam os estigmas. A coleta de néctar durou em média 31,4 segundos, podendo chegar a até 80 segundos ( $n=27$ ). As abelhas coletoras de pólen

pousavam diretamente sobre as anteras, utilizando as pernas anteriores para raspar o pólen, frequentemente contatando os estigmas. As visitas para coleta de pólen duraram em média 8,6 segundos por flor (N=10), e foram significativamente mais rápidas em relação à coleta de néctar (Mann-Whitney,  $P < 0,05$ ).

De acordo com Free (1970), *A. mellifera* é o principal polinizador em algumas regiões devido à sua abundância, mas a maior parte dessa função é realizada em visitas nas primeiras horas do dia, quando as abelhas têm que entrar nas flores parcialmente fechadas (entre-abertas) e são forçadas a contatar os estigmas. Já durante a visita a flores amplamente abertas, as *A. mellifera* dificilmente contatariam as estruturas reprodutivas não contribuindo com a polinização, o que foi confirmado no presente trabalho, com exceção das visitas para coleta de pólen, mas estas foram raras.

Em 46 observações, de 5 min cada uma, observou-se que, de um total de 214 visitas de *A. mellifera*, cerca de 97% coletaram néctar e apenas 3% pólen, e desse total apenas 6% contataram os estigmas. Desse modo, o comportamento observado mostra que *A. mellifera* só contata o estigma quando coleta pólen (comportamento pouco frequente) e quando a flor está abrindo ou fechando e a forma da flor força a abelha a tocar no estigma. É interessante relatar que o pólen do algodoeiro não é atrativo para essas abelhas, pois era comum observar operárias coletoras de néctar, ao deixarem a flor, descartando com as pernas o pólen depositado sobre o corpo (**Figura 6**), o que concorda com o relato de Macfarlane (*apud* Roubik 1995: 23) de que essas abelhas preferem coletar néctar em flores sem pólen, cuja parte masculina é estéril.



**FIGURA 6.** *Apis mellifera* descartando os grãos de pólen de algodoeiro.

### 3. Visitação e taxa de frutificação

Para verificar o sistema reprodutivo de algodoeiro, na estação seca, foram ensacadas e marcadas 30 flores para cada tratamento (autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização livre ou controle). Na estação chuvosa, o experimento foi repetido com o mesmo tamanho de amostras, além de uma réplica de mais 30 flores para os tratamentos polinização cruzada manual e autopolinização manual. As leituras foram feitas com 30 dias e 45 dias após a montagem do experimento.

Em Barbalha, no período seco, no experimento sobre o sistema reprodutivo ocorreram poucos abortos nos 30 dias após a montagem, mas ao final do amadurecimento dos frutos (maçãs) e abertura dos capulhos (cerca de 45 dias após) houve um acréscimo de abortos. A formação de frutos foi em torno de 40% nos três tratamentos, diferindo apenas do controle que foi cerca de 60%. Na primeira semana de dezembro/2004 foi realizada a colheita dos capulhos (**Tabela 8**).

**Tabela 8.** Porcentagem de frutos de algodoeiro que vingaram nos quatro tratamentos realizados na EMBRAPA Algodão em Barbalha – CE, no período seco. N=30.

Tratamentos	Frutos formados		Frutos abortados	
	No.	(%)	No.	(%)
Autopolinização espontânea	14	46,6	16	53,4
Autopolinização manual	14	46,6	16	53,4
Polinização cruzada	12	40,0	18	60,0
Controle (polinização livre)	19	63,3	11	36,7

As flores sujeitas à polinização livre (controle) tiveram o maior índice de retenção de frutos (63,3%), mas é possível que a manipulação das flores tenha influenciado a taxa de queda, pois nos tratamentos de polinização manual, incluindo a polinização cruzada, a retenção foi baixa. Segundo Barroso & Freire (2003), devido ao tamanho do pólen e formação de grumos, não se tem conhecimento do transporte dos grãos de pólen pelo vento. Portanto, para que haja fecundação cruzada é necessária a presença de polinizadores e quando presentes, a taxa de fecundação cruzada deve variar com o genótipo, o local, a presença de barreiras, a distância entre os campos, fatores ambientais e manejo da cultura.

Em Missão Velha, diferentemente do experimento de Barbalha, as plantas foram pulverizadas para o controle de bicudo, resultando em uma porcentagem bem menor de abortos (**Tabela 9**). Como no período seco, a formação de frutos foi maior sob polinização livre, mas mesmo em flores isoladas, a taxa de frutificação foi alta, resultado da elevada autocompatibilidade e de autopolinização.

**Tabela 9.** Porcentagem de frutos de algodoeiro que vingaram nos quatros tratamentos realizados na EMBRAPA Algodão em Missão Velha – CE, no período chuvoso.

Tratamentos	N	Frutos formados		Frutos abortados	
		No.	(%)	No.	(%)
Autopolinização espontânea	30	24	80,0	6	20,0
Autopolinização manual	60	50	89,3	6	10,7
Polinização cruzada manual	60	52	86,7	8	13,3
Controle (polinização livre)	30	27	90,0	3	10,0

Nos experimentos realizados em Patos, nota-se que o algodoeiro também apresentou elevada taxa de autopolinização espontânea (**Tabela 10**). Deve-se destacar que a EMBRAPA mantém o seu estoque de sementes das variedades a partir da autopolinização forçada, por meio de uma amarração, antes da antese, da flor na parte apical da corola.

**Tabela 10.** Resultados dos experimentos para avaliação do sistema reprodutivo do algodoeiro, realizados entre os meses de julho e agosto de 2005 (período seco), em plantio misto de algodão colorido em Patos, PB.

Tratamentos	Nº de Flores Isoladas	Frutificação (%)		Perdas ou descartadas
		Sim	Não	
Controle (polinização livre)	25	95,7	4,3	2
Autopolinização espontânea	25	78,3	21,7	2
Autopolinização manual	30	64,3	35,7	2
Polinização cruzada manual	30	60,7	39,3	2
Total	110	-	-	8
Média	27,5	74,75	25,25	2

Resultados semelhantes foram encontrados por Sanchez-Júnior & Malerbo-Souza (2004), que registraram 92% de frutificação para a polinização livre e 88% para autopolinização espontânea. Mas a diferença observada em Patos entre a autopolinização espontânea, obtida a partir de flores isoladas, e a polinização livre deve ser irrelevante, considerando o pequeno número de flores amostradas, pois na polinização cruzada manual, quando todas as flores foram polinizadas com pólen de flores de outros pés, a taxa de frutificação foi menor.

Na **Tabela 11** observa-se o sucesso reprodutivo do algodoeiro, no cultivo de Patos. A metodologia aqui aplicada teve a função de determinar e avaliar o sucesso reprodutivo das plantas cultivadas no local da plantação. A avaliação da produtividade local comparada a uma produtividade máxima possível, garantida pela polinização cruzada manual adicional, pode indicar uma possível deficiência de polinização no cultivo, além de se evitar um possível aumento na taxa de queda de frutos devido ao ensacamento das flores. Porém, os resultados mostraram que a polinização livre obteve um maior percentual de frutificação (95,7%) quando comparado

à polinização cruzada adicional em flores livre, isto é, sujeitas a ação dos polinizadores naturais (90,1%). Desta forma, tendo a polinização cruzada + livre o menor índice, pode-se considerar que para tal plantio não havia falta polinizadores, mesmo que as flores tenham sido visitadas quase que exclusivamente por *A. mellifera*.

**Tabela 11.** Teste de sucesso reprodutivo realizado no algodoeiro entre julho e agosto de 2005 na Unidade Experimental da EMBRAPA de Patos, PB, com a variedade de algodão colorido marrom.

Polinização	Nº de Flores Isoladas	Frutificação (%)		Perdas ou descartadas
		Sim	Não	
Livre	25	95,7	4,3	2
Cruzada + Livre	45	90,1	9,9	1
Total	70	-	-	3
Média	35	92,7	7,1	1,5

Os resultados acima apresentados contrastam com o relatado por Macfarlane (*apud* Roubik 1995), que menciona uma retenção de frutos em flores visitadas por *Apis* da ordem de 57-62%, enquanto que em flores autopolinizadas essa taxa seria de apenas 30%. É importante destacar que a efetiva comparação desses dados é dificultada pela ausência de controle de algumas variáveis, como a qualidade da irrigação (que pode resultar em déficit hídrico), a ação de pragas (como o bicudo, que determina a queda de flores) e a forma de produção de sementes das variedades (que no caso das mantidas pela EMBRAPA são mantidas por meio de autopolinização forçada).

### 3.1 - Qualidade de polinização

Frutos maduros coletados a partir dos experimentos de polinização controlada foram encaminhados para análise no HVI (High Volume Instruments) USTER 900 do laboratório de Análise de Fibras da EMBRAPA em Campina Grande. Além do número e peso de frutos, e número de sementes, também foi analisada a quantidade e qualidade das fibras para verificar possíveis diferenças na qualidade da polinização e seu impacto na produtividade da cultura e qualidade do produto. Parâmetros qualitativos e quantitativos das fibras oriundas de polinização natural foram comparados com aqueles da polinização cruzada manual, autopolinização manual e autopolinização espontânea, já que em outros estudos é relatado um aumento de produtividade na presença de polinizadores (Macfarlane, *apud* Roubik 1995). No experimento realizado na estação chuvosa, devido à menor taxa de abortos (ver abaixo), foi possível coletar as amostras em lotes de 15 plantas, o que possibilitou um aumento do número de réplicas por experimento. Esse número está relacionado ao peso mínimo da amostra necessário para análise no HVI.

Quanto às características das fibras obtidas nos diferentes tratamentos, em Barbalha, apresentaram propriedades semelhantes (**Tabela 12**). A polinização cruzada apresentou o menor índice de fibras curtas (3,3%) enquanto que a autopolinização manual o maior (5,2%). O material estudado apresentou propriedades tecnológicas da fibra semelhantes quanto à maturação e ao índice de amarelecimento. A tenacidade da fibra que é a relação entre a resistência de ruptura pelo título da mecha de fibras, expresso em g.Tex-1, apresentou o maior valor para o tratamento de autopolinização espontânea (30,2).

**Tabela 12** – Resultados das propriedades da fibra do algodão, obtidos em quatro tratamentos: Autopolinização espontânea, autopolinização manual, polinização cruzada manual e polinização livre. 1º experimento realizado em Barbalha – CE, entre outubro e dezembro de 2005. CV – Coeficiente de Variação (%). Em conjunto, os resultados não apresentaram diferença significativa (Friedman=0,9000, P=0,8254).

Propriedades das Fibras	Tratamentos				Média geral	Desvio Padrão	CV (%)
	Auto espontânea	Auto manual	Cruzada manual	Livre			
Comprimento 2,5% (mm)	28,7	27	29,4	29,4	28,6	1,13	3,96
Maturidade (%)	90	88	90	90	89,5	1,00	1,12
Resistência (g.Tex <sup>-1</sup> )	30,2	26,8	27,3	28,1	28,1	1,50	5,33
Índice de fibras curtas	3,4	5,2	3,3	3,7	3,9	0,88	22,65
Alongamento à ruptura (%)	4,8	6,2	5,4	5,2	5,4	0,59	10,90
Reflectância (%)	73,9	77,1	73,6	76,1	75,2	1,70	2,26
Índice micronaire	4,4	4	4,4	4,4	4,3	0,20	4,65
Uniformidade de comprimento (%)	82,8	82,4	83,8	83,4	83,1	0,62	0,75
Ind. de amarelecimento (%)	11,9	12	11,6	12,3	12,0	0,29	2,42
Fiabilidade	2042	2035	2061	2079	2054,3	19,82	0,96
Peso caroço/fruto (g)	3,8	4,2	3,8	3,2	3,8	0,41	10,99
Peso da pluma/fruto (g)	2,7	2,4	1,4	1,9	2,1	0,57	27,22
Peso das sementes/fruto (g)	1,1	1,8	2,4	1,2	1,6	0,60	37,05
Peso médio/semente (g)	0,047	0,068	0,096	0,067	0,1	0,02	28,98
Número de sementes/fruto	23,1	26,3	24,9	18,2	23,1	3,53	15,29

Neste experimento, o resultado de cada tratamento representa somente uma amostra de frutos coletados (de 11 a 18 capulhos), a realização de réplicas não foi possível, devido ao peso das amostras ser insuficiente de acordo com o exigido pelo equipamento, causado, provavelmente por excesso de chuva e/ou o ataque de bicudos.

A uniformidade de comprimento das fibras situou-se entre 27,0 e 29,4 mm para os quatro tratamentos sendo considerada como fibra média entre 28 e 34 mm (SEAGRI-BA 2004).

Considerando-se que os quatro tratamentos praticamente não diferiram quanto à maturidade e sendo o índice de micronaire a medida do complexo finura + maturidade da fibra, os maiores valores de micronaire para os tratamentos T1, T2 e T4 correspondem a fibras mais grossas. Erismann *et al.* (1998), testando algumas propriedades tecnológicas da fibra de três genótipos IAC 20-233, IAC 21 e IAC 22, constataram diferenças e semelhanças entre as propriedades, concluindo que a variedade IAC 21 apresentou fibras mais grossas e menor alongamento à ruptura.

Os dados obtidos em Barbalha, em conjunto, não apresentaram diferença significativa (Friedman=0,900; P=0,825). Neste experimento, o resultado de cada tratamento representa somente uma amostra estabelecida com os frutos coletados para cada um deles (de 11 a 18 capulhos), sem a realização de réplicas, devido ao peso das amostras não atingir o mínimo necessário exigido pelo equipamento. Este fato, provavelmente, ocorreu porque houve uma chuva forte no meio do experimento causando um alagamento do solo e danos nas plantas, e também devido à falta de pulverização permitindo um aumento da infestação por bicudos.

No experimento em Missão Velha, em conjunto, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Friedman=0,620; P=0,891) (**Tabela 13**). Entretanto, foi observada diferença significativa quanto ao número de sementes/fruto, particularmente entre a autopolinização espontânea e a polinização cruzada manual. (Kruskal-Wallis H= 8,766; P=0,0326; entre autopolinização espontânea e polinização cruzada manual P=0,0035). Resultado semelhante foi obtido por Sanchez-Júnior & Malerbo Souza (2004), sendo  $29,45 \pm 3,45$  para a polinização livre e  $20,65 \pm 4,75$  para a autopolinização espontânea.

Em relação aos experimentos realizados em Patos, as características das fibras nos diferentes tratamentos, e a comparação de fibras brancas e coloridas, estão resumidas na **Tabela 14**.

Segundo Braga (comunicação pessoal, responsável pelas análises na EMBRAPA) a variedade de algodão branco apresenta ótimas condições para serem comercializadas quando seu percentual de fibras é superior a 40%, já para a colorida, esse valor é apenas 36%. Tanto para a variedade colorida, como para a variedade branca, o percentual de fibras foi superior para o tratamento de autopolinização espontânea, sendo de 38,5% e 43,8%, respectivamente. Em estudos onde foram testados diferentes métodos de autopolinização espontânea, realizados por Penna *et al.* (1991), foi encontrada uma média de 44,1% de fibras para variedade branca. Para os demais parâmetros, não foram analisados os dados de autopolinização espontânea da variedade branca, devido à insuficiência de amostras.

De acordo com Roch (1976), as fibras do algodoeiro são muito uniformes quando apresentam valores acima de 51%, logo, para todos os tratamentos houve a uniformidade apropriada. Já para a resistência (Str - g/tex), o mesmo autor classifica como excelente quanto essa é superior a 25, no caso da variedade branca, o que demonstra que tanto para polinização livre como para cruzada + livre demonstraram bons resultados. O alongamento, considerado como frágil quando inferior a 7, e médio quando apresenta-se entre 7 e 8, foi frágil para os testes realizado no variedade branca, e médio nos realizados na variedade colorida, em todos tratamentos.

O índice de micronarie (complexo de fineza e maturidade) foi superior para a variedade colorida nos testes de polinização livre e autopolinização espontânea (4,6) e menor na variedade branca, sendo de 4,2 para a polinização livre e 4,0 para polinização cruzada. De acordo com dados de USDA (1963, citado em Roch 1976), o índice de micronaire é considerado como médio para valores entre 4,0 e 4,4 e alto ou nobre, entre 4,5 e 5,0.

Com relação à taxa de germinação das sementes de algodoeiro, foi utilizado o seguinte procedimento: esterilização no UV (fluxo) de quatro placas de Petri (uma para cada tratamento do sistema reprodutivo), com seis folhas de papel de filtro cada, durante 20 min. Logo após, em cada placa, marcada com o respectivo tratamento, foram colocadas as sementes sobre três folhas de papel de filtro. Em seguida, as sementes e o papel foram umedecidos com água destilada, e depois cobertos com outras folhas, também umedecidas. As quatro placas foram colocadas num germinador a 30°C e fotoperíodo de 12 horas com luz branca. As leituras foram feitas com 24 e 48h. Após a germinação, as sementes foram fotografadas e descartadas.

**Tabela 13** - Resultados das propriedades da fibra do algodão, obtidos em quatro tratamentos: Autopolinização espontânea, Autopolinização manual, Polinização cruzada manual e Polinização livre. 2º experimento realizado em Missão Velha – CE, entre abril e julho de 2005. CV – Coeficiente de Variação (%). \* diferença significativa (Kruskal Wallis H= 8,766; P=0,0326; entre Autopolinização espontânea e Polinização cruzada manual P=0,0035).

Propriedades das Fibras	Tratamentos											
	Auto espontânea	Desvio Padrão	CV (%)	Auto manual	Desvio Padrão	CV (%)	Cruzada manual	Desvio Padrão	CV (%)	Livre	Desvio Padrão	CV (%)
Comprimento 2,5% (mm)	29,7	0,6	2,1	30,1	0,7	2,2	29,4	0,5	1,6	29,2	0,5	1,7
Maturidade (%)	87,0	0,0	0,0	87,0	1,7	2,0	86,8	0,8	0,9	87,5	0,7	0,8
Resistência (g.Tex <sup>-1</sup> )	27,7	2,0	7,1	30,1	3,2	10,9	27,4	2,6	9,3	27,6	1,5	5,4
Índice de fibras curtas	3,5	0,2	6,1	3,7	0,2	5,6	4,7	1,2	26,2	3,5	0,4	10,2
Alongamento à ruptura (%)	9,2	0,6	7,0	8,9	0,4	5,0	9,0	0,6	6,4	8,9	1,2	13,6
Reflectância (%)	76,9	1,1	1,4	78,5	1,8	2,3	77,2	1,0	1,3	79,0	0,9	1,2
Índice micronaire	4,1	0,1	1,7	3,9	0,7	17,2	3,8	0,4	9,1	4,2	0,1	1,7
Uniformidade de comprimento(%)	85,0	0,8	0,9	83,8	0,4	0,5	82,9	1,4	1,7	84,1	0,1	0,1
Ind. de amarelecimento (%)	9,4	0,3	3,0	9,0	0,3	3,7	9,5	0,4	4,6	9,3	0,2	2,3
Fiabilidade	2226,5	59,9	2,7	2260,9	142,6	6,3	2226,9	64,2	2,9	2225,4	11,7	0,5
Peso caroço/fruto (g)	4,3	2,3	52,3	4,5	0,9	21,2	5,2	1,0	19,7	4,8	0,4	7,8
Peso da pluma/fruto (g)	1,6	0,8	50,2	1,7	0,4	21,0	1,9	0,4	21,8	1,8	0,3	15,0
Peso das sementes/fruto (g)	2,8	1,5	53,5	2,8	0,6	21,5	3,4	0,6	18,9	3,0	0,1	3,5
Peso médio/semente (g)	0,135	0,074	54,710	0,121	0,016	12,901	0,121	0,014	11,507	0,138	0,018	13,265
Número de sementes/fruto	20,5*	0,3	1,4	22,7*	2,5	11,2	28,0*	4,4	15,7	21,9*	2,1	9,8

Neste experimento, a amostra de cada tratamento foi subdividida em 4 sub-amostras (Autopolinização manual e Polinização manual cruzada) e 2 sub-amostras (Polinização Livre e Autopolinização espontânea) para a obtenção de réplicas para efeito de realização de testes estatísticos.

Para medir a porcentagem de umidade das sementes, foram utilizados lotes com 100 sementes de cada tratamento em placas de Petri, pesadas em balança Marte até 500g. Após a pesagem, as sementes foram colocadas numa estufa a 105 °C por 24h. No dia seguinte, as sementes foram novamente pesadas e a umidade calculada através da diferença de peso.

**Tabela 14.** Características físicas da fibra do algodoeiro das variedades branca e colorida, produzidas em experimento realizado em Patos, determinadas pelo teste de HVI. Devido ao pequeno número de frutos obtido, cada valor corresponde a somente uma amostra.

Tratamentos	Fibras (%)	Área	Cnt	UHM	UNF	SFI	Str	Elg	Mic	Mat
PL-C	34,5	1,7	1	25,0	75,0	5,5	23,1	7,1	4,6	89
APE-C	38,5	1,4	2	24,6	78,9	6,1	24,6	7,3	4,6	89
PC+L-C	35,7	1,3	3	24,1	79,0	7,0	20,9	7,5	4,3	88
PL-B	37,5	1,4	2	29,3	82,2	6,6	28,1	6,1	4,2	89
APE-B	43,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC+L-B	38,5	1,4	2	29,8	84,1	3,3	30,6	5,9	4,0	89
Média	38,0	1,4	2	26,3	78,8	6,4	25,3	7,2	4,3	89
C.V%	8,7	11,1	37,7	7,3	3,2	24,1	11,1	10,8	5,7	0,8

PL = polinização livre; APE = autopolinização espontânea; PC+L = polinização cruzada + livre; C = variedade colorida; B = variedade branca. Quantidade de fibras (%), percentual da amostra representado por impurezas (Área - %), quantidade de partículas interpretadas como impureza (Cnt), comprimento da fibra (UHM - mm), uniformidade da fibra (UNF - %), índice de fibras curtas (SFI), resistência (Str - g/tex), alongamento a ruptura (Elg - %), índice de micronaire (Mic) e Maturidade (Mat - %).

Os resultados do teor de umidade e dos testes de germinação das sementes obtidos não apresentaram diferença entre os tratamentos (**Tabela 15**).

**Tabela 15.** Resultados dos testes de germinação (Barbalha, CE) e umidade das sementes (Barbalha e Missão Velha, CE) de algodoeiro. Tratamentos: polinização cruzada manual, autopolinização espontânea, autopolinização manual e controle (polinização livre).

TEOR DE UMIDADE (%)			GERMINAÇÃO		
			Barbalha		
Tratamentos	Barbalha	Missão Velha	No. total de sementes	No. de sementes germinadas	%
Cruzada manual	17,4	20,9	127	120	94
Autopol. espontânea	18,1	22,2	97	93	96
Autopol. manual	17,4	22,9	99	96	97
Polinização livre	18,9	23,1	98	92	94

#### 4. Considerações Finais

Segundo Ivanova-Petroskavan (1956, *apud* McGregor 1976), espécies outras que não a *A. mellifera* são mais eficientes na polinização do algodoeiro quando presentes em grandes quantidades, porque coletam alimento somente dentro da flor, sempre tendo a chance de contatar as estruturas reprodutivas e efetuar a polinização, enquanto a *A. mellifera* visita frequentemente os nectários extraflorais do algodoeiro, contribuindo pouco para a polinização. Neste trabalho, foi observado que *A. mellifera* apresentou poucas vezes esse comportamento, na maioria das vezes entrando nas flores para coleta de néctar, o que deve estar associado às variedades de algodão estudadas. Em Barbalha, foi observada grande quantidade de *A. mellifera* visitando nectários extraflorais em um outro cultivar ainda em fase de melhoramento. Além disso, em Patos, em alguns dias de observação, foi registrada uma grande frequência de *A. mellifera* em cochonilhas que atacavam intensamente algumas plantas de algodoeiro.

Foram constatadas como espécies de abelhas visitantes do algodoeiro, além de *A. mellifera*, *Ancyloscelis apiformis* (Fabricius), *Augochlora esox*, *A. thalia*, *Ceratina paraguayensis*, *Diadasina paraensis*, *Dialictus opacus*, *Melitoma segmentaria*, *Melitomella grisescens*, *Ptilothrix plumata*, *Xylocopa frontalis* e *X. grisescens*. As *A. mellifera* foram muito abundantes e as outras espécies foram observadas esporadicamente e sempre com poucos indivíduos.

Há várias espécies de abelhas solitárias que visitam flores de algodoeiro, sendo *Diadasina paraensis* relatada aqui pela primeira vez. Não foram realizadas observações sistemáticas sobre essas abelhas nativas devido à sua baixa frequência nas flores, mas diferentemente de *A. mellifera*, várias devem realizar ativamente coleta de pólen e contatar o estigma efetuando a polinização, por exemplo, as espécies de Emphorini: *Ptilothrix*, *Melitoma*, *Melitomella* e *Diadasina*. No presente trabalho, foi observado que *P. plumata*, uma espécie considerada oligolética em malváceas (Schlindwein & Martins 2000), coleta ativamente pólen em flores do algodoeiro e aparentemente contata o estigma mais frequentemente a cada visita do que a *A. mellifera*.

Caso alguma dessas espécies seja a polinizadora mais eficiente do algodoeiro, especialmente em termos de polinização cruzada, cabe a questão: há alguma possível contribuição efetiva em termos de quantidade e/ou qualidade na produção do algodoeiro? Não foram encontrados plantios com maior abundância dessas abelhas para verificar o seu papel no sucesso reprodutivo e produção do algodoeiro, mas os resultados pouco conclusivos para os experimentos de polinização cruzada manual permitem sugerir, *a priori*, que não se deve esperar uma diferença significativa. Pelo menos, no caso dos cultivares mantidos pela EMBRAPA por meio de elevado grau de endogamia.

Apenas 3% das operárias de *A. mellifera* observadas nas flores do algodoeiro coletaram pólen ativamente e, frequentemente, as abelhas coletando néctar se limpavam, jogando fora o pólen grudado no corpo. Sanchez-Junior & Malerbo-Souza (2004) observaram que apenas 4,4% das visitas de *A. mellifera* foram efetuadas para coleta de pólen. Estes autores encontraram também *Diabrotica speciosa* (Germar) como um visitante frequente nas flores para coleta de néctar em Ribeirão Preto, da mesma forma como foi constatado em Barbalha. O comportamento de *A. mellifera* de entrar na flor do algodão para coleta nos nectários florais foi caracterizado por Sanchez-Junior & Malerbo-Souza (2004) como eficiente em possibilitar a polinização da cultura. Contudo, nossas observações revelaram que em apenas 6% das visitas as *A. mellifera* contatavam os estigmas, sugerindo que sua ação como polinizador depende da alta abundância de indivíduos nas flores.

Nos plantios estudados, a frequência de *A. mellifera* nas flores foi muito alta, especialmente nas amostras do período seco em Patos. Desse modo, mesmo com uma baixa frequência de contato com os estigmas das flores, da ordem de 6%, foi observado um incremento na frutificação em flores sob polinização livre, quando comparado a flores isoladas (autopolinização espontânea) e mesmo às submetidas à polinização cruzada. No entanto, em plantios comerciais, com floração no período chuvoso, e especialmente nas grandes plantações, é provável que a abundância natural de *A. mellifera* nas flores seja muito menor, reduzindo o seu valor como polinizador.

Além disso, os resultados dos experimentos de manipulação de polinização não resultaram em fortes evidências, para as variedades utilizadas, de que possa haver uma contribuição efetiva em termos de incremento de produtividade ou aumento na qualidade do produto.

A renovação das sementes das variedades comerciais e em estudo, mantidas pela EMBRAPA Algodão, é feita por meio de autopolinização forçada, através da amarração de botões florais. Desse modo, nos plantios estudados deve haver um elevado grau de homozigose e, conseqüentemente, de homogeneidade genética entre os pés, resultando que a polinização cruzada dentro da plantação não seja muito diferente, em termos genéticos, da autopolinização.

Para essas variedades da cultura, a atividade da *A. mellifera*, a única abelha frequente, não resultou em diferença clara no sucesso de produção de frutos, nem na qualidade das fibras ou das sementes produzidas. Apenas os frutos produzidos por meio de polinização cruzada manual apresentaram significativamente mais sementes do que os produzidos em flores isoladas (autopolinização espontânea). Resultado semelhante foi observado por Sanchez-Junior & Malerbo-Souza (2004), devendo assim ser objeto de novas investigações, utilizando-se maior quantidade de réplicas e condições experimentais.

É necessário ampliar a análise da possível contribuição da fauna autóctone de visitantes florais na cultura do algodoeiro, incluindo as várias regiões, sistemas de cultivo e variedades utilizadas para plantio. No caso da região semiárida do Nordeste é preciso realizar pesquisas em plantios de sequeiro que florescem durante a época de maior ocorrência de espécies de abelhas solitárias em atividade e também de recursos florais alternativos (Zanella & Martins 2003). Enquanto essas questões não forem respondidas é prematuro delinear estratégias de manejo de possíveis agentes polinizadores do algodoeiro.

## 5. Agradecimentos

Agradecemos a EMBRAPA-Algodão em Campina Grande, Patos e Barbalha, e todo pessoal de suporte, pelo apoio logístico e permissão de trabalhar nas plantações. Aos Doutores Francisco S. Ramalho e Paulo Barroso (EMBRAPA-CNPA) e aos participantes do subprojeto Deise Caroline Nunes de Melo, Maria Luiza de Melo Cruz, Monique Silva Ximenes, Alysson Kennedy Pereira de Souza e Luciana de Aguiar Silva, pelo apoio, e Polyhanna R. G. Santos e Marccus V. Alves pela identificação de plantas. Ao Dr. José Antonio Novaes da Silva pelo apoio nos procedimentos para verificar a taxa de germinação e a umidade das sementes. Agradecemos ao PROBIO, BIRD/GEF, MMA, e CNPq pelo apoio financeiro.

## 6. Referências Bibliográficas

BARROSO, P.A.V. & FREIRE, E.C. 2003. Fluxo gênico em algodão no Brasil. In Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas – o algodão resistente a inseto como estudo de caso (C.S.S, Pires, E.M.G. Fontes & E.R. Sujii, eds.). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.163-193.

CARVALHO, L.H. & CHIAVEGATO, E.J. 1999. A cultura do algodão no Brasil: fatores que afetam a produtividade In Cultura do Algodoeiro (E. Cia, E.C. Freire, & W.J. Santos, eds.). Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.1-8.

CRUDEN, R.W. 1977. Pollen-ovules ratios: a conservation indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31:32-46.

ERISMANN, N.M., GONDIM-TOMAZ, R.M.A., SABINO, N.P., KONDO, J.I. & AZZINI, A. 1998. Determinação do número e do ângulo de convolução da fibra de algodão e sua relação com propriedades tecnológicas da fibra e do fio. *Bragantia* 57:279-283.

FREE, J.B. 1970. *Insect pollination of crops*. Academic. London.

FREIRE, E.C., FREITAS, F.J. C. & AGUIAR, P.H. 1999. Algodão de alta tecnologia no Cerrado. In Cultura do Algodoeiro. (E. Cia, E.C. Freire, & W.J. Santos, eds.). Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.181-198.

FUZATO, M. G. 1999. Melhoramento genético do algodoeiro. In Cultura do Algodoeiro. (E. Cia, E.C. Freire, & W.J. Santos, eds.). Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.15-34.

GOTTSBERGER, G. 1972. Blütenbiologische Beobachtungen an brasilianischen Malvaceen. II. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 120:439-509.

IBGE. 2006. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil/Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v.17, supl. p.1-14, Rio de Janeiro.

KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. 1993. *Techniques for pollination biologists*. Niwot: University Press of Colorado.

MARTINS, C.F.; ZANELLA, F.C.V.; MELO, R.R.; & CAMAROTTI, M.F. 2008. Visitantes Florais e Polinização do Algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Semiárido Nordeste. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*. 12: 107-117.

MCGREGOR, S.E. 1976. *Insect pollination of cultivated plants*. Agriculture Handbook N° 496. Washington, D.C., United States Department of Agriculture.

MOFFETT, J.O. 1983. Hybrid cotton. In *Handbook of Experimental Pollination Biology*. (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). New York: Van Nostrand Reinhold, p.508-514.

MOREIRA, J.A.N., BELTRÃO, N.E.M., FREITAS, E.C., NOVAES FILHO, M.B., SANTOS, R.F. & AMORIN NETO, M.S. 1997. Decadência do algodoeiro mocó e medidas para o seu soerguimento no nordeste brasileiro. EMBRAPA, CNPA. Documentos, v.43, p.1-20

PENNA, J.C.V., MIRANDA, A.R. & SANTOS, E.O. 1991. Controle artificial de polinização em algodoeiro. Revista Agropecuária Brasileira 3:347-352.

PIRES, C.S.S, FONTES, E.M.G. & SUJII, E.R. 2003. Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas – o algodão resistente a inseto como estudo de caso. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

PIRES, C.S.S., PEREIRA, F.F.O., PINHEIRO, E.M.L., PORTILHO, T., SUJII, E.R., SCHMIDT, F.G.V., FARIA, M.R., FRIZZAS, M.R., SILVEIRA, F.A. & FONTES, E.M.G. 2004. Inventário de abelhas visitantes das flores de *Gossypium hirsutum* no Distrito Federal. Resumos do Congresso Brasileiro de Zoologia, p.568.

ROCH, J. 1976. Manuel de Technologie Cotonniere. Dês analyses de fibre au laboratoire. IRCT, Bouake, Cote D'Ivory, p.1-80.

ROUBIK, D.W. 1995. Pollination of Cultivated Plants in the Tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Agricultural Services Bulletin, v.118, p.1-196.

SANCHEZ-JUNIOR, J.L.B. & MALERBO-SOUZA, D.T. 2004. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. Acta Scientiarum Agronomy 26:461-465.

SCHLINDWEIN, C. & MARTINS, C.F. 2000. Competition between the oligolectic bee *Ptilothrix plumata* (Anthophoridae) and the flower beetle *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae) for floral resources of *Pavonia cancellata* (Malvaceae). Plant Systematics and Evolution 224:183-194.

SEAGRI-BA. 2004. <http://www.bahia.ba.gov.br/> (Acesso em 09 mar 2005).

SILVEIRA, F.A. 2003. As abelhas e o algodão Bt no Brasil - uma avaliação preliminar. In Impacto Ecológico de Plantas Geneticamente Modificadas - O Algodão Resistente a Insetos como Estudo de Caso (C.S.S. Pires, E.M.G. Fontes & E.R. Sujii, eds.). 1ª ed. Brasília: EMBRAPA, p.195-215.

ZANELLA, F.C.V. & MARTINS, C.F. 2003. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In Ecologia e conservação da Caatinga (I.R. Leal, M. Tabarelli, & J.M.C. Silva, eds.). Recife, Ed. Universitária da UFPE, p.75-134.



### Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná

Gabriel Augusto Rodrigues Melo<sup>1</sup>; Isabela Galarda Varassin<sup>1</sup>; Ana Odete Santos Vieira<sup>2</sup>; Ayres de Oliveira Menezes Júnior<sup>2</sup>; Peter Lowenberg Neto<sup>1</sup>; Dayane Fabrício Bressan<sup>2</sup>; Paula Maria Elbl<sup>1</sup>; Priscila Ambrósio Moreira<sup>1</sup>; Patrícia Carla de Oliveira<sup>2</sup>; Mireille Maria Franco Zanon<sup>3</sup>; Humberto Godoy Androcioli<sup>2</sup>; Brunna Maria Setti Ximenes<sup>3</sup>; Daphne Spier Moreira Alves<sup>2</sup>; Natália Simões Cervigne<sup>2</sup>; Julia Prado<sup>1</sup>; André Keiti Ide<sup>2</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

##### 1.1 - Ocorrência, importância e características do cultivo

Passifloraceae é uma família de ampla distribuição nas regiões tropicais, com quatro gêneros na América tropical, *Passiflora*, *Dilkea*, *Ancistrothyrsus* e *Mitostemma*. O gênero *Passiflora* é o mais diverso da família, com mais de 500 espécies conhecidas. *Passiflora* é o gênero mais rico de Passifloraceae, com 118 espécies descritas no Brasil. Análises filogenéticas evidenciam três grandes clados dentro do gênero, sendo eles *Astrophea*, *Decaloba* e *Passiflora* (Muschner *et al.* 2003). A maioria das espécies cultivadas de maracujá pertence a este último clado, também caracterizado por possuir as maiores flores (Muschner *et al.* 2003).

Diferentes espécies de *Passiflora* são conhecidas popularmente como maracujás e apresentam grande valor comercial por seus frutos comestíveis e por seu uso medicinal. *Passiflora edulis* Sims., popularmente conhecida como maracujá-amarelo ou maracujá azedo, é, sem dúvida, a espécie mais importante cultivada no Brasil dada a aceitação comercial dos seus frutos.

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, com uma área total plantada de mais de 35 mil hectares e quase 500 mil toneladas de frutos produzidos anualmente (IBGE 2004). As regiões Nordeste e Sudeste respondem por mais de 80% da produção nacional, ao passo que a região Sul ocupa posição marginal, com menos de 4% do total. Praticamente toda a produção nacional está baseada em uma única espécie cultivada, *Passiflora edulis* Sims. Uma segunda espécie, *P. alata* Dryand., é cultivada de maneira incipiente no país, sendo sua produção concentrada nos estados de São Paulo, Santa Catarina e no Distrito Federal (Manica & Oliveira 2005).

A exploração comercial da cultura do maracujá-amarelo tem sido uma importante opção agrícola de diversidade para o pequeno produtor no Paraná. O levantamento da EMATER/PR, no ano de 1999, mostrou uma área plantada de 794 ha, com concentração de plantio principalmente na planície litorânea, norte e no-

1 Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19031, 81531-980, Curitiba, Paraná. garmelo@ufpr.br

2 Universidade Estadual de Londrina, Caixa-Postal: 6001, 86051-970, Londrina, Paraná.

3 Universidade Tuiuti do Paraná, Rua Sydnei A Rangel Santos 238, 82010-330, Curitiba, Paraná.



roeste do Estado. Esta cultura envolve aproximadamente 1.300 produtores com área média por produtor de 1 a 2 ha.

*Passiflora edulis* pode ser cultivado em quase todo o Brasil, pois adapta-se bem aos climas tropical e subtropical. A floração do maracujá-amarelo se inicia nove meses após a sementeira e floresce geralmente durante nove meses no ano (José 1991). Há floração e frutificação o ano todo, nas regiões onde a luminosidade ultrapassa 11 horas ao dia (Lima 1999) e na região Sul a planta não floresce nos meses mais frios e secos: de junho a setembro.

Foram selecionadas duas regiões para os estudos no estado do Paraná, uma região em Morretes e uma no Norte do Paraná. A região de Morretes, que está situada na encosta da Serra do Mar, coberta por Floresta Ombrófila Densa (Silva 1989), ou Floresta Atlântica de Encosta. O clima é do tipo Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen. No município de Morretes, cerca de 72 hectares são destinados para o cultivo do maracujá (IBGE 1997). Para a realização do presente trabalho, foram utilizadas áreas onde o cultivo de maracujá estava bem estabelecido e, para *P. edulis*, em que os cultivos apresentassem sistema de sustentação de espaldeira vertical (**Figura 1A**), por possibilitar melhor acesso às flores para a realização dos experimentos e visualização dos visitantes florais. Todos os cultivos de *P. alata* apresentavam sistema de latada ou caramanchão (**Figura 1B**), sendo bastante adequados para este estudo, uma vez que as flores de *P. alata* são pendentes.

No Norte do Paraná foram selecionadas três áreas localizadas no município de Londrina-PR e Ibiporã-PR (Assaí, Ibiporã). Nessa região o clima é do tipo Cfa - subtropical úmido (segundo a classificação de Köppen) com chuvas em todas as estações, po-

**FIGURA 1.** Sistemas de sustentação em cultivo de maracujá. (A) Espaldeira vertical em Morretes (25°29'27"S; 48°51'28"S); (B) Caramanchão ou latada em Morretes (25°32'26.9"S; 48°42'26.9"W).

dendo ocorrer seca no período de inverno e apresentando temperatura média anual em torno de 20,7 °C. A altitude é de 566 metros. Nestas áreas os cultivos eram formados por plantas de um ano de idade, em sistema latada ou em sistema espaldeira vertical. Entre todas as informações coletadas nesta região, estão aqui apresentados os dados de viabilidade polínica e secreção de néctar.

Considerando a descrição morfométrica das populações de *P. alata* cultivadas em Morretes (Melo *et al.* 2005), observa-se que as flores são maiores que a forma não-cultivada estudada por Varassin & Silva (1999) em formações de restinga no Espírito Santo (I. G. Varassin, obs. pess.). Além das diferenças de tamanho, as flores das populações cultivadas em Morretes apresentam quatro nectários peciolares (I. G. Varassin, obs. pess.), enquanto que em formações de restinga no Espírito Santo (Varassin & Silva 1999), as flores apresentam apenas dois nectários peciolares. Estas diferenças morfológicas são típicas das duas variedades de *P. alata*, embora invalidadas taxonomicamente por Cervi (1997) e reduzidas à *P. alata*. As populações encontradas em Morretes são características de *P. alata* var. *latifolia* Mast., tipicamente de florestas de encosta e de tabuleiro segundo Silva & Gallo (1984), enquanto que as populações estudadas por Varassin & Silva (1999) são características de *P. alata* var. *brasiliiana* Mast., que tende a ocorrer em planícies litorâneas (Silva & Gallo 1984).

Assim como há diferenças morfológicas entre as duas populações acima referidas, o período de antese também foi distinto. Na região de Morretes, a antese ocorre mais tarde, entre 6h00 e 18h00, enquanto que em formações de restinga no Espírito Santo (Varassin & Silva 1999), a antese ocorre entre 4h30 e 14h30. Respostas distintas do padrão de antese podem ser atribuídas a diferenças climáticas, mas neste caso, é possível que sejam diferenças próprias das variedades.

Durante a antese, em ambas as espécies, *P. alata* e *P. edulis*, há movimentação das peças florais. O deslocamento das estruturas reprodutivas é característico do gênero *Passiflora* (Endress 1994) e já foi descrito para as duas espécies de maracujá (Akamine & Girolami 1959, Sazima & Sazima 1989, Koschnitzke & Sazima 1997, Varassin & Silva 1999). A movimentação diferencial dos filetes e estiletes confere às flores uma dicogamia funcional (Endress 1994, Varassin *et al.* 2001). A protandria, neste caso, favoreceria a polinização cruzada por impedir que os grãos de pólen retirados da flor em início da antese sejam imediatamente depositados sobre seus estigmas (Janzen 1968, Sazima & Sazima 1978, Koschnitzke & Sazima 1997, Varassin *et al.* 2001). Há, no entanto, flores que não apresentam curvatura dos estiletes (ver 1.3.3), sendo, nestes casos, funcionalmente masculinas (Gottsberger *et al.* 1988, Varassin *et al.* 2001).

## 1.2 - Pólen e polinização

### 1.2.1 - Influência do número de estigmas polinizados na formação de frutos

Para verificar a influência da polinização de todos os estigmas da flor para formação e desenvolvimento de frutos de forma adequada para comercialização, flores de *P. alata* e *P. edulis*, ensacadas em fase de pré-antese, foram submetidas à polinização cruzada manual, com controle do número de estigmas polinizadas por flor. Assim um lote de flores teve apenas um estigma polinizado, outro lote, dois estigmas e o último lote, três estigmas polinizados. Foram testadas 95 flores de *P. edulis* e 23 flores de *P. alata*. Após a realização da polinização, a formação de frutos foi registrada.

O comprimento e o diâmetro equatorial dos frutos foram medidos após oito semanas. O volume do fruto foi calculado a partir do comprimento e diâmetro, considerando-se o volume de uma esfera. Para *P. alata*, o número de frutos formados após polinização de um ( $n = 10$ ) e dois estigmas ( $n = 9$ ), foi comparado por teste-t. Para *P. edulis* este cálculo não foi possível em virtude do grande número de abortos em frutos de flores polinizadas com apenas um ou dois estigmas.

Para estes experimentos, assim como os apresentados a seguir (ver 1.2.2, 1.2.4, 1.3.1 e 1.3.3), foram construídas tabelas de contingência e aplicado o teste G, considerando o nível de significância de 5%. Para cada um deles, foi verificada a premissa de apresentar pelo menos 25% das células com valores superiores a 5. Quando isto não ocorreu, se estabeleceu como premissa que a frequência esperada média devia atingir o valor de 6,0 (Zar 1999). A frequência esperada média foi calculada de acordo com Roscoe & Byars (1971 *apud* Zar 1999).

Em *P. alata* a frutificação apresentou um comportamento parecido com *P. edulis*, sendo a maior taxa de frutificação quando os três estigmas são polinizados ( $\chi^2 = 2,9$ ; GL=2;  $P < 0,05$ ). Foi observado que, quando os três estigmas são polinizados, sempre ocorre 100% de frutificação (**Figura 2A**). O volume dos frutos formados por polinização de dois estigmas foi maior (Volume = 487,4 cm<sup>3</sup>) que os formados por polinização de apenas um (Volume = 409,2 cm<sup>3</sup>) ( $t = 5,01$  GL = 1,17,  $P < 0,05$ ).

Em *P. edulis* foi observado que a quantidade de frutos formados depende do número de estigmas polinizados por flor (um, dois ou três estigmas) ( $\chi^2 = 7,13$ ; GL=2,27;  $P < 0,05$ ), sendo 36% mais alta quando três estigmas são polinizados (**Figura 2B**).

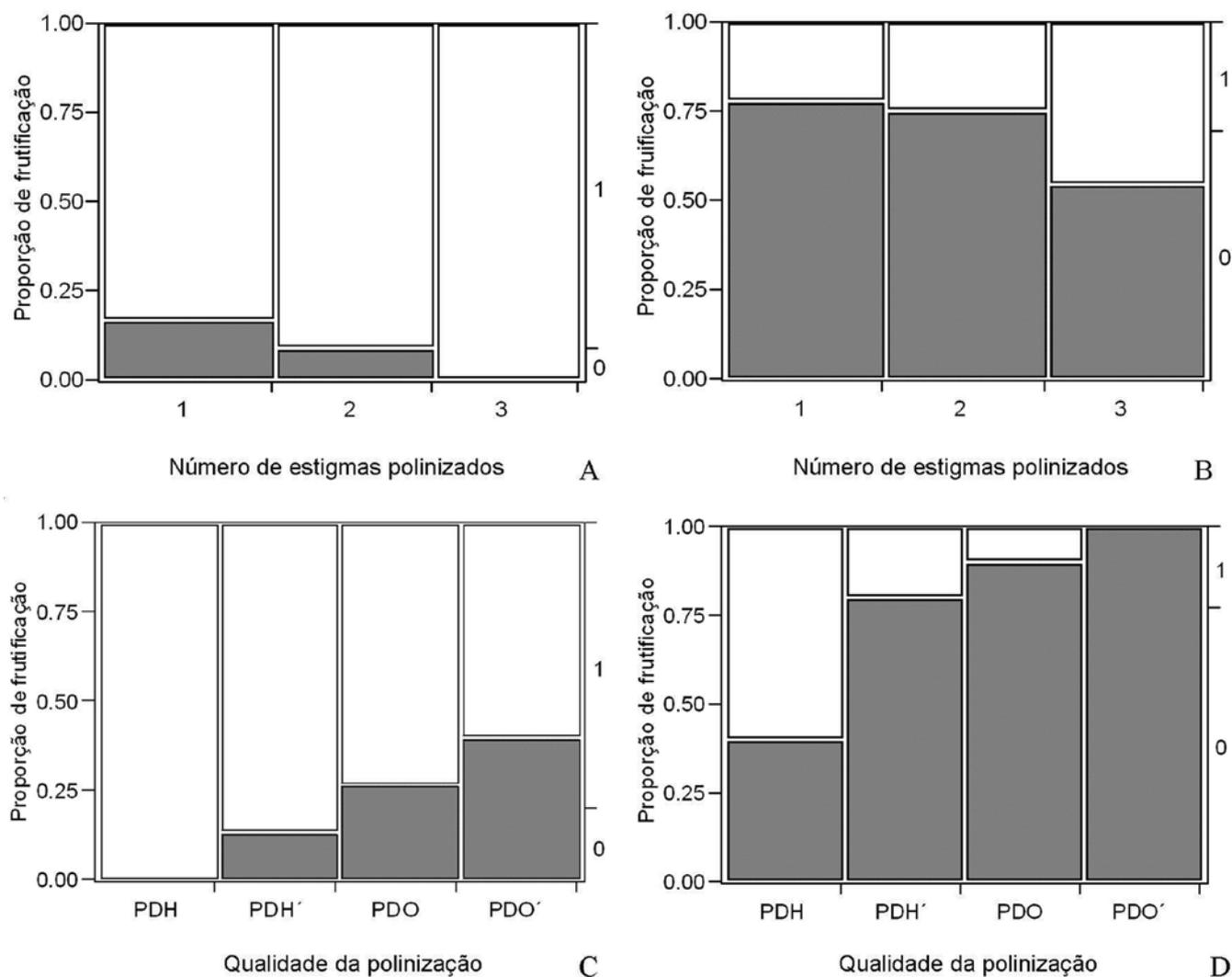
Tanto em *P. alata* como em *P. edulis*, o aumento do número de estigmas polinizados resultou em maior número de frutos formados, distintamente do observado por Akamine & Girolami (1959). É possível que durante as polinizações empregando um a dois estigmas por flor, a deposição de pólen tenha sido inferior à necessária para a formação de frutos (ver 1.2.3).

### 1.2.2 - Viabilidade polínica

Com o objetivo de verificar se grãos de pólen retidos no corpo do polinizador podem ser funcionais em polinizações realizadas no fim da tarde e/ou no dia seguinte, foi testada a viabilidade polínica em experimentos de campo. Para os testes, as flores doadoras de pólen e flores receptoras foram ensacadas em fase de pré-antese.

As flores receptoras foram separadas em quatro grupos de 10 flores: 10 flores polinizadas com pólen de flor do dia anterior, 10 polinizadas com pólen de flor do dia, ambas no início da antese, e 10 flores polinizadas com pólen de flor do dia anterior, 10 polinizadas com pólen de flor do dia, no final do período luminoso, totalizando 40 flores. Considerando os ciclos de antese de cada espécie de maracujá, as polinizações de início de antese em *P. alata* foram feitas no período da manhã às 8h00 e em *P. edulis* por volta das 14h00. As polinizações do terceiro e quarto grupos foram feitas às 18h00, o que corresponde ao final da atividade dos polinizadores. Os resultados foram observados uma a duas semanas depois, considerando o aborto (murcha ou queda) como resultados negativos e o desenvolvimento do ovário (início de formação de fruto), como positivo.

Em *P. alata* o tempo de viabilidade do pólen é maior quando comparada a espécie *P. edulis*, perdendo sua qualidade 10 horas após a antese ( $\chi^2 = 10,69$ ; GL= 3,97;  $P < 0,05$ , **Figura 2C**), enquanto que *P. edulis* perde progressivamente sua viabilidade a partir de 4 horas após a antese ( $\chi^2 = 25,37$ ; GL=3;76;  $P < 0,05$ , **Figura 2D**).



**FIGURA 2.** Proporção de frutificação em flores submetidas à polinização com número variável de estigmas, *P. alata* (A) e *P. edulis* (B) e em flores submetidas a polinizações com pólen de idades diferentes e em horário diferentes em *P. alata* (C) (PDH: pólen do dia às 8h00; PDH': pólen do dia às 18h00; PDO: pólen do dia anterior às 8h00; PDO': pólen do dia anterior às 18h00) e *P. edulis* (D) (PDH: pólen do dia às 14h00; PDH': pólen do dia às 18h00; PDO: pólen do dia anterior às 14h00; PDO': pólen do dia anterior às 18h00). Sendo 1 (em branco) para formação de frutos e 0 (em cinza) para aborto.

Além destes testes, no Norte do Paraná foram realizados ensaios histoquímicos para avaliar a viabilidade polínica. Em laboratório foram extraídas as anteras, das flores do teste anterior, e acondicionadas em recipiente contendo 3:1 de álcool e ácido acético, para posterior avaliação. Para isso, foram preparadas lâminas com material corado com solução de Carmim Acético (Radford *et al.* 1974) para observação em microscópio óptico e contagem do total de grãos de pólen e o número de grãos viáveis desse total (os intensamente corados).

A viabilidade polínica foi semelhante nas duas populações estudadas no Norte do Paraná ( $t=0, 16$ ;  $GL=1,18$ ;  $P > 0,05$ ), sendo o valor médio obtido no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) de 87,37% e em Ibiaporã de 86,46 com valores individuais variando de 34,71 a 98,05% (**Tabela 1**). O ensaio com solução de carmim acético não indica nenhuma queda de viabilidade polínica durante ou após a antese (**Tabela 2**).

**Tabela 1.** Viabilidade do pólen de *Passiflora edulis* (em %) em 10 indivíduos de duas populações do Norte do Paraná, verificada pelo método do Carmim Acético

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
IAPAR	98,05	97,79	96,94	96,86	96,20	94,50	91,79	86,40	68,56	46,59	87,37
Ibiporã	89,19	76,19	95,20	96,75	97,37	89,95	96,86	91,30	97,03	34,71	86,46

A viabilidade polínica permanece alta em geral, com valores próximos aos encontrados por Souza *et al.* (2002a). No entanto, há diferenças individuais, com alguns indivíduos com baixa viabilidade relativa. Diferenças de qualidade em doadores de pólen foram relatadas por Akamine & Girolami (1959) com conseqüente redução na fecundidade das plantas que receberam pólen dos indivíduos menos viáveis, como as que podem ter sido observadas em testes de polinização cruzada em Londrina onde, em uma primeira etapa, apresentaram frutificação abaixo do esperado (Melo *et al.* 2005). O uso de corantes que detectam a presença de citoplasma para estimar a viabilidade polínica são mais apropriados para estimar a integridade polínica que propriamente a capacidade de fertilização do pólen (Dafni & Firmage 2000). Assim a baixa viabilidade encontrada para alguns indivíduos de *P. edulis* pode de fato estar associada a problemas de malformação do pólen e refletir características genéticas destes indivíduos como observado em alguns híbridos em *Passiflora* (Souza *et al.* 2002a). No entanto, este teste pode não estar sendo acurado para estimar a redução da fertilidade de pólen em grãos bem formados, pois, apesar de Souza *et al.* (2002a) relatarem, em *P. edulis*, uma queda contínua da viabilidade polínica em ensaios com carmim acético até 24h após o início da antese, a viabilidade permanece alta, em torno de 78%.

**Tabela 2.** Viabilidade do pólen de *Passiflora edulis* avaliada pelo método do carmim acético em uma população do Instituto Agrônomo do Paraná (Londrina, Paraná).

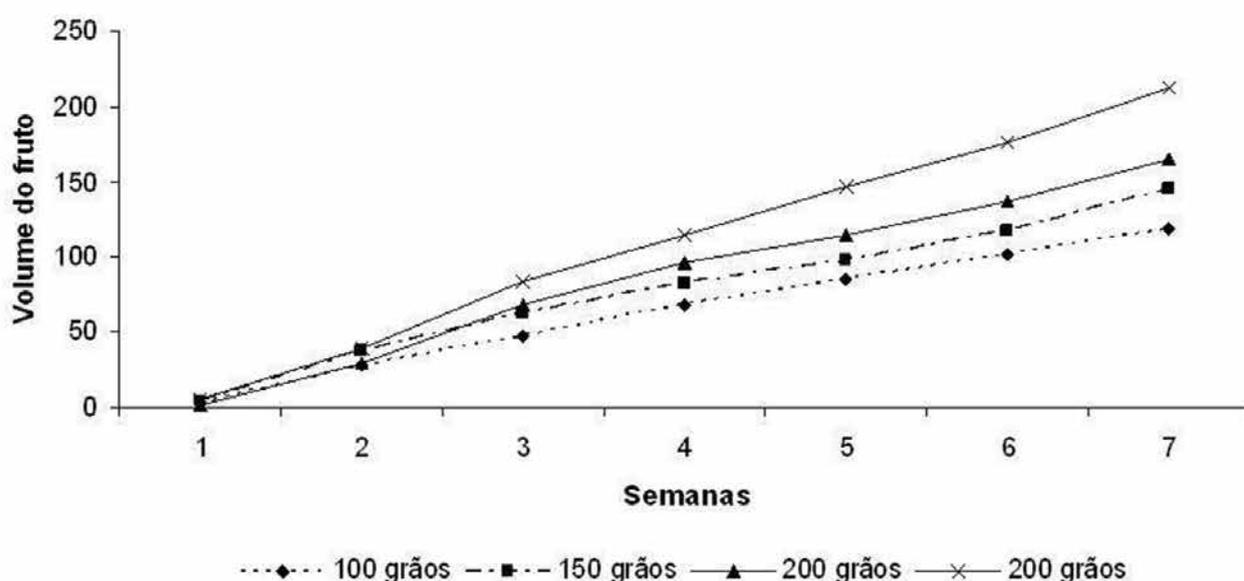
Viabilidade (%)	Pólen do dia da antese				Pólen do dia posterior à antese			
	1	2	3	4	1	2	3	4
vespertina	84,75	87,04	87,08	94,79	89,80	97,43	95,35	95,51
noturna	93,64	95,21	88,70	70,46	-	97,00	95,76	-

Neste sentido, os ensaios *in vivo* são os mais informativos (Dafni & Firmage 2000). Em ambas as espécies, *P. alata* e *P. edulis*, há uma acentuada redução da viabilidade do pólen durante as 48 horas que sucedem o início da antese, sendo que em *P. alata* a redução da viabilidade do pólen é mais lenta. Interessante notar que ensaio semelhante foi usado para estimar a receptividade estigmática de *P. edulis* por Souza *et al.* (2004). No presente estudo, é possível considerar que haja redução da receptividade estigmática durante a antese e que isto tenha interferido na redução de formação de frutos. No entanto, ensaios *in vivo* realizados com grãos de pólen do dia anterior, mas em estigmas em início da antese, mostram a mesma tendência linear de redução de viabilidade polínica.

### 1.2.3 - Quantidade mínima de pólen

Para determinar a quantidade mínima de grãos de pólen necessária para induzir a frutificação em *P. edulis*, 50 flores, ensacadas em fase de pré-antese, foram submetidas à polinizações controladas, assim, as flores foram polinizadas com: 50 grãos de pólen (n=10), 100 grãos de pólen (n=10), 150 grãos de pólen (n=10), 200 grãos de pólen (n=5), 300 grãos de pólen (n=2). O experimento foi acompanhado de flores controle (n = 13).

Das 50 flores polinizadas apenas quatro formaram frutos, sendo que as polinizadas por 50 grãos de pólen abortaram um dia após a polinização. Apenas aquelas flores que receberam 100 (n= 1), 150 (n= 1) e 200 (n= 2) grãos de pólen iniciaram a formação de frutos. O crescimento dos frutos foi consistentemente maior em plantas que receberam mais grãos de pólen (**Figura 3**).



**FIGURA 3.** Crescimento de frutos (n = 4) durante sete semanas de acordo com o número de grãos de pólen depositados pela polinização manual.

O elevado abortamento observado nos ensaios envolvendo número controlado de grãos de pólen pode estar relacionado com um período rápido de chuva, como os que ocorreram durante a execução destes experimentos (Bruckner *et al.* 1995, Ruggiero 1987) ou a um número insuficiente de grãos de pólen (Akamine & Girolami 1959). No entanto, apesar da grande perda de flores sofridas neste ensaio, apenas as flores que receberam maior deposição de pólen, entre 150 e 200 grãos de pólen, formaram frutos maduros. Estudos realizados por Ruggiero (1987) revelaram que para a formação de frutos o maracujá depende de no mínimo 190 grãos de pólen, o que também provavelmente influenciou na forma do fruto como em *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (Cucurbitaceae) (Kremen *et al.* 2002).

### 1.2.4 - Diversidade do pólen

O experimento de diversidade polínica teve o objetivo de verificar a influência do aumento do número de indivíduos doadores de pólen na taxa de frutificação. Os grãos de pólen de 1, 3 ou 10 flores de diferentes indivíduos doadores foram removidos das anteras e misturados em uma lâmina. Sessenta botões foram ensa-

cados em pré-antese. Durante a antese, 20 flores foram polinizadas manualmente com pólen de 10 diferentes indivíduos, 20 flores com pólen de 3 diferentes indivíduos e 20 flores com pólen de apenas um indivíduo. Após uma semana foi verificado o número de frutos em formação.

A taxa de frutificação em *P. alata* não difere se os grãos de pólen forem provenientes de 1, 3 ou 10 indivíduos ( $\chi^2=1,22$ ; GL=2;  $P<0,05$ ), assim como ocorre em *P. edulis* ( $\chi^2=2,15$ ; GL=2,86;  $P>0,05$ ).

Distintamente do esperado, os experimentos sobre o efeito da diversidade polínica sobre a formação de frutos mostram que não houve efeito do número de doadores de pólen. É possível que o sistema *Xylocopa-Passiflora* esteja assim ajustado, considerando que ao visitar uma flor de *P. edulis* ou *P. alata*, a abelha fica com o tórax cheio de pólen da última flor que visitou. Sendo assim, depositaria pólen apenas desta flor no estigma da próxima flor que visitaria. Isto poderia explicar a ocorrência de protandria, que tem sido entendida como um mecanismo que favorece a polinização cruzada (Janzen 1968).

Apesar do número de doadores de pólen—um, três ou 10 indivíduos—não ter influenciado significativamente a formação de frutos em ambas as espécies, percebe-se uma tendência de haver um aumento nas taxas de frutificação com três doadores de pólen, e posterior queda, quando o número de doadores é 10. Como esta tendência foi semelhante em *P. alata* e *P. edulis*, é possível considerar que haja um efeito da condução do experimento, ou seja, é possível que ao usar pólen de 10 doadores, houve maior manipulação deste pólen, maior risco de desidratação, com conseqüente perda da viabilidade. Isto poderia ter levado a uma menor taxa de frutificação em relação aos ensaios onde apenas três doadores foram usados. Por outro lado, a presença de pollenkitt envolvendo os grãos de pólen (ver Souza & Pereira 2000) é um fator importante na proteção contra a desidratação do pólen e, portanto, aumenta sua longevidade (Dafni & Firmage 2000).

### 1.3 - Reprodução

#### 1.3.1 - Investigação dos sistemas reprodutivos

A investigação do sistema reprodutivo tem por objetivo a averiguação da importância dos serviços de polinização, sejam elas realizadas por polinizadores ou manualmente, pelo agricultor. A investigação foi realizada através de polinizações controladas sendo realizados os seguintes testes (Goldenberg & Shepherd 1998): (1) testemunha/controle – flores mantidas em condições naturais; (2) polinização cruzada – flores polinizadas com pólen de outro indivíduo e posteriormente, ensacadas; (3) autopolinização manual – flores polinizadas com pólen proveniente do próprio indivíduo e posteriormente ensacadas (4) autopolinização espontânea – flores apenas ensacadas, não sendo possível o ingresso de pólen de outros indivíduos. À exceção das flores controle, as flores foram ensacadas em pré-antese nos demais testes. No dia posterior ao da antese as flores foram desensacadas e uma semana depois foi verificada a frutificação.

Os resultados dos sistemas reprodutivos sugerem autoincompatibilidade em *P. alata*. A produção de um fruto no teste de autopolinização espontânea provavelmente se originou por contaminação de pólen externo. Apesar de muitas flores não formarem frutos, a quantidade de frutos formados no controle foi semelhante ao produzido por polinização cruzada ( $G = 0,53$ ; GL = 97;  $P > 0,05$ ). Controlando o número de estigmas polinizados por flor, foi observado que a quantidade de frutos formados é igual quando da polinização de um, dois ou três estigmas ( $G = 2,59$ ; GL = 32;  $P > 0,05$ ).

Tanto em *P. alata* quanto em *P. edulis* apenas foram formados frutos nos tratamentos de polinização cruzada e controle aberto, confirmando a sua autoincompatibilidade e necessidade de vetores de pólen (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Número de frutos formados/ número de flores empregadas nos tratamentos de sistema reprodutivo. Entre parênteses a porcentagem (%).

Tratamento	No. de frutos/no. de flores (%)
<i>P. alata</i>	
Autopolinização manual	0/21 (0)
Autopolinização espontânea	1/19 (0,05)
Polinização cruzada	7/16 (43,8)
Controle	44/82 (53,7)
<i>P. edulis</i>	
Autopolinização manual	0/17 (0)
Autopolinização espontânea	0/17 (0)
Polinização cruzada	11/17 (64,7)
Controle	39/75 (52,0)

A constatação de autoincompatibilidade nas duas espécies estudadas corrobora estudos de Varassin & Silva (1999) em *P. alata* e de Bruckner *et al.* (1995), Souza *et al.* (2002b) e Suassuna *et al.* (2003) em *P. edulis*, indicando que, para as populações cultivadas estudadas, há total dependência de vetores de pólen para a formação de frutos.

Em *P. edulis* a polinização manual contribuiu para o incremento na polinização, havendo uma distinção em relação ao método manual usado. O uso da antera doadora diretamente sobre o estigma contribuiu com maior sucesso na frutificação, uma vez que o uso do pincel pode ter causado alguma injúria na superfície estigmática ou ressecamento do grão de pólen durante a transferência prejudicando a germinação. Quanto à polinização livre, os casos de baixa frutificação estão relacionados à escassez de polinizadores e pela chuva no fim da tarde, conforme já detectado em estudos prévios (p. ex. Akamine & Girolami 1959).

### 1.3.2 - Polinização manual

Para testar a eficiência da polinização manual em relação à polinização livre nos cultivos de *P. edulis*, escolheu-se plantas doadoras que estivessem afastadas da planta receptora. A deposição de pólen nos três estigmas da flor foi feito utilizando pincel ou contato direto de uma antera sobre os estigmas. Foram feitas 68 repetições.

Foi observado que a polinização manual contribuiu para o incremento na polinização (**Tabela 4**). Obteve-se mais sucesso quando se encostou a antera doadora diretamente no estigma. O uso do pincel pode ter causado alguma injúria na superfície estigmática ou ressecamento do grão de pólen durante a transferência prejudicando a germinação.

**Tabela 4.** Porcentagem de frutos formados nos tratamentos de polinização manual e controle. Entre parênteses o número de flores empregadas nos tratamentos

Data	Manual	Controle
30/III/05	0 (n=4)	10 (n=4)
6/IV/05	16,7 (n=12)	16,7 (n=12)
15/IV/05	0 (n=10)	0 (n=10)
20/IV/05	33 (n=10)	0 (n=10)
11/V/05	80 (n=10)	0 (n=10)
22/IV/05	54 (n=22)	18 (n=50)

### 1.3.3 - Influência da curvatura dos estiletes

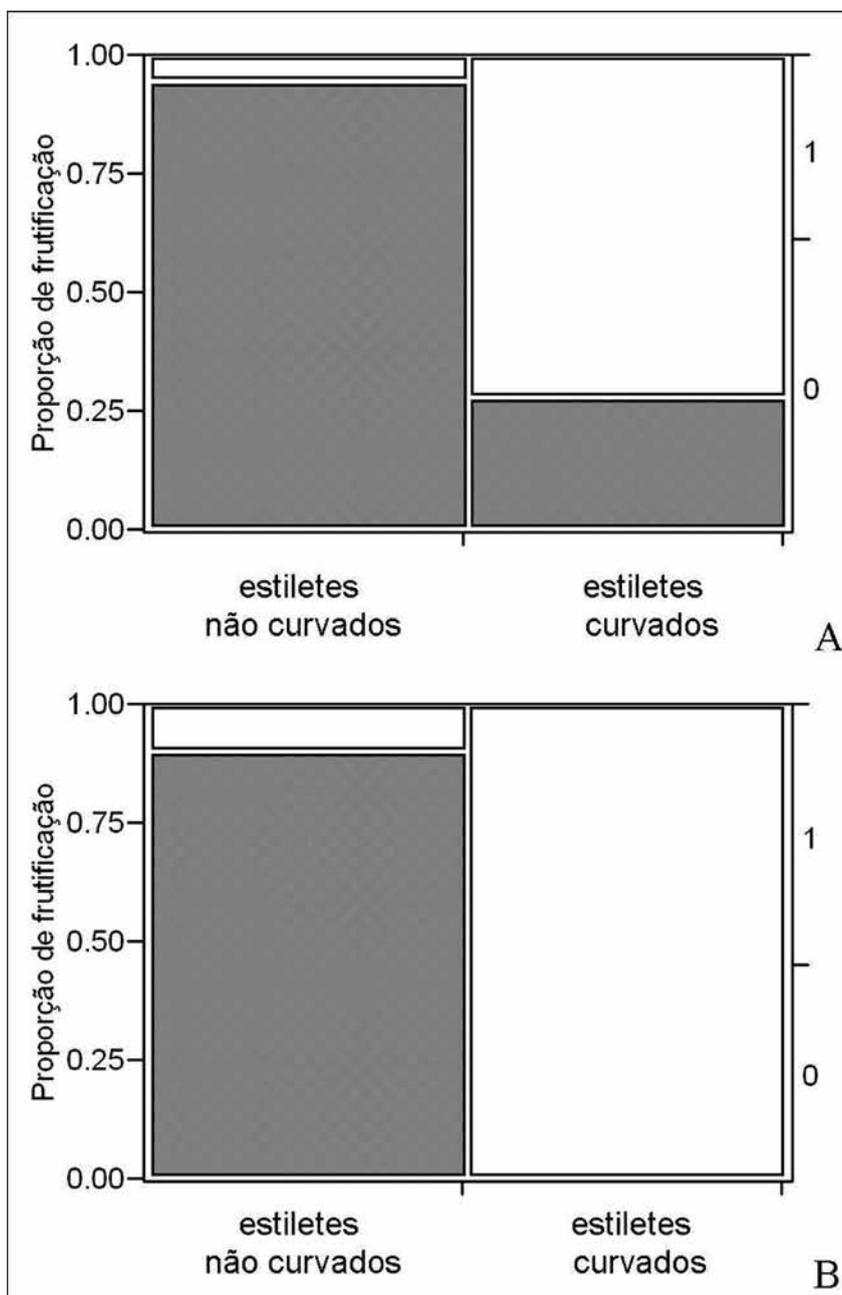
Foram ensacadas 40 flores de *P. alata* e de *P. edulis*, sendo 20 com estiletes não curvados (paralelos ao eixo floral) e 20 com estiletes totalmente curvados (perpendiculares ao eixo floral) (**Figura 4**).



**FIGURA 4.** *Passiflora alata* com flores com os estiletes curvados e não curvados (A); *Passiflora edulis* com flor com estiletes curvados (B) e com estiletes não curvados (C).

A polinização foi realizada 2 horas após o início da antese, momento em que os estiletes já atingiram a curvatura máxima, facilitando a distinção entre as duas categorias de flores. A formação de frutos foi avaliada após uma semana.

Flores com os estiletes não curvados (**Figura 4 A,C**) apresentaram uma taxa de frutificação sensivelmente inferior às flores que apresentaram estiletes totalmente curvados (**Figura 4 A,B**) tanto em *P. alata* ( $\chi^2=42,05$ ; GL= 1;  $P<0,05$ , **Figura 5A**) quanto em *P. edulis* ( $\chi^2=19,11$ ; GL=35;  $P<0,05$ , **Figura 5B**).



**FIGURA 5.** Proporção de frutificação em *Passiflora alata* (A) e *Passiflora edulis* (B). Flores submetidas à polinização cruzada em flores com estiletes não curvados e flores com estiletes curvados (totalmente). Sendo 1 (em branco) para formação de frutos e 0 (em cinza) para aborto.

A presença de flores cujos estiletes não se curvam já foi descrita para várias espécies de *Passiflora* (Akamine & Girolami 1959, Gottsberger *et al.* 1988, Varassin *et al.* 2001). Além do fato destas flores não estarem aptas a receberem deposição de pólen em função da posição onde mantém os estigmas, também não formam frutos, caso ocorra polinização manual (este estudo; Akamine & Girolami 1959). Estas flores são, portanto, funcionalmente masculinas.

Em *P. edulis*, tem sido descrito que flores situadas em nós adjacentes não conseguem manter todos os frutos, uma vez que plantas apresentam uma limitação na alocação de recursos para formação de frutos (Crawley 1997). Neste sentido, sob ponto de vista individual, a presença de flores funcionalmente masculinas reduziria a competição por recursos na reprodução e, em termos populacionais, aumentaria a disponibilidade de grãos de pólen para assegurar a polinização cruzada. Assim, apesar de haver a recomendação de que cultivos comerciais de *P. edulis* atentem para a presença de flores cujos estiletes não se curvam (Ruggiero *et al.* 1975), a presença de uma pequena percentagem destas flores ainda pode ser interessante para a produção de frutos.

## 1.4 - Secreção de néctar

### 1.4.1 - Produção acumulada de néctar

Como a variação da produção de néctar pode afetar a visitação das flores pelos polinizadores (Rathcke 1992), foi medida a disponibilidade horária de néctar. Botões foram ensacados, antes da antese, de modo que não interferissem no microclima da flor e que as abelhas não tivessem acesso ao nectário. A partir do início da antese até o final do dia, foram desensacadas três flores por hora para *P. alata* e cinco flores para *P. edulis* e verificado o volume acumulado de néctar, e as medidas da câmara nectarífera. O néctar foi coletado com capilar e acondicionado em frascos refrigerados e posteriormente congelados em laboratório até análise. Concomitantemente, a temperatura e a umidade relativa do ar foram mensuradas localmente, pois poderiam influenciar o volume e a concentração de néctar (Corbet 1990) e conseqüentemente as taxas de visitação às flores. Em laboratório, foram medidos o volume de néctar, utilizando microseringas Hamilton de 50 e 250  $\mu\text{l}$ , e a quantidade de solutos totais, com refratômetro de bolso.

Em *P. alata* foi observado que tanto o volume quanto a concentração aumentou durante a antese, que ambas foram influenciadas pela temperatura e com o aumento progressivo da temperatura. A umidade relativa do ambiente não influenciou o volume de néctar nem a concentração de néctar.

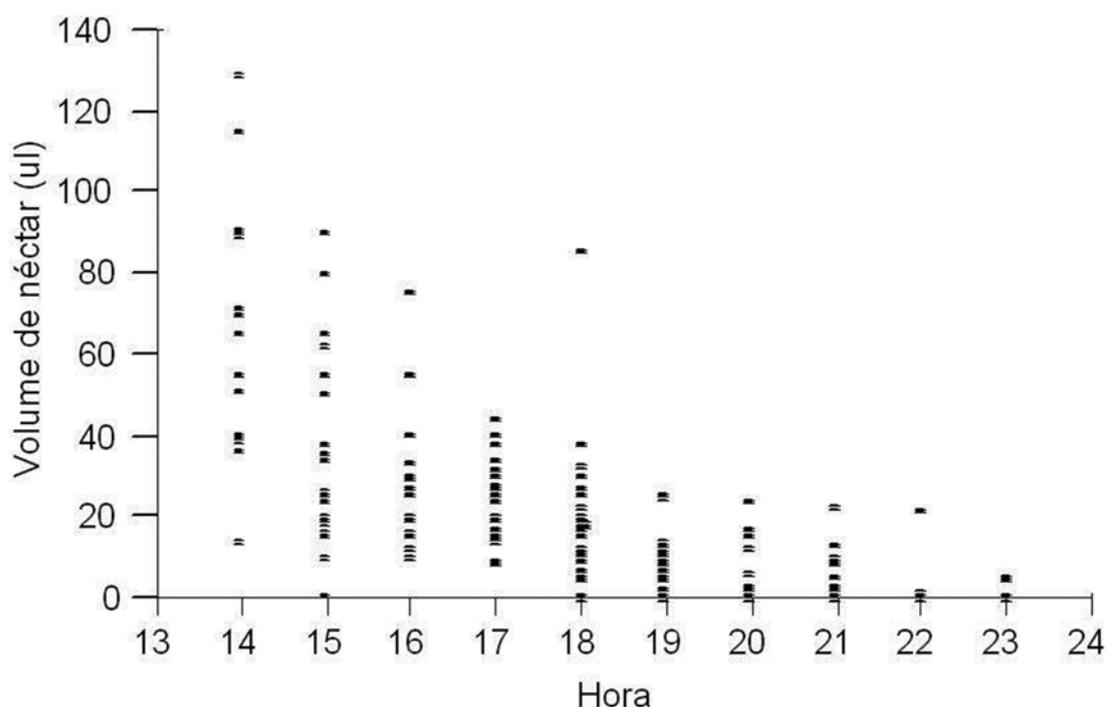
Em *P. edulis* o volume de néctar aumentou até 18h00-18h30, caindo após este período. Nem a temperatura e nem umidade relativa afetaram o volume de néctar. A concentração de néctar foi constante durante a antese sendo mais concentrado nas maiores e menores temperaturas e não foi influenciada pela umidade relativa.

### 1.4.2 - Produção dinâmica de néctar

No Norte do Paraná, foram feitas medidas de produção dinâmica de néctar, ou seja, coletas periódicas de néctar em flores ao longo da antese, de modo que ao final da coleta para cada flor se obtenha o volume total secretado naquele dia. Para tais medidas, flores foram previamente ensacadas, o volume parcial de néctar foi medido, em intervalos de uma hora, utilizando microseringas. O volume total obtido foi acondicionado em frascos, conservados em câmara fria, para a análise da concentração de solutos, feita em laboratório com o uso de refratômetro de bolso. Durante as coletas, e seguindo os mesmos intervalos de tempo, foram registradas a temperatura e a umidade relativa do ar. Para avaliar se flores com câmaras nectaríferas maiores produzem mais néctar, as câmaras das flores foram medidas, e o volume da câmara foi calculado. Para avaliar se a produção de néctar está relacionada ao horário e ao tamanho da câmara nectarífera, foram feitos testes de correlação entre o volume de néctar coletado a cada hora e o horário da coleta, e entre o volume total de néctar produzido e o volume da câmara nectarífera.

Quando consideradas as medidas de secreção dinâmica de néctar, o volume de néctar caiu ao longo da antese ( $r=-0,72$ ,  $GL = 236$ ,  $P < 0,05$ ), sendo que próximo ao final da antese, cerca de 22h00 muitas flores não apresentam néctar (**Figura 6**). O volume de néctar total foi maior em flores com câmara nectarífera maior ( $r=-0,39$ ,  $GL = 100$ ,  $P < 0,05$ ).

O padrão de secreção de néctar na forma cultivada de *P. alata* foi semelhante ao observado em populações que ocorrem em restinga no Espírito Santo (Varassin *et al.* 2001), com produção contínua de néctar ao longo da antese. No entanto, no presente estudo, a concentração também aumentou durante a antese, o que



**FIGURA 6.** Variação da produção dinâmica de néctar de *Passiflora edulis* ao longo da antese no Norte do Paraná.

não havia sido relatado em estudos anteriores. Em *Passiflora*, é comum a produção contínua de néctar durante a antese, o que tem sido associado a uma oferta prolongada de recurso para os polinizadores e conseqüente aumento do fluxo gênico (Heinrich & Raven 1972, Varassin *et al.* 2001).

Em *P. edulis*, tanto nos ensaios considerando volume acumulado de néctar, como na produção dinâmica de néctar, ocorre redução da disponibilidade de néctar. Nos ensaios envolvendo volume acumulado de néctar é possível notar que ocorre reabsorção de néctar ao final da antese, enquanto que nas flores em regime de produção dinâmica, as flores reduzem sua produção ao longo da antese.

Taxas altas de secreção de néctar foram associadas com características estruturais de nectários, como o armazenamento de amido em um parênquima amilífero (Nepi *et al.* 1996). Em *Passiflora*, o armazenamento de amido foi primeiro descrito para *P. biflora* por Durkee *et al.* (1981), e foi observado nas duas espécies em estudo, *P. alata* (Varassin & Silva 1999), *P. edulis* (I.G. Varassin dados não publicados) e outras quatro espécies de *Passiflora* (I.G. Varassin dados não publicados). Este tipo de nectário se distingue de outros onde o néctar é proveniente diretamente do floema (Nepi *et al.* 2001), onde há pouco controle sobre a secreção de néctar. Nas espécies de *Passiflora*, a secreção de néctar está provavelmente associada com a hidrólise de grãos de amido durante a antese ou imediatamente após a antese (Durkee *et al.* 1981), um mecanismo bem descrito em *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae), abóbora (Nepi *et al.* 1996). Em *C. pepo* os amiloplastos são ricos em amilopectina, um tipo de amido que pode ser rapidamente hidrolisado (Nepi *et al.* 1996). Se estas moléculas também estão envolvidas na secreção de néctar de *Passiflora* esta é uma questão que merece estudos posteriores.

A reabsorção de néctar pode ser um mecanismo para economia de energia. A reabsorção do néctar que sobra na flor aumenta os recursos disponíveis para o desenvolvimento de sementes na flor ou em outras flores da planta (Burquez & Corbet 1991). A reabsorção deve ser comum em espécies com secreção abundante de néctar, período curto de antese e fechamento das flores após a antese (Nepi *et al.* 2001), como as flores de *Passiflora*. Em *Passiflora actinia* Hooker, onde a reabsorção também ocorre (A.C. Baggio & I. G. Varassin dados

não-publicados), novo armazenamento de amiloplastos foram observados após a antese, provavelmente do mesmo modo que ocorre em *C. pepo* (Nepi *et al.* 1996) onde os carboidratos são temporariamente estocados no parênquima como amido.

A manutenção de abelhas de maior tamanho e beija-flores na interação com *P. edulis* e *P. alata* é em parte devida à habilidade das flores de *Passiflora* secretarem grande quantidade de néctar. O nectário armazena grande quantidade de grãos de amido e a secreção de néctar é provavelmente associada à hidrólise de amido, durante a antese ou imediatamente antes dela (Durkee *et al.* 1981, Varassin 1996). Desta forma, em *Passiflora* parece haver uma modulação da secreção de néctar ao período de atividade dos polinizadores (Varassin *et al.* 2001).

A ocorrência de beija-flores, em particular os da subfamília Phaethornithinae, e abelhas, em especial as do gênero *Xylocopa*, também pode estar associada à qualidade do néctar, cuja concentração é alta. Abelhas tendem a preferir néctar com concentrações mais elevadas, uma vez que há redução no tempo que empregam para desidratação do néctar antes de ser usado como alimento (Corbet & Willmer 1980, Nicolson 1990). O uso de flores que apresentam néctar mais concentrado por beija-flores da subfamília Phaethornithinae está relacionado a seu modo de forrageio, em rondas alimentares, com seleção de fontes mais ricas de néctar (Feinsinger & Collwell 1978). Além disto, para beija-flores territorialistas, como *Thalurania glaucopis* Gmelin (Trochilidae), ocorreu inclusão dos plantios de *P. alata* dentro de suas áreas de território (I. G. Varassin, obs. pess.).

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Fauna de visitantes

Foram coletados e identificados os visitantes, distinguindo-se polinizadores e pilhadores, observados nas áreas de cultura do maracujazeiro estudadas. As abelhas foram coletadas com rede entomológica, sacrificadas em acetato de etila e montadas em alfinetes entomológicos. A identificação das abelhas foi feita por especialistas e os espécimes depositados na coleção entomológica Pe. Jesus S. Moure (DZUP) no Departamento de Zoologia da UFPR e no Laboratório de Entomologia na Universidade Estadual de Londrina. As abelhas coletadas foram identificadas por especialistas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Para as observações focais em Morretes, um conjunto de duas a quatro flores foi observado a cada 30 minutos durante toda a antese. As flores foram acompanhadas quinzenalmente durante o ano de 2004 para observação das espécies visitantes florais e determinação dos polinizadores. Foi observado o comportamento dos indivíduos na visitação da flor, tempo de permanência na flor e contato com os órgãos reprodutivos da flor e contada a frequência de visitação. A cada 30 minutos a temperatura e umidade relativa do ar foram registradas.

Para os censos em transectos, em Morretes, dois trechos de 50 m dos cultivos comerciais de *P. edulis* e *P. alata* foram selecionados. Cada trecho foi percorrido durante 5 min. Foram feitas quatro repetições, totalizando uma amostragem de 20 min em uma hora. Durante cada censo, foram contados o número de visitantes presentes nas flores e o número de flores em cada transecto. Caso o mesmo indivíduo visitasse mais do que uma flor do trecho, este não foi registrado novamente. No caso de *Apis mellifera* L., foi comum que os indivíduos ficassem ao redor da flor sem pousar. Assim, foram considerados apenas os indivíduos que pousaram nos

estames, nas pétalas ou adentrando na câmara nectarífera. A temperatura e a umidade relativa foram anotadas antes de cada censo. No caso de *P. edulis*, as flores foram marcadas para posterior verificação da taxa de frutificação. Os censos foram realizados semanalmente no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

No norte do Paraná, foram feitas observações focais contínuas em um conjunto de três flores próximas entre si, totalizando 12 dias de observação direta. Para cada flor observada, foram registrados a frequência de visitação das espécies ao longo do período de antese e o comportamento dos indivíduos durante a visitação. As condições climáticas locais (temperatura e umidade relativa do ar) foram anotadas a cada 30min. Os censos em transectos foram realizados entre os meses de janeiro a maio de 2005. Para cada cultivo foram delimitados dois percursos de 50m cada. Os percursos eram percorridos durante 5min, com intervalos de 15min até aproximadamente às 20h00. Antes de percorrer cada percurso eram registradas as condições climáticas, temperatura e umidade relativa do ar e durante o percurso contava-se o número de abelhas observadas visitando as flores. Aproximadamente às 20h00, as flores dos dois percursos eram marcadas com etiquetas para posterior verificação da formação de frutos.

Em Morretes foram identificadas abelhas polinizadoras que apresentam tamanho corporal médio a grande e maior frequência de visitação (**Tabela 5**), polinizadores ocasionais, pouco frequentes ou que entram nas flores, mas nem sempre tocam os órgãos reprodutivos, e pilhadores (**Tabela 5**). Ao longo da florada de *P. edulis* em 2004 (abril e maio), *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier) foi a espécie mais frequente, seguida por *Epicharis (Hoplepicharis) fasciata* Lepeletier & Serville. A maioria das visitas ocorreu logo no início da antese, declinando ao longo da tarde. As visitas de *X. frontalis* foram mais rápidas, permanecendo na flor, em média por 10 segundos, enquanto que *E. fasciata* permaneceu na flor em torno de 25 segundos. A duração das visitas em *P. alata* se estendeu por mais tempo que em *P. edulis*. *Xylocopa frontalis* em *P. edulis* não ficou mais de 15 segundos na flor, mas em *P. alata* pode permanecer até 3 minutos. *Epicharis fasciata* foi o visitante que permaneceu mais tempo na flor, chegando a ficar 27 minutos. Em algumas visitas, *E. fasciata* parava de coletar néctar e permanecia dentro da flor. Foi observado que *X. frontalis* pode repelir *E. fasciata* quando ambas localizam a mesma flor. *Thygater armandoi* possui vôo rápido e sua visita não ultrapassou 1 minuto. Em maio de 2004, *E. fasciata* foi o visitante mais frequente em *P. alata*, presente desde 9h00 até o fim da antese, em torno das 18h00. *Thygater armandoi* teve baixa frequência, apresentou picos de ocorrência em horários mais quentes, de 10h00 às 14h00. Em julho, *T. armandoi* foi bastante frequente desde 9h00 até às 15h00. *Xylocopa frontalis* não foi comum em *P. alata*. Em setembro, mês mais quente, as visitas se iniciaram mais cedo, a partir das 8h00. *Xylocopa frontalis* foi a espécie mais frequente ao longo de toda a antese, seguida por *T. armandoi*. As espécies *X. brasilianorum*, *Centris (Ptilotopus) decipiens*, *C. (Heterocentris) terminata* e *C. (Xanthemisia) bicolor* foram pouco frequentes.

**Tabela 5.** Diversidade de visitantes de *Passiflora alata* e *P. edulis* em Morretes, PR, tamanho relativo e recurso utilizado.

<i>Passiflora edulis</i>		
Visitantes	Tamanho	Recurso
POLINIZADORES		
Apidae		
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	médio	néctar
<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836	médio	néctar
<i>Centris (Ptilotopus) decipiens</i> Moure & Seabra, 1960	grande	néctar

<b><i>Passiflora edulis</i></b>		
<b>Visitantes</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Recurso</b>
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum</i> (Linnaeus, 1767)	grande	néctar
<i>X. (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	grande	néctar
<i>Epicharis (Hoplepicharis) fasciata</i> Lepeletier & Serville, 1828	grande	néctar
POLINIZAM OCASIONALMENTE		
Apidae		
<i>Centris (Heterocentris) terminata</i> Smith, 1874	médio	néctar
<i>C. (Trachina) similis</i> (Fabricius, 1804)	médio	néctar
<i>C. (Xanthemisia) bicolor</i> Lepeletier, 1841	médio	néctar
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	pequeno	pólen/ néctar
<i>Thygater (Thygater) armandoi</i> Urban, 1999	médio	néctar
PILHADORES		
Apidae		
<i>Apis mellifera</i>	pequeno	pólen/ néctar
<i>Ceratina (Crewella) sp.</i>	pequeno	pólen
<i>Pseudaugochlora sp.</i>	pequeno	néctar
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	pequeno	néctar
Trochilidae		
<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)	—	néctar
<i>Rhamphodon naevius</i> (Dumont, 1818)	—	néctar
<b><i>Passiflora edulis</i></b>		
<b>Visitantes</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Recurso</b>
POLINIZADORES		
Apidae		
<i>Bombus morio</i>	médio	néctar
<i>Epicharis fasciata</i>	grande	néctar
<i>Xylocopa frontalis</i>	grande	néctar
<i>Xylocopa brasilianorum</i>	grande	néctar
POLINIZAM OCASIONALMENTE		
Trochilidae		
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)	—	néctar
<i>Thalurania glaucopis</i>	—	néctar

<i>Passiflora edulis</i>		
Visitantes	Tamanho	Recurso
PILHADORES		
Apidae		
<i>Apis mellifera</i>	pequeno	néctar
<i>Trigona spinipes</i>	pequeno	néctar
<i>Partamona helleri</i> (Friese, 1900)	pequeno	néctar
Trochilidae		
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	—	néctar
<i>Rhamphodon naevius</i>	—	néctar
<i>Thalurania glaucopis</i>	—	néctar

Durante os meses de novembro a fevereiro, *X. frontalis* permaneceu como a espécie mais frequente, principalmente logo no início da antese, mas presente ao longo de toda a tarde. A partir de março e abril, apesar de ainda haver abundância de flores, as visitas de *X. frontalis* caíram bruscamente, dando lugar aos indivíduos de *A. mellifera*, muito pouco frequentes até esse período. *Bombus morio*, *E. fasciata*, *Trigona spinipes* e *Partamona helleri* foram espécies pouco frequentes em toda a florada de 2005. A frutificação máxima registrada foi de 80%, referente aos dias com maior abundância de *X. frontalis* nos cultivos, baixando para 8% após o súbito aumento de *A. mellifera*. Durante a noite, não se observou nenhum visitante.

Para *P. alata*, a nova florada foi acompanhada de janeiro a julho de 2005. *Xylocopa frontalis* foi frequente em todos os meses, nos mais quentes ocorreu ao longo de toda a antese e em junho, mês mais frio, as visitas se restringiram das 9h00 às 12h00. No mês de abril de 2005, durante a observação das 6h00 às 7h00, registrou-se alta visitação de *A. mellifera*, *B. morio*, *Bombus brasiliensis*, *E. fasciata* e *Centris similis*. A média de visitação realizada por *X. frontalis* em *P. alata* não foi tão alta quanto em *P. edulis*. Além disso, durante a sobreposição da florada das duas espécies de *Passiflora*, em maio de 2004, os indivíduos de *X. frontalis* foram mais frequentes em *P. edulis* do que em *P. alata*, havendo aparentemente uma preferência de *X. frontalis* por *P. edulis*. A presença de *E. fasciata* em *P. alata* não foi tão marcante quanto na florada de 2004. *Centris similis* foi pouco frequente, ocorrendo nos meses de março e abril, apenas nos horários mais quentes do dia. *Bombus morio* foi mais representativo a partir de março, sendo mais frequente que *X. frontalis*, chegando a quase três visitas por flor em uma hora. *Bombus morio* ocorreu durante toda a manhã até às 16h00, com exceção em junho, quando se restringiu ao horário mais quente (14h00). Os indivíduos de *Apis mellifera* coletaram pólen e néctar em *P. alata*. Para coletar néctar, se adentram na flor e como esta é pendente, mesmo com opérculo do tipo não plicado, algum néctar deve ficar disponível para insetos que não alcançam com a glossa a câmara nectarífera. Ao coletar néctar, entram na flor e vão diretamente ao nectário, assim, acabam não tocando as partes reprodutivas da flor. Quando coletam pólen, visitam várias anteras e percorrem a flor, pendurando-se nos estigmas. Nesse caso, observou-se que os grãos de pólen ficam aderidos nas cerdas na parte ventral do mesossoma, podendo ser transferidos de uma flor para outra. *Apis mellifera* não foi comum na florada de 2004, mas em 2005 esteve presente ao longo de todos os meses, desde as 8h00 até o fim da tarde. Registrou-se aumento na abundância

no mês de junho 2005, apresentando visitação elevada mesmo com a queda de temperatura na região. Ao meio dia, foi possível encontrar anteras totalmente limpas de pólen, pois a coleta foi intensiva nas primeiras horas da manhã. Os testes de sucesso na frutificação feitos em junho em *P. alata*, quando apenas *Apis mellifera* e alguns beija-flores visitaram as flores, mostraram sucesso de 53,06% (n=50).

No norte do Paraná, durante as observações focais realizadas numa área agrícola no município de Assaí, a visitação de mamangavas foi relativamente baixa quando comparada com a de outras áreas. Nas primeiras horas de antese foi verificada a maior incidência de *A. mellifera* e *T. spinipes* pela procura de pólen. No mesmo local, a porcentagem de frutificação foi zero o que pode ser decorrente da quantidade de *A. mellifera*, e *T. spinipes* durante as observações, tanto por redução do número de visitas dos polinizadores, como em função da redução da disponibilidade de pólen. Nos períodos em que *T. spinipes* foi muito frequente nas flores, ou sua atividade de sobrevôo nas plantas intensa, não foram observadas visitas de *Xylocopa* nestas mesmas flores. Na área experimental localizada na região de Londrina, houve maior frequência de visitação de mamangavas comparada com a de outras áreas agrícolas, provavelmente devido à menor ocorrência de *T. spinipes* e *A. mellifera* nas primeiras horas da antese, o que permitiu a visita das mamangavas. Porém nesse mesmo local houve pouquíssimas flores no campo nos dias de observações. Através de observação direta, as mamangavas visitavam várias vezes as mesmas flores das mesmas plantas onde havia a possibilidade do pólen encontrado na abelha ser da mesma planta, o que reduziria a taxa de frutificação. Nos outros cultivos, quase não houve ocorrência de *T. spinipes* e a visitação de *A. mellifera* foi intensa para coleta de pólen. Nas primeiras horas de antese, ocorreu um número máximo de visitas de *A. mellifera*, mas seu comportamento não interferiu nas visitas de mamangavas, devido à quantidade de recurso alimentar presente no dia. Foi observado durante o censo em transectos que o maior número de flores (191) ocorreu em abril (Ibiporã). A maior frequência de visitação foi registrada no IAPAR, e alcançou 47 abelhas/hora/50m. Esta área também apresentou as maiores taxas de frutificação, entre 16-76,6%. *Xylocopa frontalis* e *X. suspecta* foram consideradas as polinizadoras, enquanto *A. mellifera* e *T. spinipes*, algumas vezes em grande número, atuaram apenas como pilhadores de néctar e pólen. Os resultados não indicam uma relação direta entre o número de flores abertas, a frequência de visitação de abelhas e a porcentagem de frutificação obtida.

A diversidade de visitantes florais nas duas espécies cultivadas de maracujá no Paraná, 14 espécies de abelhas e duas de beija-flores em *P. alata* e sete espécies de abelhas e três de beija-flores em *P. edulis*, é comparável com aquela observada em estudos prévios. Camillo (1980), Cobert & Willmer (1980), Sazima & Sazima (1989) e Hoffmann *et al.* (2000) registraram de uma a seis espécies diferentes de abelhas em *P. edulis*, sendo que Corbet & Wilmer (1980) relatam também a presença de três espécies de beija-flores (**Tabelas 5 e 6**). Para *P. alata*, Koschnitzke & Sazima (1997) e Varassin & Silva (1999) observaram, respectivamente, seis e 19 espécies de abelhas visitantes. No segundo estudo, foi detectada também uma espécie de beija-flor. Esses estudos foram conduzidos em plantas crescendo em condições naturais. Os dados do presente projeto representam, portanto, os primeiros obtidos em condições de cultivo. Vê-se que, nas condições de Morretes, a diversidade e composição da fauna de visitantes são muito semelhantes ao observado em condições de restinga no Espírito Santo por Varassin & Silva (1999). Isto pode ser facilmente explicado pela estrutura da paisagem na região de Morretes, em que os cultivos estão entremeados ou são adjacentes a extensas áreas cobertas com floresta secundária.

**Tabela 6.** Visitantes florais já registrados do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*).

VISITANTES FLORAIS	Referências*
<b>Apidae (Hymenoptera)</b>	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum</i>	4
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>	1, 3, 4, 5
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) mordax</i>	2
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i>	3
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>	1, 4, 5
<i>Eulaema nigrita</i>	3
<i>Eulaema cingulata</i>	3
<i>Apis mellifera</i>	3, 4, 5
<i>Bombus morio</i>	4
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	5
<i>Partamona helleri</i>	4
<i>Trigona spinipes</i>	4, 5
<i>Epicharis rustica</i>	5
<i>Epicharis fasciata</i>	4
<b>Trochilidae (Aves)</b>	
<i>Orthorhyncus</i> sp.	2
<i>Eulampis</i> sp.	2
<i>Sericotes</i> sp.	2
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	4
<i>Rhamphodon naevius</i>	4
<i>Thalurania glaucopis</i>	4

\*Referências: 1. Camillo (1980), 2. Corbet & Wilmer (1980), 3. Hoffmann *et al.* (2000),

4. Melo *et al.* (2005), 5. Sazima & Sazima (1989).

Uma explicação para a maior diversidade de visitantes em *P. alata* poderia ser o seu padrão de antese, no qual o período da manhã coincide com flores abertas e com o horário de maior atividade de forrageamento por abelhas. No período da tarde, horário em que inicia a antese de *P. edulis* e em que temperaturas mais elevadas predominam, há uma diminuição na atividade externa das abelhas de uma maneira geral, o que restringiria a fauna de visitantes. Abelhas grandes, como as espécies de *Xylocopa* encontradas em *P. edulis*, apresentam termoregulação e suportam temperaturas mais elevadas (Baird 1986). Além disso, poder-se-ia supor que as abelhas são atraídas de maneira diferente de acordo com a composição das fragrâncias emitidas pelas fímbrias (Silva 1997, Varassin *et al.* 2001). Assim, as fragrâncias de *P. alata* devem atrair abelhas que não são atraídas por *P. edulis*.

Também a composição da fauna de visitantes encontrada no Paraná foi bastante similar àquela de estudos prévios, exceto por pequenas variações devidas a espécies distintas, porém dos mesmos gêneros. Em *P. edulis*, predominam polinizadores pertencentes a espécies dos gêneros *Xylocopa*, *Bombus* e *Epicharis*, ao passo que em *P. alata*, predominam espécies de *Xylocopa* e *Bombus*, da tribo Centridini (*Centris* e *Epicharis*) e da subtribo Euglossina (*Eulaema*). Este último grupo de abelhas, contudo, não foi visto visitando flores de *P. alata* em Morretes. As espécies de polinizadores mais constantes (tanto geográfica quanto temporalmente) em ambas as espécies de maracujá pertencem ao subgênero *Neoxylocopa*. Este é o maior subgênero de *Xylocopa* no Novo Mundo, com cerca de 51 espécies (Hurd 1978). A associação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) parece ser mais estreita com *P. edulis* que com *P. alata*. Esta última espécie claramente atrai uma fauna mais diversificada e parece ser menos atraente a *Xylocopa*. Inclusive, durante a sobreposição da florada das duas espécies de *Passiflora*, em maio de 2004, os indivíduos de *X. frontalis* foram mais frequentes em *P. edulis* do que em *P. alata*, havendo aparentemente uma preferência de *X. frontalis* por *P. edulis*.

Os visitantes encontrados apresentam graus variáveis de sazonalidade. Dois grupos básicos podem ser reconhecidos: (1) espécies presentes durante todo o ano, e (2) espécies sazonais. Pertencem ao primeiro grupo as espécies de *Xylocopa*, *A. mellifera*, *T. spinipes* e os beija-flores, ao passo que as demais se encaixam no segundo grupo. Contudo, mesmo as espécies presentes durante todo o ano exibem variações sazonais na abundância. As variações sazonais na presença dos visitantes podem facilmente ser relacionadas com aspectos do seu ciclo de vida. Espécies sociais, como *A. mellifera* e *T. spinipes*, mantêm grandes colônias perenes, em que novos indivíduos são produzidos durante todo o ano. As espécies de *X.* (*Neoxylocopa*), embora sejam solitárias ou exibam apenas compartilhamento rudimentar de ninhos por dois ou mais adultos, apresentam mais de uma geração por ano (Camillo & Garófalo 1982, Camillo *et al.* 1986). Além disso, os adultos de muitas espécies de *Xylocopa* são relativamente longevos, muitos deles vivendo por mais de um ano (Gerling *et al.* 1989). As espécies de *Centris* e *Epicharis*, em geral, apresentam atividade de nidificação, período em que as fêmeas visitam as flores para forrageamento, em épocas restritas do ano, o que leva a uma sazonalidade acentuada na atividade dos adultos (p. ex. Gaglianone 2003). Isto ficou evidenciado em Morretes, em que a maioria das espécies desses dois gêneros realizou visitas esporádicas às flores de *P. alata* em épocas restritas do ano. Apenas *E. fasciata* apresentou um período mais longo de atividades, estando presente durante praticamente todo o primeiro semestre. Embora sociais, as espécies de *Bombus* exibiram presença sazonal nas flores. Nos meses mais frios, de junho a setembro, período em que apenas *P. alata* apresentou flores, as duas espécies de *Bombus* estiveram praticamente ausentes. Neste período, as operárias já morreram e as fêmeas reprodutivas (rainhas) encontram-se em diapausa. Apenas em setembro é que as rainhas iniciam as atividades externas (Laroca 1974) para a fundação de novas colônias.

As variações na abundância, ao longo do ano e entre anos diferentes, de espécies presentes durante todo o ano, não podem ser explicadas apenas pelo ciclo de vida. *Apis mellifera*, por exemplo, esteve presente em baixa frequência durante 2004 e no início de 2005. A partir de março de 2005, um grande número de operárias passou a visitar as flores tanto de *P. edulis* quanto *P. alata*, comportamento não observado em 2004. Isto talvez possa ser explicado pela precipitação abaixo da média histórica no período de fevereiro a março de 2005. Nestes dois meses, a região recebe mais de 200 mm por mês, ao passo que em 2005, os valores ficaram abaixo de 150 mm. A redução na precipitação pode ter favorecido o crescimento populacional das colônias de *A. mellifera* em toda a região, o que teria levado a um aumento na frequência nas flores das duas espécies de maracujás. Concomitante à maior frequência de *A. mellifera*, foi observada uma redução na taxa de visitação por *X. frontalis* a partir de abril de 2005. Embora utilizando métodos diferentes (avaliação focal em 2004 e

censo em transectos em 2005) e não tendo sido coletados dados previamente a abril, no final da floração de *P. edulis*, em abril e maio de 2004, a taxa de visitação era relativamente alta. A redução observada em 2005 talvez possa ser devido ao aumento na presença de *A. mellifera*. Contudo, são necessários estudos adicionais na região de modo a ter um padrão detalhado da atividade de nidificação em *Xylocopa*. É possível que esta diminuição seja apenas um reflexo na paralisação das atividades de aprovisionamento de novas células de cria. Camillo & Garófalo (1982) e Camillo *et al.* (1986) observaram em três espécies de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*), incluindo *X. frontalis*, a paralisação das atividades de forrageamento e aprovisionamento no período de inverno em Ribeirão Preto, SP.

## 2.2 - Influência das variáveis ambientais sobre a visitação das abelhas

A avaliação do padrão de variação das espécies de visitantes florais em função das variáveis ambientais foi realizada por análise direta de gradientes, com os dados obtidos durante o censo em transectos. Foi construída uma matriz de visitantes florais contendo os avistamentos em flores em cada censo, para todos os intervalos horários. Além desta, foi construída outra matriz contendo as seguintes variáveis ambientais: temperatura, umidade relativa, horário e número de flores, dados estes coletados concomitantemente aos dos censos.

Para avaliar se a matriz das variáveis ambientais exige métodos lineares ou unimodais de ordenação, foi medido o tamanho do gradiente em torno dos eixos em unidades de desvio padrão pela Análise de Correspondência Distendida (DCA) (Ter Braak 1995), programa DECORANA (Oksanen & Minchin 1997). As análises foram realizadas com o programa CANOCO 4.02 for Windows (Ter Braak & Smilauer 1998). Foi feito um *biplot* baseado na correlação entre espécies, os escores das espécies tendo sido divididos por seu desvio-padrão. As coordenadas das variáveis ambientais correspondem às correlações com os eixos do *biplot* (Ter Braak 1994).

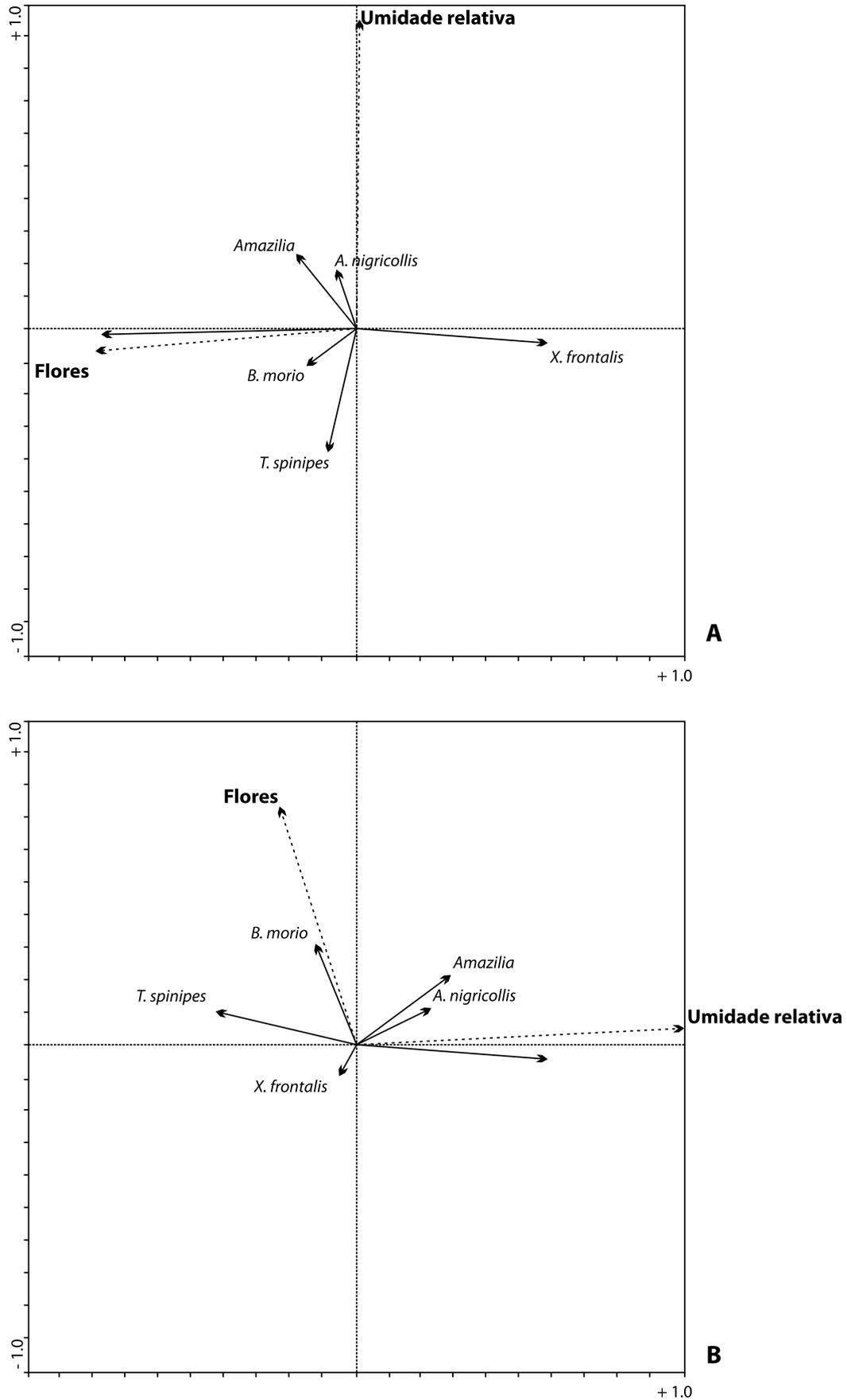
Considerando todo o conjunto de variáveis ambientais analisadas, a abundância de abelhas foi significativamente explicada pelas variáveis ambientais selecionadas pela RDA ( $P = 0,001$  no teste de permutação de Monte Carlo) (**Figura 7**). A variância relativa à relação espécie-variáveis ambientais foi de 89,0% para o primeiro eixo e 100% para os dois primeiros eixos, uma vez que só foram selecionadas duas variáveis ambientais na RDA passo-a-passo.

A abundância de *A. mellifera* foi fortemente correlacionada ao primeiro eixo de ordenação,  $\lambda = 0,247$ . Este eixo foi definido pela abundância de flores, e foi altamente significativo ( $P = 0,001$  no teste de permutação de Monte Carlo). A correlação entre espécies e variáveis ambientais foi de 0,767 para o primeiro eixo. A abundância de beija flores foi correlacionada com o segundo eixo,  $\lambda = 0,030$ , definido pela variação da umidade relativa. A correlação entre espécies e variáveis ambientais foi de 0,421 para o segundo eixo.

À exceção de *X. frontalis*, os demais visitantes florais foram positivamente influenciados pelo aumento do número de flores na área de cultivo. A chegada de *A. mellifera* no segundo ano de estudo parece ter deslocado *X. frontalis*, pois quando há *A. mellifera*, a abundância de *X. frontalis* é muito baixa (**Figura 7A**).

As visitas de abelhas e beija-flores ocorreram em situações opostas. Beija-flores relacionaram positivamente com o aumento de umidade relativa. Durante os estudos de campo, as visitas por beija-flores eram muito abundantes em dias chuvosos, enquanto que as abelhas eram incomuns nesta condição.

Como a abundância de *A. mellifera* parece ter muita influência na presença de *X. frontalis* e como foi muito relacionada à abundância de flores, foi realizada uma nova RDA considerando a abundância de *A. mellifera* como uma covariável. Considerando todo o conjunto de variáveis ambientais selecionadas, a abundân-



**FIGURA 7.** Diagrama de ordenação das espécies visitantes florais em *Passiflora edulis* e das variáveis ambientais baseado na RDA dos visitantes florais pelas variáveis umidade relativa e abundância de flores. (A) sem considerar a abundância de *Apis mellifera* como uma covariável,  $\lambda_1 = 0,247$ ,  $\lambda_2 = 0,030$ ; (B) considerando a abundância de *A. mellifera* como uma covariável,  $\lambda_1 = 0,063$ ,  $\lambda_2 = 0,031$ . Os eixos foram reescalados para intervalos de +1 a -1.

cia de abelhas permaneceu significativamente explicada pelas variáveis ambientais selecionadas pela RDA ( $P=0,001$  no teste de permutação de Monte Carlo) (**Figura 7B**). A variância relativa à relação espécie-variáveis ambientais foi de 67,3% para o primeiro eixo e 100% para os dois primeiros eixos, uma vez que só foram selecionadas duas variáveis ambientais na RDA passo-a-passo.

Como anteriormente, os visitantes florais à exceção de *X. frontalis*, foram positivamente relacionados ao primeiro eixo de ordenação,  $\lambda=0,063$ . Este eixo foi definido pela abundância de flores, e foi altamente significativo ( $P=0,002$  no teste de permutação de Monte Carlo). A correlação entre espécies e variáveis ambientais foi de 0,495 para o primeiro eixo. A abundância de beija-flores se manteve relacionada com o segundo eixo,  $\lambda=0,031$ , definido pela variação da umidade relativa. A correlação entre espécies e variáveis ambientais foi de 0,417 para o segundo eixo. Como observado na RDA anterior, as visitas de abelhas e beija-flores se mantiveram opostas (**Figura 7B**).

### 2.3 - Eficiência

A eficiência na polinização de diferentes espécies visitantes foi estimada em testes com flores ensacadas na pré-antese. As flores expostas, de maneira controlada, aos polinizadores e o sucesso reprodutivo foi registrado.

Em Morretes, numa primeira etapa, as flores de *P. alata* foram expostas, de maneira controlada, a abelhas e beija-flores, totalizando 36 repetições para oito espécies de visitantes diferentes, enquanto que para *P. edulis*, testou-se apenas *X. frontalis*, totalizando 20 testes. Após uma visita, as flores foram ensacadas e acompanhadas até a formação de frutos. Paralelamente, foi acompanhado o desenvolvimento de flores controle, isto é, submetidas às condições naturais de polinização. Levando-se em consideração de que o aporte de pólen trazido por uma abelha pode variar, às vezes pode ser maior, outras vezes menor, registrou-se o horário das visitas de *X. frontalis* nas flores de *P. edulis* tentando-se detectar se há algum horário em que apenas uma visita já é suficiente para a polinização. O sucesso na polinização foi verificado em torno de cinco dias após a visita, utilizando como critério a formação de fruto. A justificativa para que em alguns horários não houvesse experimento deve-se à ausência de visitação naquele período. Foram feitas 25 repetições.

No norte do Paraná, flores foram expostas às abelhas, de maneira controlada, quando foi permitido um número pré-estabelecido de visitas (uma, duas ou três). Para cada data de estudo manteve-se um número de flores controle submetidas às condições naturais de polinização. Após a visita, as flores foram ensacadas novamente. Cada observador monitorou de um a quatro flores próximas entre si, sendo consideradas visitas rápidas e curtas. Os dados foram anotados, registrando-se a espécie dos visitantes, bem como seu comportamento. Para todos os frutos formados, foram feitas avaliações das medidas (diâmetro e comprimento) dos frutos.

Em Morretes, dentre os oito diferentes visitantes testados em *P. alata*, apenas *X. frontalis* foi eficiente na polinização ao visitar uma única vez a flor (**Tabela 7**). Em *P. edulis*, nem todas as visitas de *X. frontalis* resultaram em sucesso na polinização, com apenas 30% das flores testadas formando frutos. A polinização natural, quando acontece entre 14h30 e 16h30 tem maior probabilidade de ser eficiente, mesmo com apenas uma visita, visto que é o período em que os estigmas já estão curvados e fáceis de serem tocados por visitantes de grande porte que se adentram nas flores (**Tabela 8**).

**Tabela 7.** Teste de eficiência de polinização em *Passiflora alata*.

Espécie	Número de Flores testadas	Número de Frutos formados	%
<i>Apis mellifera</i>	3	0	0
<i>Thygater</i> sp.	6	0	0
<i>Trigona spinipes</i>	4	0	0
<i>Xylocopa frontalis</i>	13	6	46
Halictinae	4	0	0
Diptera	1	0	0
<i>Thalurania glaucopis</i>	4	0	0
<i>Rhamphodon naevius</i>	1	0	0

**Tabela 8.** Eficiência na polinização de *Xylocopa frontalis* em *Passiflora* relacionada ao horário (n=25).

Horário	No. flores	No. frutos	% eficiência
13h30 – 14h30	2	0	0
14h30 – 15h30	6	2	33
15h30 – 16h30	12	4	33
16h30 – 17h30	não avaliado	não avaliado	—
17h30 – 18h30	5	0	0

No norte do Paraná, foram testadas 95 flores de *P. edulis* quanto à eficiência de polinização de cinco diferentes espécies de visitantes (**Tabela 9**). Apenas 7,6% das flores com uma visita formaram frutos, enquanto a proporção chegou a 50% naquelas flores com duas visitas de *X. frontalis* (**Tabela 10**). Ressalta-se ainda que, apenas visitas do agente polinizador *X. frontalis* formaram frutos, embora outras abelhas de volume corporal médio tenham visitado as flores. As flores controladas com três visitas não formaram frutos, o que pode estar relacionada à baixa quantidade de flores abertas no campo na data em que foi feito o experimento. Neste caso, a maioria das flores era proveniente de poucas plantas, impedindo assim que as abelhas polinizadoras realizassem a polinização cruzada de modo eficiente.

Testes de eficiência, avaliando o efeito dos diferentes visitantes sobre a formação de frutos em *P. edulis* e *P. alata*, foram conduzidos pela primeira vez no presente estudo. Os resultados revelaram que apenas *X. frontalis* leva à formação de frutos com uma única visita. Embora polinizadores potenciais, outros visitantes de tamanho corporal médio a grande não levam à formação de frutos com uma única visita possivelmente porque não deixam uma quantidade suficiente de grãos de pólen para desencadear a frutificação. Por seu tamanho maior, *X. frontalis* seria a única espécie que depositaria o número mínimo necessário de grãos de pólen, cerca de 200 grãos (Akamine & Girolami 1959, Ruggiero 1987). Ainda assim, o número de frutos formados com uma visita foi relativamente baixo, indicando que nem todas as visitas contribuem com o número mínimo de grãos. Nesse sentido, a maior eficiência de formação dos frutos por duas visitas pode ser devida à maior quantidade

de pólen deixada pela abelha. Comparando-se os frutos formados por uma e duas visitas, aqueles com duas visitas mostraram taxas médias de frutificação superiores, demonstrando que para uma boa polinização são necessárias duas ou mais visitas dos agentes polinizadores.

**Tabela 9** - Teste de eficiência de visitantes de *Passiflora edulis* dos municípios de Ibiporã, Assaí, São Luís e Iapar-Londrina, PR, Brasil.

Espécies	N° de Flores	N° de Frutos (%)
<i>Trigona spinipes</i>	8	0
<i>Apis mellifera</i>	43	0
<i>Xylocopa frontalis</i>	34	6
<i>Xylocopa suspecta</i>	9	0
<i>Bombus morio</i>	1	0
<b>Total</b>	95	6

**Tabela 10.** Teste de eficiência com visitas controladas de *Xylocopa frontalis* em *Passiflora edulis* em Ibiporã e Iapar-Londrina, PR, Brasil.

	Tratamentos			Testemunhas		
	N° de Flores	N° de Frutos	%Frutificação	N° Flores	N° Frutos	%Frutificação
1 visita	13	1	7,6	30	7	23,3
2 visitas	8	4	50,0	70	39	55,7
3 visitas	10	0	0	10	4	4,0

#### 2.4 - Pilhagem de recursos florais

Como a pilhagem de néctar em flores em pré-antese deve reduzir a disponibilidade de alimento para as abelhas, foi avaliada a influência da pilhagem de néctar na frutificação. Para tanto, flores pilhadas em pré-antese (n=60), com hipanto perfurado, e flores não pilhadas (n=60), foram acompanhadas por uma semana para verificação de formação de frutos em Morretes. Para verificar o efeito da pilhagem sobre a frutificação, foi construída uma tabela de contingência e aplicado o teste G, considerando o nível de significância de 5%. Foi verificada a premissa de apresentar pelo menos 25% das células com valores superiores a 5. Quando isto não ocorreu, foi estabelecido como premissa que a frequência esperada média deveria atingir o valor de 6,0 (Zar 1999). Não foi observada diferença significativa entre a produção de frutos de flores intactas e produção de frutos de flores pilhadas ( $\chi^2= 5,6962$ ; GL= 2;  $P>0.05$ ).

As observações sobre o efeitos dos pilhadores no norte do Paraná foram realizadas na área experimental do IAPAR, Londrina, e no município de Ibiporã na propriedade Sr. Felício. Foram marcadas com etiquetas flores de *P. edulis* após a antese, aproximadamente às 20 horas, verificando-se e anotando-se a presença de diferentes perfurações (pilhagem) na base externa da câmara nectarífera. Após 15 dias, foram avaliadas as flores etiquetadas para a verificação da formação dos frutos. Nenhum dos tipos de danos ocasionados por pilhagens, observados durante o presente estudo, impediu completamente a frutificação do maracujá-amarelo.

As flores perfuradas por *T. spinipes* resultaram em 33,70% de frutificação, índices relativamente próximos às flores intactas que chegaram a 34,70% e superiores aquelas flores que apresentavam danos de perfuração conjunta de *T. spinipes* e mamangavas, que tiveram apenas 15% de frutificação. Este nível é aproximadamente a metade daquele constatado nas flores intactas, o que parece indicar um efeito prejudicial quando os danos das duas abelhas ocorreram conjuntamente. Por outro lado, a pilhagem apenas por *T. spinipes*, que poderia ter ocorrido mesmo antes do período de abertura da flor de *P. edulis*, parece não reduzir a frequência de visitação das mamangavas, que seria importante apenas após as 15h00 horas, quando os estigmas estão em posição favorável à polinização. O número de flores danificadas apenas por mamangavas foi muito baixo, não permitindo resultados conclusivos.

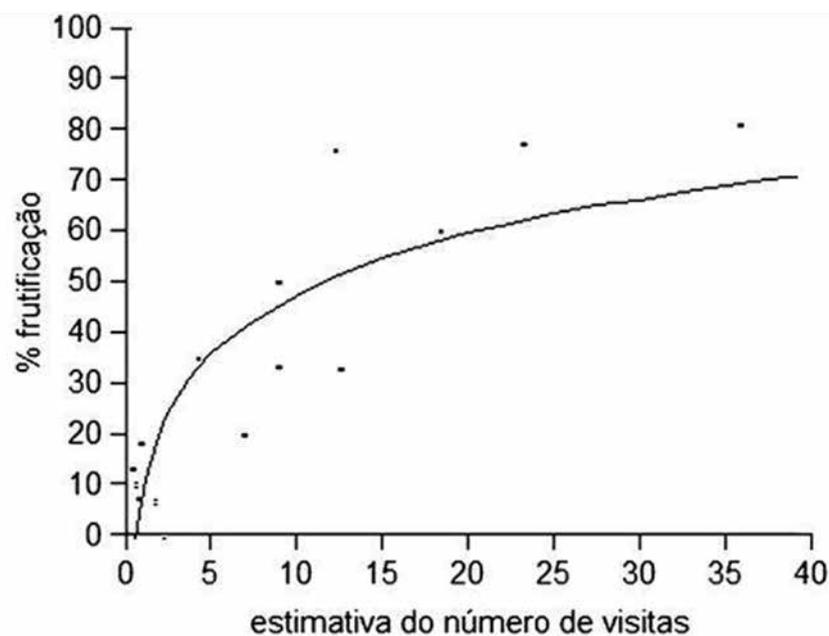
Além dos polinizadores, um número variável de outras espécies de visitantes florais atuou apenas como pilhadores de recursos. O pilhador mais frequente foi *A. mellifera*, seguida de *T. spinipes*. A primeira espécie esteve presente em todos os locais estudados, com abundância variável ao longo do ano, ao passo que a segunda espécie teve destaque apenas em alguns plantios no norte do Paraná. A pequena participação de *T. spinipes* nos cultivos contrasta com o observado por Sazima & Sazima (1989), em São Paulo, em que esta espécie teve um impacto negativo elevado sobre a visitação de *Xylocopa*. *Apis mellifera* pilhou tanto néctar quanto pólen. Em Morretes, houve uma diferenciação entre as duas espécies de *Passiflora* quanto aos recursos pilhados por esta abelha. Em *P. edulis*, *A. mellifera* buscou principalmente néctar, enquanto em *P. alata*, tanto néctar quanto pólen foram pilhados. Nos meses mais frios de 2005, houve uma procura maior por pólen em *P. alata*. Neste período, foi possível encontrar, ao meio dia, anteras totalmente limpas de pólen, dada a coleta intensiva nas primeiras horas da manhã. Esse fato representa um comportamento agonístico indireto (Thomson 2001), pois torna o pólen indisponível para os principais polinizadores.

O efeito dos pilhadores sobre a taxa de frutificação parece ser inexpressivo. As observações relacionando injúrias mecânicas nas flores com a formação de frutos indicam que não há diferenças significativas entre flores intactas e perfuradas por pilhadores. Estes resultados estão de acordo com o observado em *P. edulis* por Silva *et al.* (1997), em Minas Gerais. Por outro lado, a menor visitação por *Xylocopa* em 2005 esteve associada a uma frequência elevada de *A. mellifera*. Não é possível tirar maiores conclusões deste padrão, uma vez que poderia representar apenas uma relação espúria. Estudos adicionais são necessários para refinar o padrão. Uma possibilidade seria manipular a frequência de visitação de *A. mellifera* com a colocação de colméias próximas aos plantios.

Em *P. alata*, os testes de sucesso na frutificação feitos em junho, quando apenas *A. mellifera* e alguns beija-flores visitaram as flores, mostraram sucesso de 53% (n=50), uma taxa de frutificação considerada adequada para plantios comerciais (Bruckner & Silva 2001). Nesse caso, como há ausência de outros polinizadores, as relações de *A. mellifera* e/ou beija-flores com *P. alata* podem ser consideradas benéficas.

## 2.5 - Taxa de visitação e formação de frutos

O uso de uma metodologia padronizada, censo em transectos (vide item "Fauna de visitantes" para metodologia empregada) para avaliação da visitação permitiu investigar, sob condições de campo, a relação entre a taxa de visitação e a porcentagem de frutificação. A relação entre a porcentagem de frutificação e estimativa do número de visitas foi estabelecida por regressão logística (Zar 1999).



**FIGURA 8.** Relação entre estimativa dos números de visitas dos polinizadores e porcentagem de frutificação. % frutificação =  $7,80 + 17,29 \text{ Log}(\text{estimativa do número de visitas})$ .

A porcentagem de frutificação, sob polinização aberta, aumenta proporcionalmente à taxa de visitação dos polinizadores (**Figura 8**). A porcentagem de frutos formados estabiliza-se entre 70 e 80%, valores comparáveis àqueles obtidos sob polinização manual. ( $F = 32,75$ ;  $r^2 = 0,69$ ;  $GL = 13$ ;  $P < 0,05$ ).

Com a redução na visitação por mamangavas a partir de abril de 2005, houve uma queda bastante acentuada na taxa de frutificação. Nestas condições, verificou-se claramente que a baixa frutificação resultou de um *déficit* de polinizadores, pois a polinização manual levou a taxas satisfatórias de frutificação.

Diferentes publicações podem ser mencionadas para comparação entre polinização natural e manual. Por exemplo, a diferenciação entre polinização natural e manual foi tratada por Grisi Jr. (1973) que registra, na região de Votuporanga, SP, porcentagem de frutificação por polinização natural de 12%, enquanto que a artificial alcança 79%. Nos trabalhos de Yamashiro (1981) em Presidente Prudente, SP, as variações encontradas para a frutificação foram de 7 a 9% e 29 a 73%, enquanto Carvalho & Teófilo-Sobrinho (1973), em Cordeirópolis, SP, obtiveram taxas de frutificação de 3,6% e 85,7% sob polinização natural e artificial, respectivamente. Em Londrina, em área com polinização natural (por abelhas do gênero *Xylocopa*), foi encontrada taxa de frutificação de 19% para as flores de janeiro e de 41% para as flores de abril (Neves *et al.* 1999).

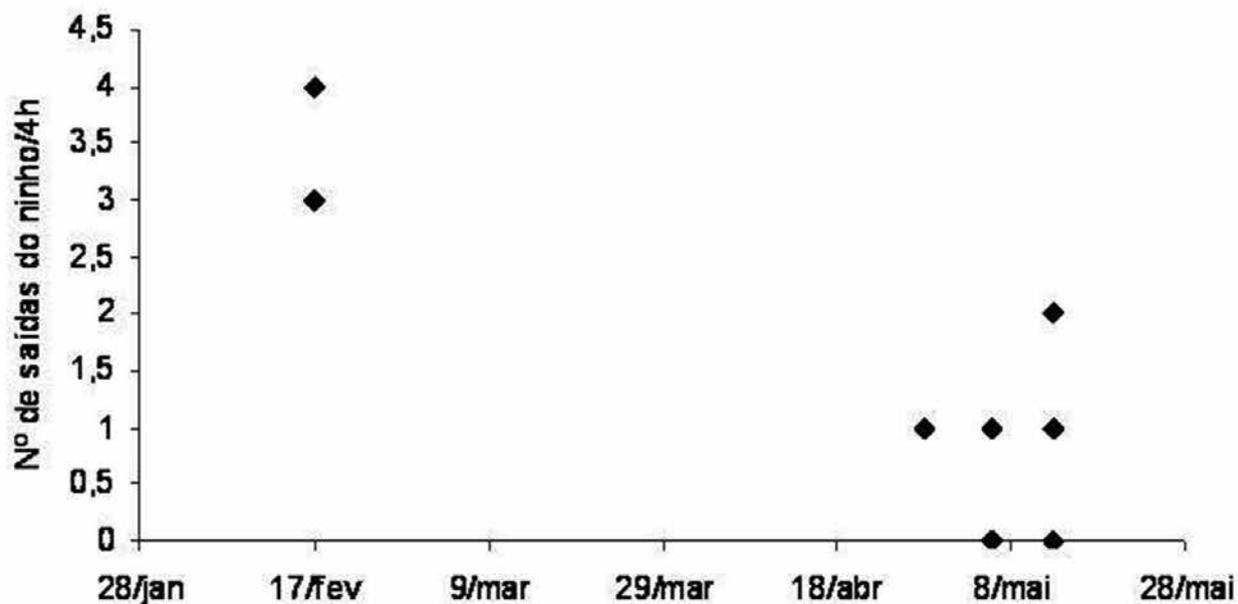
## 2.6 - Número mínimo de mamangavas (*Xylocopa*) na polinização

Foi estimado pela primeira vez o número mínimo de indivíduos de *Xylocopa* necessários para polinizar todas as flores em um hectare de plantio de *P. edulis*. Os cálculos foram feitos de modo a permitir um melhor planejamento em projetos de restauração de populações de mamangavas em regiões produtoras de maracujás. Os valores permitem estabelecer o tamanho mínimo das populações que garanta taxas adequadas de frutificação.

A inferência do número mínimo de indivíduos de mamangavas que deve ser encontrado em um cultivo de *P. edulis* ao percorrer um trecho de 50 m, foi obtida cruzando dados de observação dos ninhos (nº de saídas em 4 h de observações) com o número de flores visitadas por minuto, em cada hora, obtido com o cronômetro. Os dados foram obtidos em dois períodos distintos, no pico de floração (fevereiro a março/2005), período em que havia altas temperaturas, abundância de flores e alta atividade das abelhas, e no fim da floração (abril/2005), quando houve queda marcante na atividade das mamangavas.

Observaram-se ninhos de *X. frontalis* de três locais diferentes, sendo que em todos havia cultivos de *P. edulis* nas proximidades. Não foram feitas observações em dias chuvosos ou frios. As observações duraram quatro horas e se estenderam ao longo das tardes, coincidindo com o período de antese de *P. edulis* e com a atividade forrageadora das abelhas. Houve uma observação em fevereiro, no qual se observou dois indivíduos. Em maio, houve três dias de observação, sendo que no local Sr. Luiz Bortolo Zilli acompanhou-se dois indivíduos e no local IAPAR, três indivíduos. Em fevereiro, os indivíduos não puderam ser marcados, mas mesmo assim, acompanhou-se a duração da atividade forrageadora, supondo que a abelha que tinha saído era a mesma que estava voltando ao ninho. Em maio, os cinco indivíduos acompanhados foram marcados. A identificação foi feita forçando a saída dos indivíduos do ninho, seguida pela captura com rede entomológica e marcação com tinta de automóvel de cores diferentes no mesotórax do animal.

O período de fevereiro e início de abril correspondeu à alta florada de *P. edulis* na região, enquanto que em abril e maio o número de flores nos cultivos foi sensivelmente menor. No mês de fevereiro, a movimentação de entrada e saída foi intensa (**Figura 9**). Os indivíduos voltavam cobertos de pólen e as desidratações, observadas quando os indivíduos de *X. frontalis* expunham a probóscide ao ar, ocorreram tanto pela manhã quanto à tarde. As desidratações foram frequentes, algumas chegavam a durar até 18 minutos, geralmente logo após o retorno ao ninho. No período da tarde, os indivíduos saíram em média 3,5 vezes, sendo que cada saída durava em torno de 17 minutos. Essas observações foram semelhantes às de Camillo & Garófalo (1982).



**FIGURA 9.** Atividade nos ninhos de *Xylocopa frontalis* no período da tarde.

No mês de maio, a movimentação externa foi mais esparsa. A maioria dos indivíduos saiu uma vez e outros nenhuma (**Figura 9**). A duração variou de alguns minutos a mais de 1 hora. As saídas em que a abelha passava muito tempo fora do ninho (1h30) e não voltava com pólen foram relacionadas à procura de um novo ninho, ou a cópula, e não à atividade forrageadora. As saídas geralmente aconteceram no começo da tarde, sendo que após as 15h30 min não foi registrada nenhuma saída. Não foi registrado nenhum caso de desidratação do néctar, possivelmente por não haver a necessidade de fornecer alimento à cria.

Foram observados indivíduos adentrando em ninhos de outras abelhas. Primeiro vistoriava vários furos, quando aparentemente estava vazio, a abelha entrava e permanecia por alguns minutos para depois abandoná-lo.

O número de flores visitadas de *P. edulis* pelos indivíduos de *X. frontalis* durante um minuto foi estimado com auxílio de um cronômetro. Enquanto foi possível avistar o indivíduo, o número de flores visitadas foi contado. Foi hipotetizado que haveria diferença ao longo da tarde no número de flores visitadas durante um vôo de forrageio. Foram feitos 40 acompanhamentos em diferentes horários durante a antese, nos meses de abril e maio de 2005, totalizando 40 min de observação. A taxa de visitação por indivíduo de *X. frontalis* foi calculada dividindo o número de flores visitadas por intervalo de observação para os diferentes horários.

A hipótese de que haveria diferença no número de flores visitadas por minuto ao longo da tarde não foi confirmada. A variância dos dados coletados para cada horário foi grande e desigual pelo fato de que, no início da antese, foi possível acompanhar por mais tempo um indivíduo, havendo, entretanto, poucos indivíduos para serem avistados ( $n = 4$ ) e às 15h00, por outro lado, o número de observações foi maior ( $n = 16$ ). Por esta razão, foi aplicado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e não foi detectada diferença entre os horários.

Foi calculada, por fim, a média entre todos os avistamentos, relacionando-a com o número médio de flores visitadas de *P. edulis* por um indivíduo de *X. frontalis*. Foi estimado que, das 13h00 às 16h00, a atividade de *X. frontalis* no cultivo pode ser expressa por 0,7 flores visitadas por minuto.

Estimou-se o número de flores visitadas por uma abelha em cada hora e extrapolou-se para o número de flores encontradas no mês, obtendo o número mínimo de abelhas necessárias para forragear todas as flores. Em abril, foram desconsideradas as saídas em que a abelha passava muito tempo fora do ninho (1h30) e não voltava com pólen, pois provavelmente não estaria forrageando, mas sim buscando um novo ninho.

*Observações realizadas de novembro 2004 a março 2005:* A partir de observações da atividade nos ninhos, foi observado que uma abelha saiu em média 3,5 vezes durante o período da tarde. A duração de cada saída não apresentou diferenças marcantes entre os horários, registradas em torno de 17min. Assim, se a atividade da abelha é de 0,7 flores/min como descrito anteriormente e, como em fevereiro, foi observado que *X. frontalis* saiu do ninho em média 3,5 vezes, foi estimado que durante uma tarde, um indivíduo pode forragear aproximadamente 42 flores. Em fevereiro, foram encontradas 88,66 flores/50m, o que em um hectare representam 14.186 flores. Para que todas as flores fossem visitadas, o número mínimo de fêmeas de *X. frontalis* necessárias seriam 340 fêmeas/ha.

Segundo os censos em transecto, durante a 1ª hora de antese (14h00 - 15h00), as flores do trecho receberam 1,1 visitas/flor. Esse valor de visitas depende da densidade de flores (88,66 flores/50m) e de um valor desconhecido que representa o número real de fêmeas gerando a taxa observada. Para tentar estimá-lo, primeiro foi calculada a taxa de visitação causada por uma única fêmea nesse período. Assim, considerando que cada fêmea visita 0,7 flores/min, tem-se que o tempo gasto entre uma flor e outra é de 1,42 min (soma do tempo gasto na flor e tempo gasto entre as flores). Para visitar todas as flores do trecho, uma fêmea faria, em média, uma visita por flor a cada 126 min. Em uma hora, cada flor receberia, 0,47 visitas/flor feitas por apenas uma fêmea. Para gerar a taxa de 1,1 visitas/flor, através de uma regra de três simples, foi calculado que seriam necessárias 2,32 fêmeas/50m, o que extrapolando para um hectare daria 371 fêmeas. A partir dos registros de visitação e de abundância de *X. frontalis* realizados no mês de fevereiro, foi verificado que a abundância das abelhas nos cultivos supera a estimativa, resultando em polinização relativamente alta, de 48,2%.

Em março, houve queda na abundância de *X. frontalis*, os valores foram menores que os estimados e a produção de frutos foi de 6,7%, considerada baixíssima. A queda na frutificação foi acompanhada de um aumento brusco na frequência de visitação de *A. mellifera*. Essa espécie não deve ser importante na polinização, visto que coleta néctar e não encosta nos órgãos reprodutivos. Não foi observado nenhum comportamento agonístico entre *A. mellifera* e *Xylocopa*, porém foi registrado um caso em que ambas as espécies visitaram a mesma flor simultaneamente. Entretanto, como foi frequente encontrar flores sendo visitadas por mais do que um indivíduo de *A. mellifera* e outros voando ao redor das flores, indivíduos de *X. frontalis* podem ter sido inibidos.

*Observações realizadas em abril 2005:* Durante o mês de abril houve queda de temperatura, além de uma concomitante diminuição na produção de flores e redução na atividade forrageadora das abelhas. A duração do forrageamento foi semelhante à do verão, em média de 12 minutos, entretanto, uma abelha não fez tantas saídas, limitando-se, em média, a 0,8 saídas por tarde. Assim, em uma tarde, um indivíduo de *X. frontalis* visitou aproximadamente 7 flores. Além disso, as saídas se concentraram no início da tarde, períodos de horários mais quentes como observado por Corbet & Willmer (1980).

Nesse mês, foram encontradas 69,4 flores/50m, o que em um hectare seriam 11.100 flores. O número mínimo de fêmeas para visitar todas essas flores foi estimado em 1652 fêmeas/ha. Segundo os censos em transecto, a taxa de visitação na 1ª hora de antese foi de 0,07 visitas/flor, resultando em baixa frutificação (13,8%). Para calcular a taxa de visitação de uma fêmea nesse mês, considerando a densidade de 69,4 flores/50m, foi calculado que uma fêmea faria uma visita a cada 100 min, o que em uma hora seriam 0,6 visitas/flor feitas por apenas uma fêmea. Em abril, para gerar a taxa de 0,07 visitas/flor observada, estariam presentes apenas 20 fêmeas em um hectare.

A diferença na atividade das mamangavas nos dois períodos é marcante. O número estimado de indivíduos em atividade nas flores no período mais quente da estação coincide com o estimado como mínimo para polinizar todas as flores. No final da estação, por outro lado, há um acentuado *déficit* no número de mamangavas em atividade nas flores.

A diminuição da atividade forrageadora das abelhas possivelmente pode estar relacionada à diminuição, ou mesmo interrupção, das atividades de provisionamento de células para produção de novas abelhas (vide acima). Esse período coincide com a diminuição na temperatura na região de Morretes, fazendo com que as abelhas prefiram o início da tarde para forragear, quando ainda as flores de *P. edulis* não flexionaram seus estames e estigmas, ocasionando a queda observada na produção de frutos.

Os resultados aqui reportados devem ser considerados preliminares, uma vez que o tamanho amostral é relativamente reduzido, principalmente no que se refere à atividade externa de *Xylocopa* e ao seu ciclo reprodutivo na região. Serão necessários estudos de campo adicionais para obterem-se estimativas mais robustas a partir de dados coletados durante um período mais longo.

## 2.7 - Substratos de nidificação usados por mamangavas (*Xylocopa*)

O levantamento das madeiras foi realizado entre março e julho de 2005 na região de Morretes, PR, em três áreas de cultivo de *P. edulis* (maracujá-amarelo) e duas culturas adjacentes de *Sechium edule* (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae) (chuchu), todas do tipo "parreira" ou "caramanchão" (sustentadas por palanques de madeira,

cimento ou bambu) (**Figura 1**). Os cultivos pertencem aos senhores Luiz Bortolo Zilli (25° 30'S; 48° 49'W, 20 metros de altitude), Mauro (25°33'S; 48°47'W, 22 metros de altitude) e Antônio Robassa, (25° 29'S; 48° 51'W, 26 metros de altitude) sendo os dois primeiros proprietários das plantações de chuchu estudadas.

Primeiramente foi realizado um levantamento dos ninhos de mamangava (*Xylocopa* spp.) observando a existência, ou não, dos mesmos em cada palanque. Visando a melhor caracterização dos substratos nidificados, mediu-se o diâmetro do palanque no local onde se encontrava a entrada do ninho, o diâmetro da entrada e sua altura em relação ao solo. Em seguida, foram coletadas amostras das madeiras em que ocorreram nidificação e escavações inacabadas, utilizando-se um formão para posterior identificação da espécie de planta. Nesse procedimento, pode-se detectar a presença de atividade no ninho.

O processo de identificação das madeiras foi realizado no Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná, envolvendo quatro etapas:

1) Preparo do material: Foram realizados os seguintes planos de corte: Transversal (perpendicular ao eixo da árvore); Longitudinal radial (paralelo aos raios ou perpendicular aos anéis de crescimento); Longitudinal tangencial (tangenciando os anéis ou perpendicular aos raios). As amostras foram serradas de acordo com os planos e em seguida, cozidas em água até atingir o grau do amolecimento desejado. 2) Microtomia: Os cortes foram realizados no micrótomo rotativo com espessuras que variaram de 15 a 25 micrômetros dependendo da dureza do material. 3) Coloração: Foram empregados os corantes na seguinte ordem: Safranina a 1% por 30 minutos, lavagem em água destilada, solução de Azul de Astra, mais três gotas de ácido acético glacial por no mínimo duas horas, podendo permanecer imersos no corante por 24 horas. Decorrido o tempo de coloração o material foi lavado novamente. 4) Montagem de lâminas: Os cortes foram desidratados mediante a passagem por uma série alcoólica crescente (30%, 50%, 70%, 90% e duas vezes álcool absoluto) por vinte minutos cada, permanecendo imersos no álcool 100% por um dia. Cada corte foi depositado sobre uma lâmina de vidro, no qual pode ter suas bordas aparadas e seu tamanho reduzido com o auxílio de lâminas de barbear. Adicionou-se uma gota de Entellan e lamínula.

As madeiras foram identificadas através de chaves de identificação, sendo que foi feita uma entrevista ao Sr Luiz Bortolo Zilli que nos apresentou os nomes populares de todos os palanques dos dois cultivos de sua propriedade para facilitar o trabalho de identificação, permitindo-nos fazer apenas uma comparação com amostras do laminário do laboratório ou com descrições anatômicas existentes na literatura.

Foram encontrados 96 ninhos, dos quais cinco eram de *X. brasiliatorum* e o restante de *X. frontalis*. Em 25 deles, foi detectada a presença de indivíduos entrando ou saindo do ninho ou desidratando néctar na entrada dos mesmos. Destes 25, apenas um era de *X. brasiliatorum*. Além disso, observou-se a presença de 54 escavações inacabadas.

O perímetro do substrato utilizado variou de 27 a 55 cm, sendo a média igual a 37 cm. Naqueles palanques com ninho, em geral, foram encontrados de um a dois ninhos por palanque, podendo chegar até 10. O diâmetro da entrada dos ninhos variou de 1,33 a 1,96 cm para *X. frontalis* e de 1,05 a 1,16 cm para *X. brasiliatorum*. Quanto à altura em relação ao solo, não foi observada nenhuma preferência, tendo sido os ninhos encontrados em todos os lugares disponíveis no palanque, desde 2 cm até a parte mais alta a cerca de 1,9 m do solo. Em alguns casos, constatou-se que a entrada dos ninhos encontra-se em fissuras ao longo dos palanques.

A distribuição dos ninhos de *Xylocopa* spp. nos palanques de diferentes espécies de madeira indicam uma nítida preferência (**Tabela 11**), exceto no caso em que apenas ninhos completos nos palanques do plantio de chuchu (**Tabela 11**) são considerados. Dentre as diferentes madeiras com ninhos, canela-preta parece ser a preferida.

**Tabela 11.** Distribuição dos ninhos de *Xylocopa* spp. em palanques de diferentes espécies de madeira, propriedade do Sr. Luiz B. Zilli. (\*valores significativos para  $P > 0,01$ )

Madeira	Total	%	Ninhos	Escavações	Total
<b>Cultivo de chuchu</b>					
Araribá	115	43,90%	3	0	3
Tarumã	86	32,82%	5	8	13
Canela preta	9	3,43%	0	0	0
Canjerana	13	4,96%	1	0	1
Ipê tabaco	24	9,16%	2	1	3
Peroba rosa	4	1,52%	0	0	0
Jacarandá	11	4,20%	0	0	0
	262		11		20
GL = 6			$\chi^2=3,59$		$\chi^2=22,05^*$
<b>Cultivo de maracujá</b>					
Araribá	76	24,67%	2	0	2
Tarumã	94	30,52%	0	0	0
Canela preta	45	17,53%	20	12	32
Canjerana	25	8,12%	5	13	18
Ipê tabaco	5	1,62%	0	0	0
Ipê roxo	11	3,57%	1	0	1
Peroba rosa	39	12,66%	1	0	1
Maçaranduba	8	2,60%	4	1	5
Jacarandá	5	1,62%	1	0	1
	308		34	46	60
GL = 8			$\chi^2=64,61^*$		$\chi^2=123,53^*$

Os ninhos, em geral, foram encontrados em madeiras resistentes, pois a maioria dos palanques disponíveis no cultivo era muito antiga. Na entrevista feita ao Sr. Luiz, constatou-se que eles foram colocados em 1979 e somente os menos resistentes, que apodreceram, foram trocados. No entanto, os ninhos situavam-se na parte mais apodrecida do palanque, o que implica que muitos deles podem ter sido eliminados no processo de substituição dos palanques.



**FIGURA 10.** Ninhos de *Xylocopa frontalis*. (A) Palanque com no cultivo de maracujá do Sr. Luiz B. Zilli; (B) Ninho-armadilha em *Schizolobium parayba* (Guapuruvu) instalado no cultivo do Sr. João Duarte.

Estudos prévios indicam que as abelhas do gênero *Xylocopa* nidificam em uma ampla variedade de madeira morta e/ou apodrecida, compacta e sem rachaduras ou fendas que permitam a penetração de água (Hurd & Moure 1963, Camillo 2003). No presente estudo, foi detectado o mesmo padrão conhecido para o gênero, em que os ninhos encontrados localizavam-se geralmente na parte mais apodrecida da madeira. No entanto, foram observados casos de ninhos em palanques que apresentavam rachaduras e que mesmo assim permaneceram ativos. Inclusive, em um dos casos (**Figura 10A**), a disposição das entradas indica ter havido preferência para escavação ao longo da rachadura.

Em geral, as espécies de *Xylocopa* não apresentam especialização quanto à espécie vegetal usada como substrato para nidificação. A ocorrência de ninhos geralmente relaciona-se aos substratos mais abundantes, sendo poucas espécies especializadas, como *Xylocopa (Nanoxycopa) ciliata* Burmeister e *Xylocopa (Stenoxycopa) artifex* Smith, as quais nidificam em *Eryngium* sp. (Apiaceae) e bambu, respectivamente (Sakagami & Laroca 1971). Parece que as características do material vegetal, ao invés da espécie da planta, são os principais fatores de escolha (Anzenberger 1977).

As análises de preferência, entretanto, indicaram a seleção de alguns substratos, como a canela-preta, e a rejeição de outros, como o araribá, que mesmo estando abundantemente presente não foi bem aceito. Além disso, houve uma grande incidência de escavações inacabadas em madeiras como a canjerana e o tarumã.

A incidência do número reduzido de ninhos em cada palanque (1 a 2 ninhos) deve estar relacionada com o seu perímetro que apresenta espaço insuficiente para a construção de outros ninhos sem a conseqüente invasão dos ninhos preexistentes. O tamanho das entradas dos ninhos que, em geral, correlaciona-se com o tamanho das espécies que ocupam os ninhos possibilitando uma melhor defesa das partes internas do mesmo, apresentou pouca variação.

## 2.8 - Uso de ninhos-armadilha

Em Morretes, foram instalados ninhos-armadilha (**Figura 10B**) em cinco cultivos de maracujá: IAPAR, Sr. Mauro, Sr. João Duarte, Sr. Jackson e Sr. Nelson Poli. Os ninhos-armadilha foram instalados em 20/12/2004 e a taxa de fundação foi verificada quinzenalmente. Os ninhos-armadilha eram de diferentes tipos de madeira da região, incluindo *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. (Melastomataceae) (jacatirão), *Ficus* sp. (Moraceae) (figueira) e *Schizolobium parahyba* (Velloso) Blake (Caesalpinaceae) (guapuruvu).

No norte do Paraná, a disposição dos ninhos foi realizada em quatro áreas agrícolas dos municípios de Assaí, Ibiporã e São Luis, nas seguintes datas: São Luis, 26/01/05; Ibiporã (Sr. Cláudio) 25/02/05; Assaí (Sr. Nelson) 01/03/05 e Ibiporã (Sr. Felício) 02/03/05. Foram colocados 4 tipos de ninhos artificiais formados por pedaços de caule com tamanhos de 30 a 45 cm de comprimento sendo eles: *Pinus* (Pinaceae) (5 anos), *Melia azedarach* L. (Meliaceae) (Santa Bárbara; 5 anos), *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae) (16 anos) e *Persea americana* Mill. (Lauraceae) (abacate; 20 anos), com aproximadamente 1 a 5 furos de 10 a 15 mm de diâmetro cada. Para cada área com plantio de maracujá, utilizaram-se oito ninhos de cada espécie de planta, distribuídos em 8 grupos de 4 amarrados com arame, colocados lado a lado em pontos referenciais. A taxa de fundação dos ninhos oferecidos foi verificada quinzenalmente em cada uma das áreas.

Em Morretes, após quatro verificações foi observada a fundação de quatro ninhos. Três dos ninhos foram fundados em tocos oferecidos no IAPAR, onde já se encontravam ninhos povoados por *X. frontalis* e o quarto foi visto no cultivo do Sr. João Duarte. Dos quatro ninhos-armadilha, um foi fundado em toco de Guapuruvu, *S. parahyba*, e três em madeira de Figueira, *Ficus* sp. Em todos os casos, as mamangavas utilizaram orifícios existentes na madeira.

No norte do Paraná, após nove avaliações dos ninhos-armadilhas deixados nos cultivos, foi observada no dia 28/07/05 a colonização de quatro ninhos. Dois ninhos foram ocupados no município de Assaí na propriedade do Sr. Nelson, onde não havia relatos anteriores da presença de ninhos naturais de mamangavas. Os ninhos em madeira de abacate foram colonizados por *Centris*, enquanto o ninho de madeira de santa bárbara foi ocupado por *X. frontalis* e *X. suspecta* no mesmo orifício. Os outros dois ninhos foram colonizados no município de Ibiporã, na propriedade do Sr. Felício, onde já havia ninhos de mamangavas. Neste caso, os dois foram colonizados por *X. frontalis* em troncos de araucária.

A disponibilização de pedaços de madeira morta tem sido indicada há bastante tempo como uma forma de aumentar as populações de mamangavas do gênero *Xylocopa* (Akamine & Girolami 1959, Camillo 2003). Os resultados obtidos no presente estudo confirmam a viabilidade da técnica para a obtenção de novos

ninhos de mamangavas. Embora apenas um reduzido número de fundações tenha ocorrido no período avaliado, as observações estão sendo continuadas, o que permitiu detectar um número muito mais elevado de novas fundações no período de novembro de 2005. Isto sugere uma sazonalidade acentuada na fundação de ninhos por *Xylocopa* na região de Morretes (vide Marchi & Melo 2010).

Os resultados indicam que as fundações ocorreram preferencialmente nos locais em que ninhos ativos já se encontravam presentes, como no IAPAR, em Morretes. Este comportamento deve ser levado em consideração quando da implementação da técnica, juntamente com outras recomendações, como a colocação dos tocos de madeira em locais abrigados da chuva (Camillo 2003).

As fundações de ninho no norte do Paraná ocorreram também em frequência semelhante à observada em Morretes. Como todo o norte do Estado apresenta uma degradação bastante avançada da cobertura vegetal original, o sucesso na obtenção de novos ninhos indica que o restabelecimento de populações de mamangavas, principalmente *X. frontalis*, pode ser alcançado em curto período mesmo em áreas bastante degradadas.

## 2.9 - Papel dos beija-flores na polinização de *P. edulis* e *P. alata*

O número de beija-flores que visitam as flores de *P. edulis* em uma hora foi estimado a partir de observações focais. As observações foram feitas das 14h00 às 18h00 durante três dias do mês de abril, totalizando sete horas de observação.

Para verificação da deposição de grãos de pólen no animal, armou-se rede de neblina ao redor de um cultivo de *P. edulis*. A coleta dos grãos de pólen depositados no animal foi feita utilizando-se uma fita adesiva que foi levemente esfregada no bico e acondicionada em tubo de Eppendorf limpo. No laboratório, a fita foi montada em uma lâmina e o material foi analisado em microscópio óptico (aumento 400 X). O material foi comparado com grãos de pólen de flores de *P. edulis* coletadas no próprio cultivo.

Os beija-flores foram visitantes comuns nas flores de *P. edulis*. Foram observadas três espécies, *Anthracothorax nigricollis*, *T. glaucopis* e *Ramphodon naevius* (Trochilidae), além do cerebídeo *Coereba flaveola* (Linnaeus) (Fringillidae). As espécies mais frequentes foram *A. nigricollis* e *T. glaucopis*. Machos e fêmeas de *A. nigricollis* foram avistados, porém a maioria das visitas foi feita por fêmeas. Snow & Snow (1980), em estudo na Colômbia, não observaram fêmeas de *A. nigricollis* coletando néctar, mas sim buscando insetos. A diferença no comportamento observado em Morretes e na Colômbia pode estar relacionada à época em que o estudo foi feito por aqueles autores.

O número de visitas por beija-flores que uma flor recebe em uma hora é inferior se comparado às visitas feitas por abelhas. A baixa frequência, entretanto, não exclui os beija-flores como potenciais polinizadores, pois mesmo que sua presença seja esparsa, durante o forrageio visitam várias flores em toda a extensão do cultivo. O fato dos beija-flores observados retornarem às flores a intervalos intermitentes pode estar associado ao uso de rotas de alimentação (*trap lining*) como estratégia de forrageio. Corbet & Willmer (1980) relataram que os beija-flores devem ser importantes na polinização de *P. edulis*, porém as visitas na área estudada foram pouco numerosas.

Um indivíduo de *A. nigricollis* foi capturado em rede de neblina, sendo possível observar pólen depositado na porção superior do bico. Foram observados pelo menos quatro tipos de grãos, incluindo os de *P. edulis*. A evidência de pólen no bico indica que o beija-flor toca os órgãos reprodutivos e que, portanto, pode

ser considerado polinizador. Considerando que a estratégia de alimentação de *A. nigricollis* seja em rotas de alimentação, é possível que esteja visitando flores de *P. edulis* de diferentes cultivos na região de Morretes, favorecendo um maior fluxo gênico.

Quanto às visitas feitas por *T. glaucopis*, foi observado que esses beija-flores podem, ao visitar as flores, encostar a porção superior do bico nas anteras. Entretanto, tanto *T. glaucopis* quanto *A. nigricollis* foram considerados nesse trabalho como polinizadores ocasionais, pois apesar de comuns e forragearem várias flores, a maneira de adentrarem na flor nem sempre foi favorável ao toque nas partes reprodutivas.

Em *P. alata* foram feitas observações focais e registros em imagens para identificação das espécies visitantes e do comportamento. Os beija-flores foram frequentes em todos os meses da florada de *P. alata*, sendo, junto com *A. mellifera*, um dos primeiros visitantes a chegar à flor, e ambos estavam presentes ao longo de todo o dia.

Observando o comportamento de forrageio, provavelmente os beija-flores *T. glaucopis* e *Ramphodon naevius* não devem participar na polinização. Muitos tentam acessar a câmara nectarífera pelo lado externo da flor através de furos deixados por outros pilhadores ou podem estar predando formigas presentes nos nectários extra-florais. *Ramphodon naevius* possui bico longo, o que diminui a probabilidade de tocar os órgãos reprodutivos. *Coereba flaveola* foi observado coletando insetos na flor de *P. alata*.

### 3. Manejo e Conservação

Plano de Manejo para Mamangavas do subgênero *Xylocopa* (*Neoxylocopa*)

#### 3.1 - Tipos de Manejo

O manejo sustentável de polinizadores na agricultura pode ser dividido em duas grandes categorias: (1) Manejo dirigido e (2) Manejo de hábitat. Na primeira categoria, o manejo enfoca uma única espécie ou um número reduzido de espécies-chave que são manejadas para garantir o fornecimento de um serviço de polinização específico. São feitas, portanto, intervenções dirigidas que visam o incremento e manutenção das populações de interesse, mesmo que isto possa representar redução nas populações de outras espécies não-focais. Dependendo do grau de conhecimento disponível sobre a biologia e ecologia das espécies de interesse, podem ser implantadas intervenções bem específicas e minuciosas de modo a otimizar os resultados e obtê-los no menor prazo possível. A complexidade das intervenções tende a ser maior e as ações tendem a ter custos mais elevados na sua implantação, principalmente porque parte delas precisa ser refeita com uma maior frequência e, portanto, implicando em gastos adicionais com materiais e mão de obra.

Na segunda categoria, as ações do manejo têm um foco difuso e afetam um número maior de espécies. A garantia do fornecimento de serviços adequados de polinização advém da manutenção de hábitat favorável para os polinizadores, como parte componente da paisagem nas propriedades agrícolas. As questões mais importantes dizem respeito à localização, dentro das propriedades rurais, das áreas que serão manejadas (Krell 1995) e quanto de hábitat manejado deve ser reservado para manutenção dos serviços de polinização (Kremen *et al.* 2002). Os custos são variáveis, dependendo do grau de intervenção desejado, porém tendem a ser menores em longo prazo, quando comparados com o manejo dirigido, uma vez que as ações tendem a

ser mais duradouras e com efeito prolongado. Além disso, os custos podem ser considerados ainda menores quando computados os benefícios adicionais derivados da manutenção de outros serviços ecossistêmicos, como manutenção de populações de inimigos naturais, fornecimento de água, etc..

Idealmente os dois tipos de manejo devem ser implantados de maneira conjunta para se atingir os melhores resultados. O grau de intervenção e a predominância de um tipo de manejo sobre outro dependem das condições locais e da estrutura predominante na paisagem local. Regiões mais degradadas, e em que os serviços ambientais encontram-se mais comprometidos, requerem uma intervenção dirigida para fornecimento de serviços de polinização no curto prazo. Ao longo prazo, o manejo de hábitat, com recuperação de parte cobertura vegetal, pode permitir uma recuperação mais duradoura dos serviços de polinização, requerendo um menor número de ações dirigidas. Em regiões com um mosaico mais complexo de hábitats, o manejo pode ser dirigido para intervenções pontuais, desde que se cuide para que não ocorra uma deterioração brusca das condições locais necessárias para a manutenção das populações de polinizadores.

### 3.2 - Avaliação Prévia

Uma questão importante antes da implantação de um plano de manejo é uma avaliação da necessidade de intervenção e, tendo resultado positivo, qual o grau necessário de intervenção para se obter um nível satisfatório de serviços de polinização. Para isso, o produtor deve avaliar a porcentagem de frutificação por polinização natural em sua cultura. O método mais simples consiste em marcar um determinado número de flores, cerca de 20 a 30, em pontos separados do cultivo e avaliar a taxa de formação de frutos 15 dias depois da floração. A marcação pode ser feita simplesmente amarrando, sem apertar muito, um pedaço de fita plástica colorida no pecíolo da flor. O comprimento do pedaço de fita deve estar em torno de 20 a 30 cm para facilitar a localização posterior. Também se deve produzir um croqui da área avaliada e marcar os pontos onde as flores foram marcadas para que possam ser encontradas posteriormente e desse modo evitar o cômputo de falsos negativos, pois os frutos não localizados, mesmo que tenham vingado, serão considerados abortos.

Caso seja do interesse do produtor, deve-se proceder também à polinização manual concomitante para avaliar a diferença em relação às taxas de frutificação sob polinização aberta. Para polinização manual, escolhe-se o mesmo número de flores (20 a 30) e faz-se a polinização utilizando pólen retirado de flor de outra planta. Para evitar a autopolinização, devem-se recolher flores recém abertas em um ponto específico do cultivo e utilizá-las como doadores de pólen em outros pontos mais distantes. Cerca de 5 a 6 flores são suficientes, pois cada flor possui 5 anteras e uma antera possui grãos de pólen suficientes para polinizar uma flor. Uma maneira mais simples seria pegar pólen com os dedos em flores próximas, mas não da mesma planta, e passar sobre o estigma da flor sendo avaliada. A rigor, as flores polinizadas manualmente deveriam ser ensacadas imediatamente após a polinização para não permitir o acesso aos potenciais visitantes florais. Contudo, mesmo quando deixadas desprotegidas, as possíveis interferências não deveriam ser suficientes para mascarar os resultados. A marcação das flores polinizadas manualmente deve ser feita com fita de outra cor.

Em muitas regiões produtoras do país, a porcentagem de frutificação sob polinização natural é insatisfatória, indicando a necessidade de intervenção, que na maioria dos casos é feita com emprego de pessoas fazendo polinização manual. Diferentes publicações podem ser mencionadas para comparação entre polinização natural e manual.

Para se ter maior segurança com relação aos valores observados sob polinização natural deve-se atentar para alguns fatores e condições que podem interferir no processo de obtenção das estimativas. As condições fitossanitárias do cultivo devem ser observadas, pois a taxa de frutificação é fortemente correlacionada ao estado nutricional e de sanidade das plantas. Além disso, plantas que já tenham produzido um grande número de flores na estação e que apresentam cargas maiores de frutos poderão ter uma taxa de aborto maior comparadas àquelas que estejam nas fases iniciais de floração. Também as condições climáticas no dia da avaliação devem ser observadas, pois em dias mais frios ou com chuvisco, a taxa de visitação tende a ser baixa mesmo em locais com grandes populações de mamangavas. Por isso, a avaliação deve ser feita em dias ensolarados ou com céu apenas parcialmente nublado. Outro ponto a ser observado diz respeito ao estado em que se encontra a cultura no seu ciclo anual. No início da floração, a taxa de visitação pode ser baixa devido ao reduzido número de flores. A atratividade para as mamangavas tende a aumentar com um aumento no número de flores abrindo a cada dia na cultura. Ruggiero *et al.* (1996) afirmam que a população de mamangavas pode ser considerada satisfatória se houver de 40 a 50% de frutificação. Nestas condições, a intervenção deve dar-se na forma de monitoramento para impedir a deterioração das condições locais que poderiam levar ao comprometimento dos serviços de polinização. O manejo voltado ao incremento e manutenção das populações de mamangavas, como preconizado nos itens seguintes, deve ser introduzido quando observados valores insatisfatórios, abaixo de 30 a 40% em repetidas avaliações, na taxa de frutificação sob polinização natural.

### 3.3 - Manutenção de Populações de Mamangavas (*Xylocopa*)

#### 3.3.1 - Requerimentos para nidificação e reprodução

Um dos requerimentos básicos para o manejo dirigido de espécies de mamangavas do subgênero *X.* (*Neoxylocopa*) é a oferta adequada de substrato de nidificação. O substrato utilizado por estas abelhas consiste de madeira morta, onde são escavadas galerias para construção e aprovisionamento das células de cria. Embora estas abelhas sejam generalistas quanto às espécies de planta usadas como substrato, as características da madeira são determinantes para sua aceitação. Deve ser oferecida madeira seca e macia o suficiente para ser cortada com as mandíbulas das abelhas. Uma das maneiras mais simples de ofertar substrato adequado de nidificação é na forma de pedaços de galhos secos ou de troncos mortos (Camillo 2003). Podem se empregar dimensões variáveis dos pedaços de madeira, atentando apenas para a facilidade de transporte e de manuseio das peças. No caso de galhos, o diâmetro deve ser de pelo menos 10 cm para que as abelhas encontrem espaço suficiente para escavar as galerias. Espécies maiores, como *X. frontalis*, fazem uma complexa rede de canais e por isso parecem ter preferência para pedaços maiores de madeira, com mais de 20 cm de espessura. No caso de troncos grossos, com mais de 40 cm de diâmetro, podem-se fazer cortes de modo a produzir duas a quatro partes. O comprimento destes pedaços deve estar entre 40 a 60 cm para permitir o uso pelas abelhas e facilitar o manuseio e instalação. Para estimular a nidificação pelas mamangavas recomenda-se fazer um a dois furos, com cerca de 5 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de diâmetro. Esses furos devem ser no sentido oblíquo, de baixo para cima, e têm por finalidade servir de abrigo às novas fêmeas de mamangavas que estejam procurando local para iniciarem seus ninhos e também, como ponto de partida para escavação do novo ninho.

Quanto às espécies de plantas utilizadas para fornecer madeira para substrato, deve-se dar preferência para aquelas mais abundantes localmente, porém sem violar as leis ambientais regulando o corte e uso de árvores. Em geral, espécies pioneiras e com rápido crescimento fornecem madeira em abundância e de lenho macio. Exemplos comuns em regiões com mata atlântica são guapuruvu, tamboril, *Enterolobium* spp. (Fabaceae), figueira ou mata-pau e jacatirão ou quaresmeira. Pode ser utilizada também madeira de eucalipto

ou de outras espécies exóticas plantadas para sombreamento ou quebra-vento, como o cinamomo (*Melia azedarach*). Nestas circunstâncias, a madeira não pode ter sido tratada com produtos químicos contra fungos e insetos.

Independente da espécie de planta sendo usada, é possível fazer o aproveitamento de troncos ou galhos caídos nas fases iniciais de decomposição, evitando assim o abate de árvores vivas. Estes troncos podem ser cortados em pedaços menores (vide dimensões acima) e levados para secar em local abrigado da chuva e sem contato com umidade do solo para evitar o seu completo apodrecimento. Mesmo troncos que se encontram caídos por mais tempo, porém que não foram totalmente consumidos internamente por fungos e insetos, podem ser aproveitados, desde que adequadamente secos. Existem evidências de que as mamangavas têm preferência por madeira atacada previamente por fungos xilófagos (Marchi & Melo 2010).

Um substrato alternativo que pode oferecer bons resultados são gomos de bambu com paredes grossas (Camillo 2003). Devem ser cortados deixando uma das pontas abertas e a outra fechada pelo nó, com comprimento variando de 25 a 40 cm e diâmetro interno de 1,5 a 2 cm. Nesse caso, as mamangavas não precisam escavar o túnel, dispondo as células linearmente e construindo os tampões de fechamento das células raspando as paredes internas do bambu, daí a necessidade de paredes espessas (Marchi & Melo 2010).

Outra técnica que tem sido sugerida consiste na confecção de ninhos armadilhas, em que quadros individuais contendo uma lâmina de madeira apropriada para escavação são agrupados dentro de uma caixa maior, cada quadro com um canal de abertura para atrair as mamangavas (Mardan 1995, Freitas & Oliveira-Filho 2001). As lâminas de madeira, com espessura igual ao diâmetro médio da galeria das mamangavas, podem ser protegidas por vidro (ou acrílico incolor) de modo a permitir o exame do conteúdo das células. Embora permitam um manejo mais adequado dos ninhos pela possibilidade de inspeção do seu conteúdo, o acompanhamento do desenvolvimento dos imaturos e a detecção de parasitismo, os ninhos armadilhas podem não ter boa aceitação pelas abelhas (Marchi & Melo 2010). Além disso, a confecção dos ninhos armadilhas requer mão de obra e materiais especializados, aumentando os custos do manejo.

O substrato oferecido às abelhas, independente do material e da técnica sendo empregados, deve ser colocado sob abrigos protegidos da chuva. Para isso, podem ser aproveitados galpões e outras construções existentes na propriedade. Os troncos e pedaços de madeira podem ser simplesmente pendurados por arames às paredes e vigas da construção. No caso de gomos de bambu, estes devem ser organizados em feixes e mantidos suspensos ou apoiados em prateleiras em posição horizontal. Caso a área a ser polinizada seja relativamente extensa, com mais de 5 ha, deve-se tomar cuidado em distribuir de maneira mais uniforme os abrigos contendo os ninhos para garantir uma melhor polinização de toda a área plantada. A construção de pequenos abrigos pode ser feita de maneira simples, com madeira e cobertura de lona plástica, preferencialmente de cor clara para evitar aquecimento excessivo dos ninhos.

Um cuidado adicional diz respeito à altura do substrato de nidificação em relação ao solo. Em geral, as mamangavas parecem não exibir preferência, nidificando em diferentes alturas, desde próximo ao nível do solo a alguns metros de altura. Contudo, em áreas próximas a florestas, os ninhos em contato com o chão podem ser mais susceptíveis ao ataque de formigas-de-correição (*Eciton* spp. e *Labidus* spp., Formicidae). Estas formigas invadem os ninhos e predam larvas, pupas e mesmo adultos que não conseguem escapar. Outro problema, principalmente em regiões mais úmidas, é que o contato prolongado do substrato com o solo pode acelerar o seu apodrecimento.

O sucesso na colonização dos substratos sendo oferecidos e na fundação de novos ninhos depende da presença de fêmeas nidificando na área de cultivo. De uma maneira geral, as espécies de *X. (Neoxylocopa)* têm populações grandes e conseguem sobreviver mesmo em áreas bastante alteradas, incluindo ambientes agrícolas submetidos a agricultura intensiva. Entretanto, a utilização dos substratos oferecidos pode levar muito tempo, pois depende do tamanho da população de mamangavas, da disponibilidade de substrato no ambiente e na facilidade com que as fêmeas encontram o substrato oferecido. Uma técnica para acelerar a ocupação dos substratos de nidificação é promover o adensamento de ninhos, que consiste em localizar ninhos em condições naturais e transferir os troncos ocupados com ninhos para os abrigos construídos. As espécies de *X. (Neoxylocopa)* tendem a reutilizar o ninho materno, fazendo sua expansão ao longo do tempo e com isso prolongando as atividades associadas a um dado ninho. Em alguns casos, os ninhos podem permanecer ativos por alguns anos. Além disso, estas espécies de mamangavas tendem a nidificar nas proximidades do ninho materno quando há disponibilidade de substrato. Por isso, a presença de ninhos ativos nos abrigos promove a ocupação dos substratos oferecidos.

Alguns cuidados devem ser tomados para a transferência dos troncos contendo ninhos. Como os adultos, tanto machos quanto fêmeas, passam a noite nos ninhos, é importante que a translocação seja feita depois que todos os adultos tenham retornado do campo para evitar sua perda. Para isto, deve-se fechar a entrada dos ninhos apenas após o anoitecer, usando para isto uma rolha de cortiça, bucha de papel ou outro material que permita o bloqueio temporário das abelhas. Após a colocação do tronco no novo local, a entrada deve ser desbloqueada. O tronco contendo o ninho deve ser posicionado de maneira semelhante à que se encontrava para facilitar a orientação dos adultos.

Os poucos estudos conduzidos indicam que o pico de fundação de novos ninhos ocorre em períodos específicos ao longo do ano. Devido a esse comportamento sazonal, a colonização e fundação de ninhos nos substratos oferecidos podem demorar a ocorrer, principalmente se a disponibilização ocorrer imediatamente após o período de fundação de novos ninhos. Na falta de dados locais sobre o comportamento das espécies, deve-se aguardar pelo menos um ano para avaliar o sucesso das técnicas de manejo sendo adotadas. Eventuais intervenções devem ser feitas apenas com a confirmação de baixo sucesso.

Outro aspecto da reprodução em espécies de *X. (Neoxylocopa)* que precisa ser considerado diz respeito ao estabelecimento pelos machos de territórios onde as fêmeas são atraídas para cópula. Na maioria das espécies desse subgênero, os machos estabelecem territórios ao redor de ramos de árvores e arvoretas, em geral, em pontos mais elevados do terreno. Apenas raramente, o fornecimento de tais substratos pode se tornar uma preocupação no manejo, uma vez que estas condições são facilmente atendidas, mesmo em áreas bastante degradadas. *Xylocopa frontalis*, por outro lado, apresenta comportamento distinto, em que os machos estabelecem seus territórios no interior de folhagem densa. Como é a espécie mais abundante e amplamente distribuída no Brasil, em muitos casos a única espécie de *X. (Neoxylocopa)* encontrada em áreas agrícolas, recomenda-se o plantio de árvores de copa fechada ou moitas de bambu para permitir que os machos estabeleçam seus territórios.

### 3.3.2 - Requerimentos para provisionamento

Mesmo com o fornecimento de substrato adequado para nidificação, o sucesso no manejo das mamangavas depende também da disponibilidade de fontes de alimento, em quantidade e qualidade que permitam a manutenção de populações viáveis e em número suficiente para prover os serviços de polinização. As flores de maracujá-amarelo são importantes fontes de alimento para essas abelhas, sendo bastante atrativas pelo néctar abundante e com alto teor de açúcares. No período de florescimento da cultura, as flores de maracujás constituem sua principal fonte de néctar, tanto para fêmeas quanto machos. Por isso, a preocupação maior no manejo das mamangavas deve estar centrada nas fontes florais de pólen para provisionamento das células de cria e alimentação das fêmeas.

Um grande número de espécies vegetais é usado como fonte de pólen por fêmeas de *X. (Neoxylocopa)*. Por isso, são muitas as opções de espécies que podem ser cultivadas para aumentar o fornecimento de pólen, sendo importante levar em consideração as condições locais de clima e solo na escolha daquelas mais adequadas. Deve-se dar preferência para espécies arbóreas, com floradas maciças, como quaresmeira ou jacatirão (*Tibouchina* spp.), fedegoso ou canafístula (*Senna* spp., Fabaceae) e urucum (*Bixa orellana* L., Bixaceae). As espécies desses gêneros possuem flores com anteras poricidas e não produzem néctar, sendo importantes fontes de pólen para as mamangavas. Outro aspecto importante é que o período principal de liberação de pólen nessas espécies ocorre pela manhã, não interferindo com a visitação às flores do maracujá-amarelo no período da tarde. Outras espécies arbóreas de famílias como Fabaceae e Lecythidaceae podem ser importantes fontes de pólen, bem como de néctar.

A utilização de árvores possibilita um manejo mais adequado ao longo prazo, por permitir uma redução na área das propriedades ocupada com fontes de néctar e pólen e reduzir os custos com sua manutenção por não exigirem frequentes replantios. Uma única árvore pode produzir uma grande quantidade de flores, possibilitando que um grande número de abelhas obtenha alimento. Assim, mesmo uma área relativamente pequena coberta com árvores pode ser suficiente para a manutenção das populações de polinizadores.

Em regiões desfavoráveis ao cultivo de árvores e nas fases iniciais de implantação do manejo, deve-se fazer o plantio de arbustos perenes e espécies anuais como fontes de pólen. Em geral, espécies com flores grandes de Fabaceae e Solanaceae, pertencentes a gêneros como *Crotalaria*, *Cassia*, *Chamaecrista*, *Senna* e *Solanum*, podem ser cultivadas nas proximidades das áreas sendo manejadas.

Fontes de néctar devem também ser plantadas, principalmente espécies que floresçam nos períodos em que o maracujá-amarelo não está produzindo flores. Há um grande número de espécies que podem ser indicadas, tanto arbóreas, arbustivas e lianas. Importantes fontes de néctar para mamangavas são encontradas nas famílias Bignoniaceae, Fabaceae (que podem fornecer néctar e pólen, como *Crotalaria* spp. e vários outros gêneros), Lecythidaceae (tanto néctar quanto pólen) e Passifloraceae (como *P. alata* e *P. cincinnata*).

Como enfatizado acima na seção tratando os tipos de manejo, deve-se procurar conciliar práticas voltadas para o fornecimento de fontes de alimento aos polinizadores com iniciativas relacionadas à recuperação de áreas degradadas e restauração de outros serviços ambientais. Desse modo, pode-se proceder ao plantio seletivo de espécies de interesse, no manejo das mamangavas, em áreas em que está se promovendo a recuperação da vegetação ao longo dos cursos d'água e em áreas de reserva legal.

### 3.3.3 - Práticas culturais

Em cultivos convencionais de maracujá-amarelo, deve-se atentar para os efeitos da aplicação de inseticidas sobre as mamangavas. Usualmente são aplicados inseticidas contra pragas desfoliadoras (lagartas de borboletas) e sugadoras de frutos (percevejos) (Aguiar-Menezes *et al.* 2002) e menos frequentemente contra outras pragas, como ácaros, brocas e mosca-das-frutas e do botão. Não existem dados sobre a seletividade dos diferentes princípios ativos a mamangavas do gênero *Xylocopa*, não havendo portanto recomendações específicas que possam ser aplicadas no manejo destas abelhas. Durante as aplicações de inseticidas, deve-se evitar o período da tarde em que ocorre a abertura das flores e as visitas dos polinizadores, fazendo as aplicações preferencialmente à noite ou pela manhã. Sempre que possível, deve-se dar preferência a produtos recomendados para cultivos orgânicos, embora a seletividade para as mamangavas dos compostos envolvidos também não tenha sido avaliada.

### 3.3.4 - Custos para Implantação

Ainda não estão disponíveis dados que permitam um cálculo detalhado dos custos envolvidos na implantação de um plano de manejo dirigido às mamangavas para polinização de maracujá-amarelo. Independente da disponibilidade destes dados, o custo de implantação não deve ultrapassar o custo da mão de obra necessária para fazer a polinização manual. Melo *et al.* (2005) estimaram em US \$975,00 a \$1.222,00 o custo anual da mão de obra para polinizar um hectare de maracujá-amarelo, em Morretes, PR, caso fosse necessária a implantação de polinização manual. Por outro lado, Miranda & Bemelmans (1995) estimaram em 768 horas anuais necessárias para polinizar 1 ha, que nas condições locais de Morretes, custariam US \$624,00. Para esses autores, o custo de mão de obra seria menor porque a polinização seria realizada apenas durante os picos de floração, que ocorreriam em um total de 48 dias do ano.

Para o cálculo do custo de implantação do plano de manejo, é preciso conhecer o número mínimo, por ha de cultura, de fêmeas de mamangavas necessárias para fornecer os serviços de polinização a uma taxa economicamente satisfatória. Estimativas preliminares geradas por Melo *et al.* (2005) indicam que cerca de 300-350 fêmeas são suficientes para polinizar as cerca de 12-14 mil flores produzidas diariamente em 1 ha de cultivo. É possível que este número possa ser reduzido, mas estimativas mais confiáveis requerem estudos adicionais de campo. Como os ninhos, em geral, contêm mais de uma fêmea ativa, principalmente ninhos mais velhos de *X. frontalis*, o custo para o manejo envolveria a manutenção de cerca de 100-200 ninhos ativos por ha.

De modo a manter os custos em um patamar reduzido, deve-se optar pela adoção de um processo gradual, com emprego de técnicas simples de manejo e com baixo custo de implantação, envolvendo a realização de ações mais duradouras de manejo do habitat. Deve-se também conciliar estas ações com outras voltadas para a recuperação da vegetação ao longo de cursos d'água e de áreas de reserva legal nas propriedades rurais, o que proporcionaria a redução dos custos no longo prazo.

#### 4. Referências bibliográficas

- AGUIAR-MENEZES, E.L., MENEZES, E.B., CASSINO, P.C.R. & SOARES, M.A. 2002. Passion fruit. In Tropical Fruit Pests and Pollinators (J.E. Peña, J.L. Sharp, & M. Wysoki, eds.). CAB International, p. 361-390.
- AKAMINE, E.K. & GIROLAMI, G. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 39:1-44.
- ANZENBERGER, G. 1977. Ethological study of African carpenter bees of the genus *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). Zeitschrift für Tierpsychologie 44: 337-374.
- BAIRD, J.M. 1986. A field study of thermoregulation in the carpenter bee *Xylocopa virginica virginica* (Hymenoptera: Anthophoridae). Physiological Zoology 59:157-168.
- BRUCKNER, C.H. & SILVA, M.M. 2001. Florescimento e frutificação. In Maracujá: Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Agroindústria, Mercado (C.H. Bruckner & M.C. Picanço, eds.). Cinco Continentes, Porto Alegre, p.51-68.
- BRUCKNER, C.H., CASALI, V.W.D., MORAES, C.F., REDAZZI, A.J. & SILVA, E.A. 1995. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). Acta Horticultrae 370:45-57.
- BURQUEZ, A. & CORBET, S.A. 1991. Do flowers resorb nectar? Functional Ecology 5:369-379.
- CAMILLO, E. & GAROFALO, C.A. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in Southern Brazil. I - nest construction and biological cycle. Revista Brasileira de Biologia 42:571-582.
- CAMILLO, E. 1980. Polinização do maracujazeiro. In Cultura do Maracujazeiro (C. Ruggiero, ed.). FCAV-UNESP, Jaboticabal, p.47-53.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do maracujá. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- CAMILLO, E., GARÓFALO, C.A. & MUCHILLO, G. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) in Southern Brazil: nest construction and biological cycle (Hymenoptera: Anthophoridae). Revista Brasileira de Biologia 46:383-393.
- CARVALHO, A.M. & TEÓFILO-SOBRINHO, J. 1973. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. na produção do maracujazeiro. In Anais do 2º Congresso Brasileiro de Fruticultura, Sociedade Brasileira de Fruticultura, Viçosa, p.421-424.
- CERVI, A.C. 1997. Passifloraceae do Brasil. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. Fontqueria 45:1-92.
- CORBET, S.A. & WILLMER, P.G. 1980. Pollination of the yellow passion fruit: nectar, pollen and carpenter bees. Journal of Agriculture Science 95:655-666.
- CORBET, S.A. 1990. Pollination and the weather. Israeli Journal of Botany 39:13-30.
- CRAWLEY, M.J. 1997. Plant Ecology. Blackwell scientific publications, Oxford.
- DAFNI, A. & FIRMAGE, D. 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. Plant Systematics and Evolution 222:113-132.

- DURKEE, L.T, GAAL, D.J., REISNER, W.H. 1981. The floral and extra-floral nectaries of *Passiflora*. I. the floral nectary. *American Journal of Botany* 68:453-462.
- ENDRESS, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- FEINSINGER, P. & COLWELL, R.K. 1978. Community organization among Neotropical nectarivorous birds. *American Zoologist* 18:779-795.
- FREITAS, B.M & OLIVEIRA-FILHO, J.H. 2001. Criação racional de mamangavas para a polinização em áreas agrícolas. Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza.
- GAGLIANONE, M.C. 2003. Abelhas da tribo Centridini na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. In *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure* (G.A.R. Melo & I. Alves-dos-Santos, eds). Editora Unesc, Criciúma, p. 279-284.
- GERLING, D., VELTHUIS, H.H.W. & HEFETZ, A. 1989. Bionomics of the large carpenter bees of the genus *Xylocopa*. *Annual Review of Entomology* 34:163-90.
- GOLDENBERG, R. & SHEPHERD, G.J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae on cerrado vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 211:13-29.
- GOTTSBERGER, G., CAMARGO, J.M.F. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 1988. A bee-pollinated tropical community: the beach dune vegetation of Ilha de São Luís, Maranhão, Brazil. *Botanische Jahrbücher Systematisches* 109:469-500.
- GRISI, Jr. C. 1973. Falta de polinização – a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga, SP. In *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Fruticultura, Sociedade Brasileira de Fruticultura Viçosa*, p.427-431.
- HEINRICH, B. & RAVEN, P.H. 1972. Energetics and pollination ecology. *Science* 176:597-602.
- HOFFMANN, M., PEREIRA, T.N.S., MERCADANTE, M.B. & GOMES, A.R. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae) por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goyatacazes, Rio de Janeiro. *Iheringia Série Zoologia* 29:149-152.
- HURD, P.D. & MOURE, J.S. 1963. A classification of the large carpenter bees (Xylocopini). University of California Publications on Entomology 29:1-365.
- HURD, P.D. 1978. An annotated catalog of the carpenter bees (genus *Xylocopa* Latr.) of the Western Hemisphere (Hymenoptera, Anthophoridae). Smithsonian Institution Press, Washington.
- IBGE. 1997. Base de Informações Municipais. <http://www.ibge.gov.br>. (Acesso em 12 maio 2004).
- IBGE. 2004. Produção Agrícola Municipal Anual (PAM) 2003 – culturas temporárias e permanentes. V.30, p. 1-93. <http://www.ibge.gov.br>. (Acesso em 16 jun 2005).
- JANZEN, D.H. 1968. Reproductive behavior in the Passifloraceae and some of its pollinators in Central America. *Behaviour* 32:33-48.
- JOSÉ, A.R.S. 1991. A Cultura do Maracujá no Brasil. Funep, Jaboticabal.

- KOSCHNITZKE, C. & SAZIMA, M. 1997. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) em mata semidecídua. *Revista Brasileira de Botânica* 20:119-117.
- KRELL, R. 1995. Alternatives to artificial pollinator populations. In *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics* (D.W. Roubik, ed.). FAO Agricultural Services Bulletin 118, Roma, p.74-84.
- KREMEN, C., WILLIAMS, N.M. & THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of National Academy of Sciences* 99:16812-16816.
- LAROCCA, S. 1974. Estudo feno-ecológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto paranaense. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LIMA, A.A. 1999. O Cultivo do Maracujá. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas.
- MANICA, I. & OLIVEIRA Jr., M.E. 2005. Maracujá no Brasil. In *Maracujá-doce: Tecnologia de Produção, Pós-Colheita, Mercado* (I. Manica, A. Brancher, C. Sanzonowicz, M.I. Icuma, J.L.Paguier, J.A. Azevedo, M.A.S. Vasconcellos & N.T.V. Junqueira, eds.). Cinco Continentes, Porto Alegre, p.11-26.
- MARCHI, P. & MELO, G.A.R. 2010. Biologia de nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná. *Oecologia Australis* 14: 210-231.
- MARDAN, M. 1995. Varied pollinators for Southeast Asian crops. In *Pollination of Cultivated Plants in the Tropics* (D.W. Roubik, ed.). FAO Agricultural Services Bulletin 118, Roma, p.142-149.
- MELO, G.A.R., VARASSIN, I.G., VIEIRA, A.O.S., MENEZES JR., A.O., LÖWENBERG-NETO, P., BRESSAN, D.F., ELBL, P.M., MOREIRA, P.A., OLIVEIRA, P.C., ZANON, M.M.F., ANDROCIOLI, H.G., XIMENES, B.M.S., ALVES, D.S.M., CERVIGNE, N.S., PRADO, J. & IDE, A.K. 2005. Polinizadores de maracujás no Paraná. Subprojeto 02.02.89. Relatório Técnico. PROBIO Edital 02/2003 – Uso sustentável e restauração da diversidade de polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas associados. Curitiba, PR.
- MIRANDA, M.C. & BEMELMANS, P.F. 1995. Sistema de cultivo e custo de produção de maracujá. *Agricultura em São Paulo* 42:113–132.
- MUSCHNER, V.C., LORENZ, A.P., CERVI, A.C., BONATO, S.L., SOUZA-CHIES, T.T., SALZANO, F.M. & FREITAS, L.B. 2003. A first molecular phylogenetic analysis of *Passiflora* (Passifloraceae). *American Journal of Botany* 90:1229-1238.
- NEPI, M., CIAMPOLINI, F. & PACINI, E. 1996. Development and ultrastructure of *Cucurbita pepo* nectaries of male flowers. *Annals of Botany* 78:95–104.
- NEPI, M., GUARNIERI, M. & PACINI, E. 2001. Nectar secretion, reabsorption, and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *International Journal of Plant Science* 162:353-358.
- NEVES, C.S.J., CARVALHO, S.L.C. & NEVES, P.M.J. 1999. Porcentagem de frutificação, período de desenvolvimento dos frutos e unidades térmicas para maracujá amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 21:128-130.
- NICOLSON, S.W. 1990. Osmoregulation in a nectar-feeding insect, the carpenter bee *Xylocopa capitata*: water excess and ion conservation. *Physiological Entomology* 15:433-440.
- OKSANEN, J. & MINCHIN, P.R. 1997. Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *Journal of Vegetation Science* 8:447-454.

RADFORD, A.E., DICKISON, W.C, MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row Publishers, New York.

RATHCKE, B.J. 1992. Nectar distribution, pollination behavior, and plant reproductive success. In Effect of resources distribution on animal-plant interactions (M.D. Hunter, T. Ohgushi & P.W. Price, eds.). Academy Press, p.113-138.

RUGGIERO, C. 1987. Cultura do Maracujazeiro. Ed. Legis Summa, Ribeirão Preto.

RUGGIERO, C., LAM-SANCHEZ, A. & BANZATTO, D.A. 1975. Estudo da polinização natural e controlada em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). III Congresso Brasileiro de Fruticultura. Sociedade Brasileira de Fruticultura Seropédica, p.497-513.

RUGGIERO, C., SÃO JOSÉ, A.R., VOLPE, C.A., OLIVEIRA, J.C., DURINGAN, J.F., BAUMGARTNER, J.G., SILVA, J.R., NAKAMURA, K., FERREIRA, M.E., KAVATI, R. & PEREIRA, V.P. 1996. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. EMBRAPA, Brasília.

SAKAGAMI, S.F. & LAROCA, S. 1971. Observations on the bionomics of some Neotropical Xylocopini bees, with some comparative biofaunistic notes (Hymenoptera, Anthophoridae). Journal of the Faculty of Sciences 18:57-127.

SAZIMA, I. & SAZIMA, M. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (Passifloraceae). Revista Brasileira de Entomologia 33:109-118.

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

SILVA, A.G. & GALLO, M.B.C. 1984. Contribuição ao conhecimento das espécies de *Passiflora* Linn. das Restingas do Espírito Santo In Anais do Simpósio sobre Restingas Brasileiras, Niterói. CEUFF, Universidade Federal Fluminense, Niterói, p.233-240.

SILVA, A.G. 1997. Fragrâncias e néctar florais na determinação de padrões horários de visitação às flores de cinco espécies vegetais. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, C.F. 1989. Composição florística e estrutura fitossociológica da floresta tropical ombrófila da encosta Atlântica no município de Morretes, PR. Boletim de Pesquisa Florestal 18/19:31-39.

SILVA, M.M., BUCKNER, C.H., PICANÇO, M. & CRUZ, C.D. 1997. Influência de *Trigona spinipes* Fabr. (Hymenoptera: Apidae) na polinização do maracujazeiro amarelo. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 26:217-221.

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

SOUZA, M.M. & PEREIRA, T.N.S. 2000. Development of pollen grain in yellow passion-fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Passifloraceae). Genetics and Molecular Biology 23:469-473.

SOUZA, M.M., PEREIRA, T.N. & MARTINS, E.R. 2002a. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *Sims flavicarpa* Degener). Ciências e Agrotecnologia 26:1209–1217.

- SOUZA, M.M., PEREIRA, T.N. VIANA, A.P. PEREIRA, M.G., AMARAL JR, A.T.& MADUREIRA, H.C. 2004. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener (Passifloraceae). *Scientia Horticulturae* 101:373-385.
- SOUZA, M.M., PEREIRA, T.N.S., HOFFMANN, M., MELO, E.J.T. & LOURO, R.P. 2002b. Embryo sac development in yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passifloraceae). *Genetics and Molecular Biology* 25:471-475.
- SUASSUNA, T.M.F., BRUCKNER, C.H., CARVALHO, C.R. & BORÉM, A. 2003. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. *Theoretical and Applied Genetics* 106:298-302.
- TER BRAAK, C.J.F & SMILAUER, P. 1998. Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca.
- TER BRAAK, C.J.F. 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Écoscience* 1: 127-140.
- TER BRAAK, C.J.F. 1995. Ordination. In *Data analysis in community and landscape ecology* (R.H.G. Jongman, C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- THOMSON, J.D. 2001. Using pollination deficits to infer pollinator declines: can guides us? *Conservation Ecology* 5:6. <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art6/>
- VARASSIN, I.G. & SILVA, A.G. 1999. A melitofilia em *P. alata* Dryander (Passifloraceae) em vegetação de restinga. *Rodriguésia* 50:5-17.
- VARASSIN, I.G. 1996. Néctar e voláteis na polinização de quatro espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- VARASSIN, I.G., TRIGO, J.R. & SAZIMA, M. 2001. The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136:139-152.
- YAMASHIRO, T. 1981. Comparação de dois métodos de polinização artificial no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). In *Anais do 6º Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Recife, p.990-994.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.





## Polinização do maracujá-amarelo no semiárido da Bahia

Blandina Felipe Viana<sup>1</sup>; Fabiana Oliveira da Silva<sup>1</sup>; Ana Maria Almeida<sup>2</sup>

### 1. Caracterização da espécie polinizada

#### 1.1 - O maracujá-amarelo *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener

A família Passifloraceae tem distribuição pantropical, incluindo cerca de 20 gêneros e 600 espécies (Souza & Lorenzi 2005). No Brasil ocorrem 5 gêneros, dos quais *Passiflora* é o gênero mais importante, com cerca de 120 espécies referidas para o Brasil (Endress 1994, Souza & Lorenzi 2005). Embora apresente grande riqueza de espécies, incluindo vários táxons cultivados, os cultivos comerciais registrados em todas as regiões do Brasil baseiam-se em um único táxon, *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener, também conhecida como maracujá-amarelo (**Figura 1**). Este táxon representa 95% dos pomares, devido à qualidade dos frutos, ao vigor, à produtividade e ao rendimento em suco. As espécies do gênero *Passiflora* ocorrem em todo o território brasileiro, sendo o centro norte do Brasil considerado o maior centro de distribuição geográfica desse gênero (Leitão Filho & Aranha 1974).

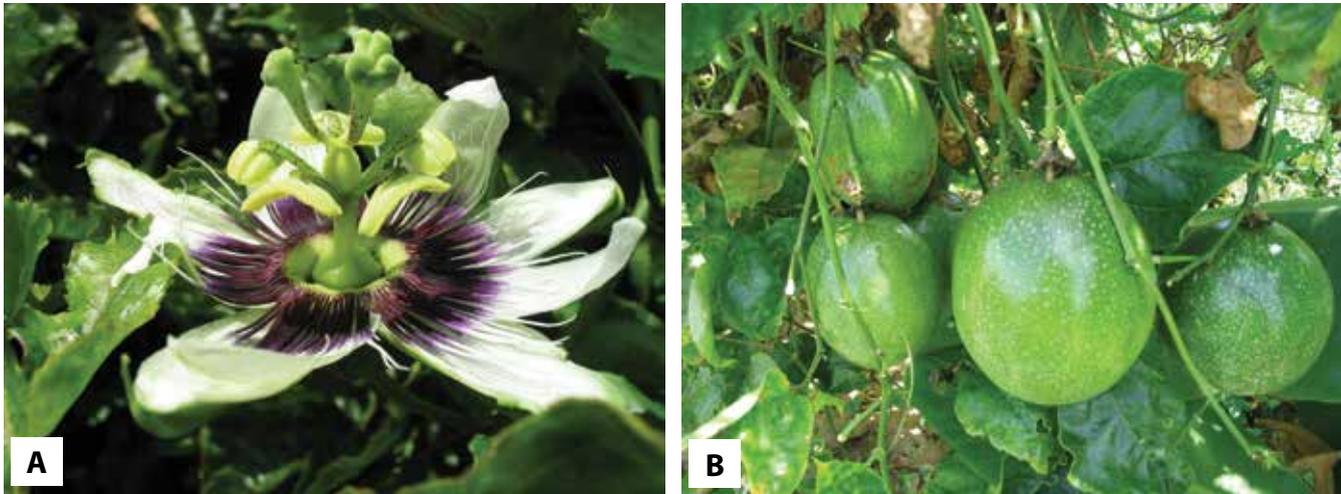
O maracujá-amarelo é o mais cultivado no mundo, dentre as espécies cultivadas de *Passiflora* spp. O Brasil é o maior produtor mundial atingindo 492 mil toneladas e área plantada de aproximadamente 33 mil ha. A produtividade do maracujá-amarelo no país oscilou de 11,34t/ha, em 1994, para 9,21t/ha, em 1996, alcançando 13,47t/ha, em 2002, e 13,44t/ha em 2004 (Lima *et al.* 2006).

A Bahia é o principal produtor, com cerca de 77 mil toneladas/ano e responsável por mais de 95% da produção do Brasil (IBGE 2005, Agrianual 2006). A região do Vale do Médio São Francisco é uma das áreas de maior produção de maracujá-amarelo no estado, e consiste principalmente de pequenos agricultores. Nesta região encontram-se cerca de 1000 ha de área plantada, principalmente nos municípios de Juazeiro–BA e Petrolina–PE (Araújo *et al.* 2005).

Alguns autores acreditam que, pelo fato de ser grande absorvedora de mão de obra e, conseqüentemente, contribuir para a geração de emprego e renda, além de potencial geradora de divisas com a exportação de seu suco, a cultura, nestes tempos de crise econômica e desemprego, pode vir a constituir-se em alternativa de desenvolvimento para diferentes regiões brasileiras, além do Nordeste (Lima 1999, Leonel *et al.* 2000, Nehmi 2000).

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Rua Barão de Geremoabo s/n, Ondina 40170-210 - Salvador, BA. blandefv@ufba.br, fabia714@gmail.com

<sup>2</sup> Plant and Microbial Biology Department University of California, Berkeley, CA 94720-3102. anagaivota2@yahoo.com.br



**FIGURA 1.** A flor (A) e o fruto (B) do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) em cultivo na região de Juazeiro, BA.

A partir do maracujá são gerados diversos produtos para consumo, entre os quais a própria fruta fresca, para consumo ao natural, as bebidas industrializadas, nas apresentações concentrada (suco concentrado congelado), integral (suco ou polpa congelada), os prontos para beber e outros tais como geléias, néctares e refresco em pó (Leonel *et al.* 2000).

O maracujá-amarelo é uma cultura em franca expansão tanto para a produção de frutas para consumo *in natura* como para a produção de suco. Os frutos *in natura* têm sido vendidos, em geral, para as CEASAS, feiras-livres e supermercados. Este segmento do mercado é mais atrativo para os produtores locais devido aos preços alcançados, apesar das oscilações durante o ano (Lima *et al.* 2006). A exportação de maracujá tem ocorrido sob as formas de fruta fresca (1,5% das exportações), fruta conservada e suco concentrado, sendo os principais destinos os países europeus e, mais recentemente, a Argentina e o Uruguai, no caso de frutas *in natura* (Lima *et al.* 2006).



**FIGURA 2.** Localização do Polo Irrigado Juazeiro-Petrolina (área limitada por linha contínua verde), no Médio rio São Francisco, na região Nordeste, Brasil. A área estudada situa-se no município de Juazeiro, no Projeto Maniçoba de Fruticultura Irrigada – assentamento da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) (FONTE: figura adaptada a partir de mapas originais retirados da Secretaria executiva do Ministério dos Transportes e IBGE).

Os estudos, que deram origem a esse capítulo, foram realizados no Loteamento Agrícola de Maniçoba, Juazeiro – BA (09° 14' 51" S / 40° 17' 01" W), localizado na região do médio Rio São Francisco, fonte de irrigação dos loteamentos (**Figura 2**). A área de Maniçoba ocupa uma extensão total de 12.317,305 ha, sendo 7.877,081 ha destinados a grandes e médias empresas (CODEVASF 2001). Essa região situa-se no domínio do semiárido, com vegetação dominante do tipo Caatinga, que ocupa 720.000 Km<sup>2</sup> do espaço geográfico brasileiro, possui um clima semiárido cuja precipitação mé-

dia anual varia entre 268 e 800 mm, com longos períodos de estiagem. Geomorfologicamente está localizada nas depressões interplanálticas (300 m a 500 m) (Ab'Saber 2003) e caracteriza-se por apresentar uma vegetação xérica, com plantas espinhosas, suculentas, com acentuado aspecto tropofítico, dada a sua caducifolia no estio, variando entre o padrão arbóreo e arbustivo (Andrade-Lima 1981).

Na região de Juazeiro, o sistema de produção é do tipo tradicional, as mudas de maracujá-amarelo são obtidas de duas maneiras principais. Muitos agricultores locais optam pela compra de mudas prontas para o plantio, enquanto outros agricultores produzem suas próprias mudas. Aqueles agricultores que produzem suas mudas optam pela semeadura em sacos de polietileno de 15 cm x 25 cm, sendo estas transplantadas quando atingem uma altura de 10 a 30 cm, em média. O transplante das mudas ocorre geralmente entre dezembro e janeiro para que as plantas resistam ao excesso de chuvas, típicas da região do semiárido, durante a estação chuvosa.

Nos pomares de Maniçoba, o espaçamento entre plantas varia de 1,5 a 2,5 m e as linhas de plantio estão distantes aproximadamente 2 a 2,5 m. O sistema de condução utilizado localmente é do tipo espaldeira vertical ou cerca, com um único fio de arame (**Figura 3**). São utilizados mourões de 2,5 metros de altura enterrados 0,50 m para que o arame fique a 2 m do solo. Os mourões devem intercalar as mudas. O sistema de espaldeira facilita a realização da polinização manual. A primeira poda do maracujá-amarelo é feita em plantas jovens já transplantadas, deixando-se crescer o ramo principal. Quando a planta ultrapassar o arame, deve-se eliminar o broto terminal para forçar a emissão de brotos laterais que serão direcionados para os dois lados do arame (**Figura 3**).



**FIGURA 3.** Sistema de condução por espaldeira, utilizado por pequenos agricultores da região de Juazeiro, BA.

O maracujá-amarelo pode ser cultivado na maioria das regiões tropicais e subtropicais. Os solos mais indicados são os arenosos ou levemente argilosos, profundos e bem drenados e em regiões semiáridas, como no caso da região de Juazeiro, a irrigação dos pomares é essencial para garantir a produção. Em Maniçoba, a irrigação dos pomares é feita por meio de sulcos que conduzem a água até os maracujazeiros (**Figura 4**). A irrigação é realizada duas vezes por semana, em horário variável, condicionado à abertura das comportas pela CODEVASF. Assim, muitas vezes, as plantações são irrigadas em pleno meio dia, embora o horário recomendado seja o período matutino, quando a temperatura é mais amena.

O maracujá-amarelo é uma trepadeira que, quando cultivada em condições favoráveis, pode florescer o ano todo. Em Juazeiro, assim como em outras regiões quentes da Bahia (Souza 1994) e norte de Minas Gerais (Camilo 2003), não há paralisação de emissão de flores durante o inverno.



**FIGURA 4.** Sistema de irrigação por sulcos, característico das pequenas propriedades da região de Juazeiro, Bahia.

Na região de Juazeiro, o maracujá-amarelo é uma fruteira predominante em pequenos pomares de 1 a 4 ha. Os frutos se desenvolvem por aproximadamente 45 a 60 dias e a colheita dos frutos se inicia aproximadamente 6 meses após o plantio. São colhidas, em média, três safras anuais intercaladas por um período de 2 meses e a safra de maior produtividade é aquela realizada nos meses de setembro-outubro.

Em média, os agricultores conseguem, a partir de uma mesma plantação, colher três safras antes que as plantas precisem ser substituídas (**Figura 5**). A primeira safra, colhida aproximadamente seis meses depois de plantadas as mudas, resulta em uma média de 400 sacos/ha. A segunda, sempre a melhor safra em termos de qualidade e quantidade de frutos, produz em torno de 700 sacos/ha. A terceira safra produz uma média de 500 sacos/ha, resultando em rendimentos diferenciados em cada uma das safras.

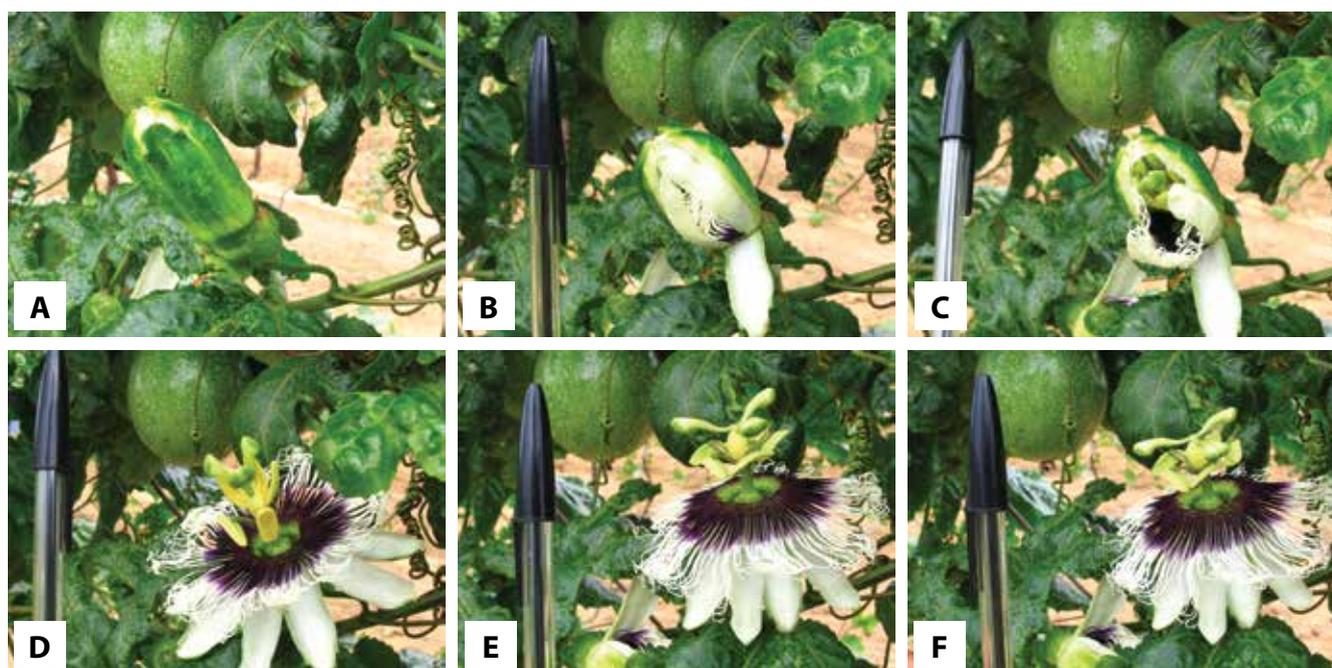


**FIGURA 5.** (A – B) colheita do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) realizada por pequenos produtores, na região de Juazeiro, BA.

## 1.2 - Biologia floral e sistema de polinização

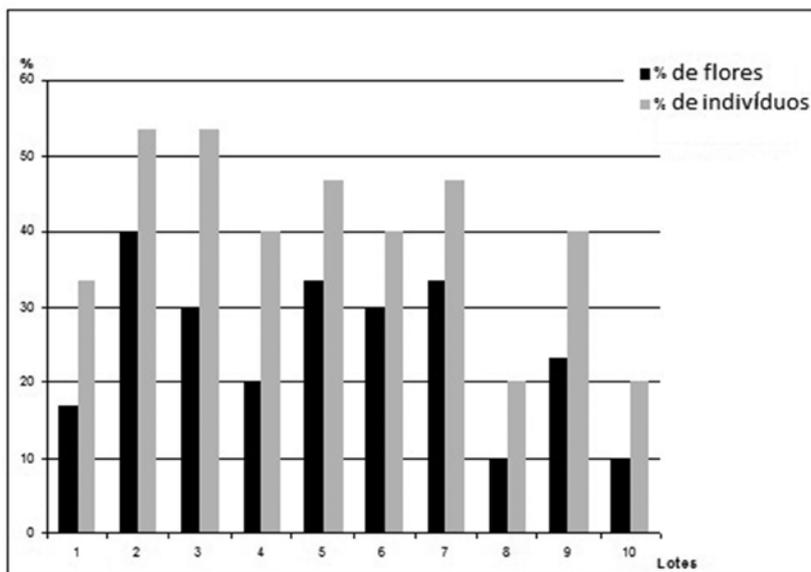
A morfologia das flores do maracujá-amarelo foi descrita por outros autores (Endress 1994, Ruggiero *et al.* 1996, Camillo 2003). As flores são grandes e vistosas, radialmente simétricas, com até sete cm de diâmetro, cálice com cinco sépalas oblongas verdes externamente e brancas internamente, corola com cinco pétalas brancas oblongas, corona com quatro ou cinco séries de filamentos carnosos brancos, púrpuros na base, sendo estes responsáveis pela produção do forte odor das flores. Os filamentos da corona dispõem-se ao redor da câmara nectarífera e dificultam o acesso ao néctar contido na câmara. As flores possuem os dois sexos (monoclinas), com um grande androginóforo central e cinco estames inseridos abaixo do ovário. O estilete é tripartido formando os estigmas, o ovário é tricarpelar, unilocular e multiovulado. O opérculo - estrutura membranácea localizada na base do androginóforo - tem o papel de limitar o acesso à câmara nectarífera.

Em intervalo de aproximadamente quinze dias, os botões florais amadurecem. No dia da antese o seu tamanho médio é  $4,85 \pm 4,27$  cm ( $n = 24$ ). As flores começam a abrir entre 12h00 e 13h00 horas, sendo que em dias mais frios e com menor incidência de luz a abertura ocorre com um atraso de aproximadamente 30 a 40 minutos. Após a abertura da flor, o estigma deflexiona-se gradualmente e atinge seu ponto máximo entre 14h00 e 15h00 horas (**Figura 6**). A deflexão do estigma reduz a distância entre estes e a antera (média =  $0,36 \pm 0,27$  cm;  $n = 16$ ), possibilitando, simultaneamente, a remoção de pólen (contato com anteras) e deposição (no estigma) dos grãos de pólen transportados por eles.



**FIGURA 6.** Antese da flor de *Passiflora edulis* na região de Juazeiro, BA. Acima (A – C), a seqüência de antese, mostrando o afastamento da corola; Abaixo (D – F), a seqüência de descida do estigma (deflexão estigmática) após a abertura completa da flor: (D) Estigmas para cima, logo após a completa abertura da flor; (E) Início da descida dos estigmas, que ocorre a partir da abertura da flor; (F) Estigmas para baixo. A deflexão estigmática completa dura cerca de 1 hora.

Em Maniçoba, o percentual de flores não deflexionadas variou de 6 a 66% nos indivíduos amostrados nos lotes (Rocha 2008) caracterizando a esterilidade feminina. Nestas flores, funcionalmente masculinas, a distância entre estigma e antera é de  $1,62 \pm 0,52$ cm ( $n = 4$ ). A **Figura 7** mostra a diferença entre a porcentagem de indivíduos que apresentam flores sem curvatura e a de flores não deflexionadas por lavoura investigada,

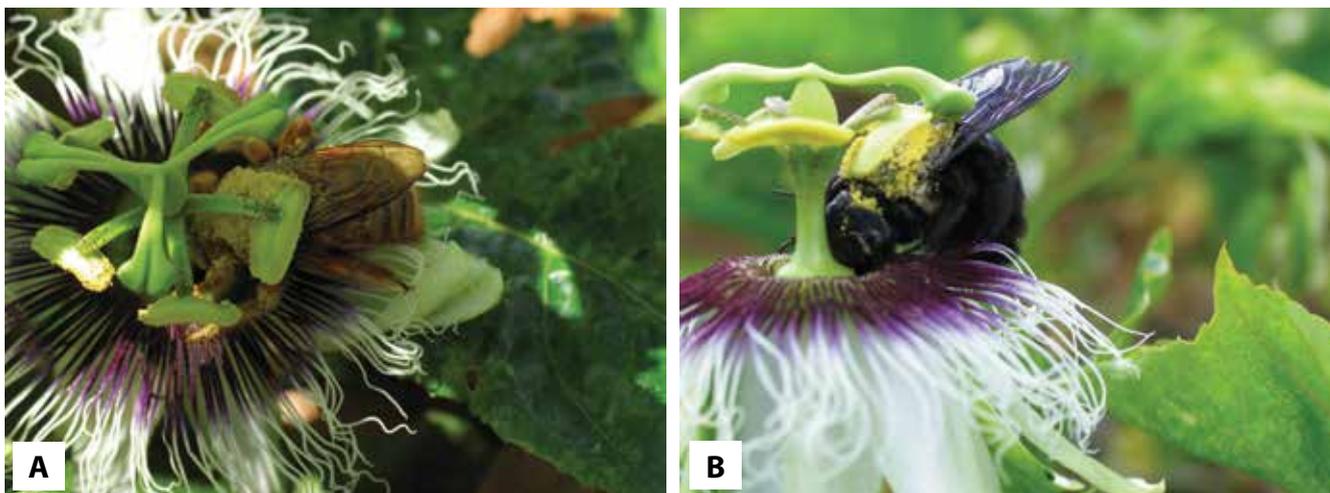


**FIGURA 7.** Percentual médio de flores funcionalmente masculinas (total e parcialmente não deflexionadas) e percentual de indivíduos portadores de flores não curvadas por lote.

evidenciando a tendência de que o problema em questão está disperso nas lavouras e não concentrado em alguns dos indivíduos.

Ao final da deflexão, a distância entre a superfície estigmática até a câmara nectarífera (média =  $1,91 \pm 0,27$  cm;  $n = 16$ ) e das anteras para a câmara nectarífera (média =  $1,60 \pm 0,12$  cm;  $n = 16$ ) constituem uma barreira à deposição dos grãos de pólen por parte dos visitantes com dimensões corporais pequenas, sugerindo que espécies robustas devem atuar como polinizadoras. Há, portanto, a necessidade de um vetor robusto o suficiente, como as abelhas grandes do gênero *Xylocopa*, para promover a transferência de pólen das anteras para a superfície estigmática (**Figura 8**).

suficiente, como as abelhas grandes do gênero *Xylocopa*, para promover a transferência de pólen das anteras para a superfície estigmática (**Figura 8**).



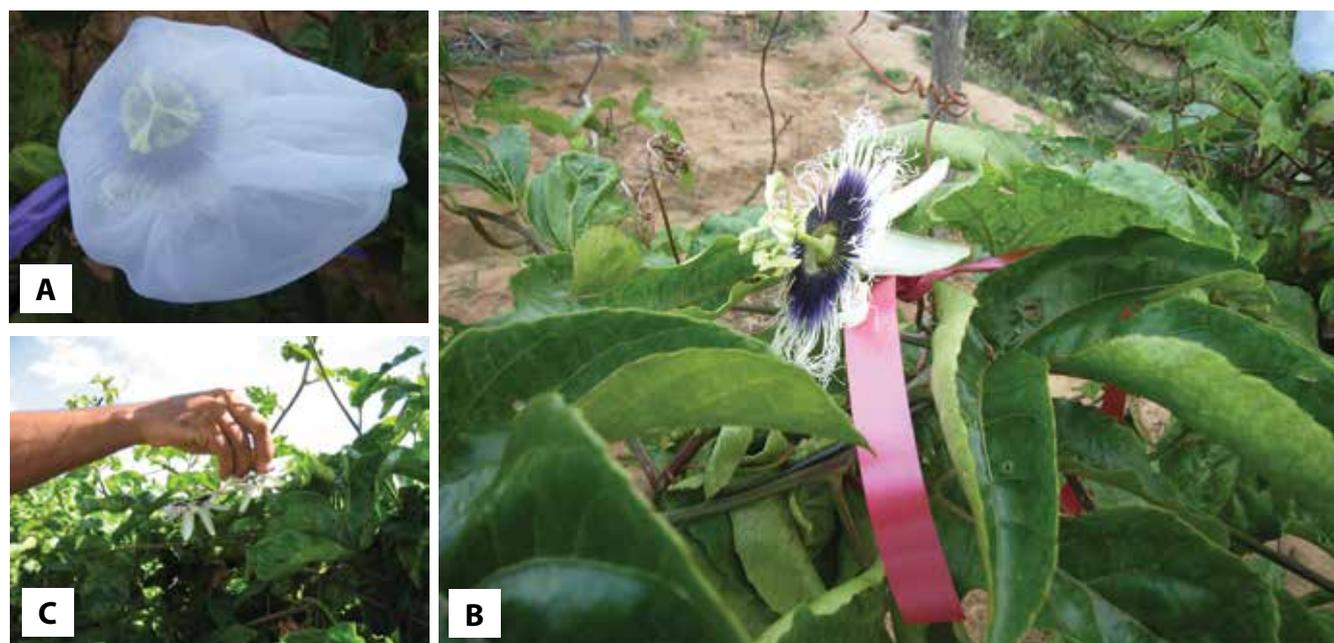
**FIGURA 8.** Macho (A) e fêmea (B) de *Xylocopa griseescens* em visita a flor de maracujá-amarelo, na região de Juazeiro, BA.

Entretanto, em algumas espécies silvestres de maracujá, Junqueira *et al.* (2005) relataram a presença de androginóforo mais curto (Koschnitzke & Sazima 1997), o que reduz a altura dos estigmas em relação à corona, facilitando a polinização por insetos menores. Estes autores observaram em *Passiflora edulis* f. *edulis* silvestres (maracujá-roxo) e *P. odontophylla* Harms ex Glaz que, no momento de máxima curvatura do estilete, os estigmas chegam a tocar na corona e, dessa forma, podem ser polinizadas facilmente por abelhas de pequeno e médio porte. Segundo os mesmos autores, variações no comprimento do androginóforo ocorrem, também, em *P. edulis* f. *flavicarpa* comercial. Embora a presença de androginóforo mais curto não tenha sido avaliada no presente estudo, pesquisas futuras devem quantificar a ocorrência dessa característica nos cultivos de maracujá-amarelo na região, pois caso isso esteja ocorrendo em porcentagens significativas o potencial polinizador de abelhas de porte médio, como por exemplo *Apis mellifera*, devem ser reavaliados.

A flor do maracujá-amarelo tem longevidade máxima de seis horas ( $n = 20$ ). A corola apresenta-se murcha e fecha-se ao entardecer. Nestas flores, os períodos de receptividade estigmática e de viabilidade do pólen sobrepõem-se persistindo durante a antese. As anteras já estão deiscentes por ocasião da separação das pétalas. O néctar e o pólen constituem os recursos florais, e são de essencial importância para a visitação e conseqüentemente para a polinização cruzada. O volume de néctar amostrado em flores expostas à visitação (“standing crop”) variou significativamente ao longo do dia (ANOVA:  $F = 23,91$ ;  $P < 0,0001$ ), sendo maior no início da antese (média =  $48,01 \pm 22,95 \mu\text{l}$ ;  $n = 20$ ), diminuindo após a primeira hora transcorrida (média =  $29,07 \pm 9,13 \mu\text{l}$ ;  $n = 20$ ). A comparação entre o volume de néctar retirado de flores ensacadas em pré-antese (média =  $126,65 \pm 47,2 \mu\text{l}$ ;  $n = 30$ ) e o volume total produzido em flores depois de retiradas sucessivas não diferiu estatisticamente (média =  $125,75 \pm 39,53 \mu\text{l}$ ;  $n = 20$ ), indicando que a retirada de néctar não estimula a sua secreção. Assim, a disponibilidade de néctar aos visitantes florais e polinizadores, pode ser também uma explicação para a redução das visitas ao final da tarde.

A flor do maracujá-amarelo apresenta elevada produção de grãos de pólen (média =  $136.057,5 \pm 34.568,16$ ;  $n = 8$ ). Esses valores corroboram a hipótese de que espécies com flores autoincompatíveis, dependentes de vetores para a polinização, investem mais na produção de pólen, pois o transporte inclui perdas no vôo e deposições heterospecíficas, sendo o sucesso da transferência altamente probabilístico (Spira 1980). No caso específico do maracujá-amarelo, cujos frutos possuem valores superiores a 300 sementes, em média, o número de grãos de pólen requerido para fertilizar cada óvulo de uma mesma flor é bastante alto.

Os experimentos de autopolinização espontânea ( $n = 425$ ) e a autopolinização manual ( $n = 412$ ) não geraram frutos (**Figura 9, Tabela 1**), como resultado das barreiras impostas pela hercogamia e pelo sistema de autoincompatibilidade. Assim, o sucesso reprodutivo nessa espécie requer a polinização cruzada.



**FIGURA 9.** Experimentos de polinização em cultivos de *Passiflora edulis* nos cultivos da região de Juazeiro, BA. (A) exclusão dos polinizadores (teste de autopolinização); (B) polinização natural; (C) polinização manual cruzada.

Na Tabela 1 observamos que a formação de frutos em flores expostas à visitação (16,4%; n = 476), foi baixa e significativamente menor que a obtida pela polinização cruzada manual (51,6%; n = 449) (ANOVA: F = 26,361; P < 0,001). Esses resultados nos revelam que na região está ocorrendo limitação dos serviços de polinização nos cultivos de maracujá-amarelo.

**Tabela 1.** Resultados dos experimentos de polinização em flores de maracujazeiro, na região de Juazeiro, Bahia.

Experimentos	Número de flores testadas	Frutos formados (%)
Autopolinização manual	412	0
Autopolinização espontânea	425	0
Polinização cruzada manual	449	29,8
Controle	476	9,12

Observamos ainda que os frutos gerados por polinização cruzada manual na região apresentaram maior número de sementes, com variação entre 68 e 439 (média =  $220 \pm 83,98$  sementes) do que aqueles gerados por polinização natural (flores expostas à visitação), que variou entre 62 e 410 (média =  $148 \pm 88,52$  sementes), reiterando o déficit de polinização na região.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Visitantes florais e polinizadores do maracujá-amarelo

Assim como em outras regiões do país, os principais polinizadores do maracujá-amarelo em Maniçoba são abelhas solitárias do gênero *Xylocopa*, mais especificamente as espécies *Xylocopa (Megaxylocopa) frontalis* Olivier, 1789 e *X. (Neoxylocopa) grisescens* Lepelletier, 1841. Essas abelhas pertencem à família Apidae e à tribo Xylocopini. Essas espécies têm ampla distribuição geográfica (Hurd & Moure 1963) ocorrendo em diferentes biomas do Brasil. São facilmente encontradas em habitats de vegetação aberta ou em áreas antropizadas.

Fêmeas de *X. grisescens* medem, em média,  $31,70 \pm 2,52$ mm de comprimento total,  $11,66 \pm 0,40$  mm de largura do tórax e  $9,21 \pm 0,26$  mm de largura da cabeça (n=28 fêmeas) (Neves *et al.* 2006). Fêmeas de *X. frontalis* têm comprimento médio de  $28,73 \pm 2,70$ mm e largura média da cabeça de  $9,97 \pm 0,91$  mm (n = 8) (F.O. Silva & B.F. Viana, dados não publicados).

Nestas espécies ocorre forte dimorfismo sexual, facilitando a distinção entre fêmeas e machos (Silveira *et al.* 2002). Os machos, de ambas as espécies, possuem integumento e pilosidade de coloração ferrugínea, enquanto as fêmeas apresentam integumento e pêlos geralmente negros (**Figura 8**). As fêmeas de algumas espécies podem também apresentar faixas ferrugíneas no metassoma, como em *X. frontalis* e pubescência clara em regiões do corpo (*X. grisescens* apresenta pubescência clara no dorso torácico) (Hurd & Moure 1963).

Foram coletados 303 indivíduos de abelhas, em 12 horas de observação, das espécies *X. grisescens*, *X. frontalis*, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 e *Trigona spinipes* Fabricius, 1793. A visitação média de *Xylocopa* spp. às flores do maracujá-amarelo nos lotes estudados (n = 16) variou entre 0,04 a 2,04 visitas/flor/cultivo (total = 45 min/cultivo). Devido à sua maior abundância nas flores do maracujá-amarelo, a abelha *X. grisescens* é considerada o principal polinizador, em Maniçoba. *Xylocopa frontalis* também é um polinizador eficiente, mas

visita com menor frequência as flores desse cultivo, na região. Estas espécies possuem altura média no sentido esterno-tergo de 1,06 cm (*X. griseascens*) e 0,96 cm (*X. frontalis*), suficientes para contatar os estigmas e depositar grãos de pólen no ato da coleta de néctar, correspondendo à expectativa.

## 2.2 - Comportamento dos polinizadores nas flores

A polinização do maracujá-amarelo resulta principalmente da coleta ativa de néctar pelas abelhas *Xylocopa*. Estas se aproximam das flores e pousam, em geral, sobre a corona ou sobre a pétala. A seguir, movimentam-se em direção à câmara nectarífera e inserem a língua no interior da câmara. Para que a barreira membranosa representada pelo opérculo seja ultrapassada, o visitante deve ser suficientemente grande e forte, como acontece com as abelhas do gênero *Xylocopa*. Abelhas pequenas, como as espécies *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, cortam a membrana da câmara nectarífera para ter acesso ao néctar, danificando a flor.

As abelhas *Xylocopa* podem permanecer durante minutos sorvendo néctar a partir de um único ponto, ou repetir o movimento contornando o androginóforo. Algumas vezes, essas abelhas voam em direção a outras flores próximas, podendo visitar várias flores em seqüência. Assim, o contato do estigma e anteras ocorre na mesma região do corpo das *Xylocopa* spp., principalmente na cabeça e tórax. Estes grãos de pólen depositados nos estigmas resultarão na polinização das flores.

## 2.3 - Comportamento de nidificação e características dos substratos utilizados para construção dos ninhos pelas abelhas do gênero *Xylocopa*

As abelhas do gênero *Xylocopa* constroem seus ninhos em troncos de madeira seca e exatamente por isso são também chamadas de abelhas carpinteiras (**Figura 10**). Quando estão prontas para se reproduzir, as fêmeas escolhem um local adequado para construir seu ninho. Este local deve ser abrigado da chuva e do sol, evitando assim a umidade excessiva, que permitiria a proliferação de microorganismos patogênicos, e a dessecação da cria. Além disso, o local do ninho deve estar próximo às fontes de alimento.



**FIGURA 10.** Entrada de ninhos de abelhas do gênero *Xylocopa* em diferentes substratos, no perímetro Irrigado de Maniçoba, Bahia. Acima (A), ninho fundado em sisal (*Agave sisalana*); ao centro (B), entrada de ninhos em tronco de coqueiro (*Cocos nucifera*); abaixo (C), *X. frontalis* em ninho fundado em imburana (*Commiphora leptophloeos*).



**FIGURA 11.** *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) em fragmentos de caatinga do entorno dos lotes com cultivo de maracujá-amarelo, na região de Juazeiro, BA.

A madeira mais utilizada pelas abelhas, na região de Maniçoba, é a imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B., família Burseraceae), uma árvore que ocorre nos fragmentos de caatinga, no entorno dos lotes (**Figura 11**). No entanto, outras madeiras secas podem ser utilizadas para nidificação, como tronco de coqueiro, galhos de amendoeira e sisal (**Tabela 2**). Essas madeiras são de textura macia, e quando mortas apresentam condições favoráveis à escavação dos ninhos por essas abelhas. Quando encontra um local com estas características, a fêmea realiza vários vôos de inspeção antes de começar a escavar o local escolhido. Depois de escolher onde vai construir, a abelha começa a cavar uma galeria onde, mais tarde, ela vai construir suas células e depositar seus ovos.

**Tabela 2.** Substratos naturais potenciais para a nidificação de *Xylocopa* spp. na região de Juazeiro, Bahia.

Família/Espécies	Nome vernáculo	Hábito	Origem
<b>Agavaceae</b>			
<i>Agave sisalana</i> Perrine ex Engelm	sisal	Herbácea	Exótica
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Anacardium occidentale</i> (L.) Gaertn	cajuero	Árvore	Nativa
<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira	Árvore	Exótica
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	umbuzeiro	Árvore	Nativa
<b>Arecaceae</b>			
<i>Cocos nucifera</i> L.	coqueiro	Árvore	Exótica
<b>Bombacaceae</b>			
<i>Pseudobombax simplicifolium</i> A. Robyns	imbiruçu	Árvore	Nativa
<b>Burseraceae</b>			
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillett	imburana	Árvore	Nativa
<b>Combretaceae</b>			
<i>Terminalia catappa</i> L.	amendoeira	Árvore	Exótica
<b>Mimosaceae</b>			
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir	jurema	Árvore	Nativa

A maior frequência de ninhos de *Xylocopa* spp. foi observada em substratos com altura a partir do solo variando entre 1,4 a 2,0 m (30,90%, n = 34) e 2,6 a 3,2 m (26,36%; n = 29), correspondendo a 74,55% do total observado (**Tabela 3**). O diâmetro desses substratos nidificados mais frequentes foi 29 a 44 cm (n = 54) e 44 a 60 cm (n = 18) (**Tabela 3**).

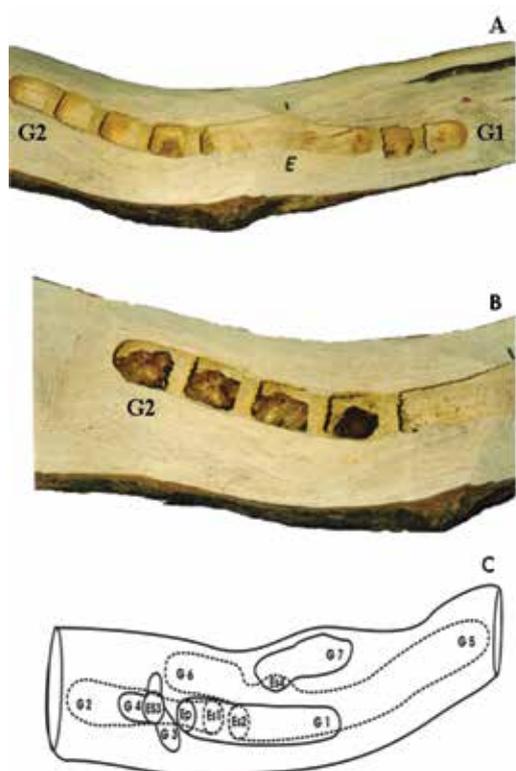
**Tabela 3.** Principais características dos substratos nidificados por *Xylocopa* spp., na região de Juazeiro, Bahia. São apresentados, os valores máximos e mínimos, médias e desvio padrão (DP) das medidas de diâmetro do substrato, altura do orifício e número de cavidades nas diferentes espécies vegetais nidificadas.

Espécie	n	Altura do ninho em relação ao solo (m)		Diâmetro do substrato (cm)		Número de cavidades	
		média ± DP	Máx-Mín	Média ± DP	Máx-Mín	média ± DP	Máx - Mín
<i>Annacardium occidentale</i>	1	1,6	-	35	-	5	-
<i>Agave sisalana</i>	1	1,7	-	28	-	1	-
<i>Commiphora leptophloeos</i>	77	2,04±0,82	3,5-0,3	43,44±21,55	150-14	6±6	34-1
<i>Cocos nucifera</i>	12	1,75±0,55	2,6-1,1	76,33±10,38	87-48	6±8	28-1
<i>Mangifera indica</i>	4	2,73±1,23	4,5-1,9	33,75±5,91	42-28	6±2	7-3
<i>Mimosa tenuiflora</i>	2	0,30±0,14	0,4-0,2	50,5±30,89	78-23	4±4	7-1
<i>Pseudobombax simplicifolium</i>	2	2,25±1,06	3-1,5	44±16,97	56-32	6±3	8-4
<i>Spondias tuberosa</i>	3	2,53±0,72	3-1,7	31±13,90	40-15	2±1	2-1
<i>Terminalia catappa</i>	3	3,33±2,21	5,2-0,9	56,33±26,58	87-40	16±22	42-3
Não identificado	5	1,84±0,69	2,5-0,7	41,2±16,99	63-23	5±3	11-3

Os ninhos normalmente possuem uma única entrada, sendo que para ambas as espécies de *Xylocopa*, o diâmetro variou entre 19 e 20 mm; essa medida apresentou pouca variação na região, tanto para os ninhos de *X. grisescens* (n = 6) quanto para os ninhos de *X. frontalis* (n = 15). Ninhos de *X. frontalis* (n=3) fundados em troncos secos em ambiente de dunas costeiras (F.O. Silva & B.F. Viana, dados não publicados) e de *X. grisescens* (n=7) encontrados em galhos secos de *Capparis* sp. (Brassicaceae), nas dunas interiores do médio rio São Francisco, em Ibiraba (Neves *et al.* 2006), possuem entrada com diâmetro médio de  $18,3 \pm 1,5$  mm (n = 3) e  $15,96 \pm 1,08$  mm (n=7), respectivamente.

As galerias podem estar direcionadas para cima e para baixo a partir da entrada e apresentam-se arredondadas na parte distal. São geralmente construídas paralelas umas às outras e às fibras da madeira. Nos ninhos de *X. frontalis* o número de galerias presentes variou de 5 a 7 (média =  $5,7 \pm 1,15$ ), enquanto nos ninhos de *X. grisescens* (n=5) essa variação foi maior entre 2 a 7 (média =  $3,4 \pm 1,85$ ). O comprimento das galerias nos ninhos de *X. frontalis* oscilou entre 3 e 21 cm (média =  $13,03 \pm 7,98$ , n = 3) (**Figura 12**).

Para alimentar suas crias, a fêmea coleta pólen e néctar, produzindo massa de alimento e então deposita os ovos sobre essa massa. Cada ovo é depositado em uma célula com alimento, separada uma da outra por uma parede de serragem feita pela abelha. Essas partições celulares apresentam a superfície interna à célula com textura rugosa, forma convexa e espiralada, e a outra face, a qual serve de fundo para a célula subsequen-



**FIGURA 12.** (A) Ninho de *X. grisescens* em galho de *Caparaceae*; (B) Células com crias (pupas) na galeria G2; (C) esquema de ninho de *X. frontalis* em galho seco: a entrada principal (EP) conduz a 1ª galeria (G1), a entrada secundária (ES1) conduz a galeria G2, a qual conecta-se com G3 e G4 através da ES3, as galerias G5 e G6 conectam-se com a galeria G1 através da ES2, a galeria G7 comunica-se com a G5 através da ES4. (Desenho: Freddy R. Bravo/ Fabiana O. da Silva).

te, com textura lisa e forma côncava. No ninho de *X. frontalis* a espessura da única partição celular encontrada intacta, medida na borda, foi de 3mm, sendo um pouco mais larga nas bordas do que no centro. Nos ninhos de *X. grisescens* as partições celulares tinham espessura média de  $3,49 \pm 0,28\text{mm}$  ( $n=15$ ). Em todos os ninhos, as células aprovisionadas ( $n=37$ ) estavam dispostas em série lineares nas galerias. As células não eram revestidas internamente e apresentavam a forma de barril, sendo o comprimento médio de  $24 \pm 1,8\text{mm}$  e largura  $20,1 \pm 1,1\text{mm}$  ( $n = 37$ ), em ninhos de *X. grisescens*, enquanto as células dos ninhos de *X. frontalis* têm comprimento variando entre 21 a 32 mm (média =  $25,9 \pm 4,2\text{mm}$ ;  $n = 43$ ) e largura entre 20 a 30 mm (média =  $24,2 \pm 3,1\text{mm}$ ;  $n = 43$ ).

Normalmente, essas abelhas demoram entre 45 a 65 dias para passar da fase de ovo até se transformar em uma abelha adulta (Camillo & Garófalo 1982, Oliveira-Filho & Freitas 2003). Camillo (2003) relatou para *X. grisescens* a produção de até 9 indivíduos por ninho, havendo maior produção de fêmeas em relação a machos. O número de células presentes nos ninhos de *X. frontalis*, sugere uma variação de 7 a 20 (média =  $14 \pm 6,56$ ;  $n = 3$ ) indivíduos produzidos por uma única fêmea (F.O. Silva & B.F. Vianna, dados não publicados). Camillo & Garófalo (1982) relataram uma variação de 5 a 8 células por ninho (média =  $6,09 \pm 0,90$ ) em *X. frontalis* e de 4 a 7 (média =  $5,70 \pm 1,20$ ) em *X. grisescens*.

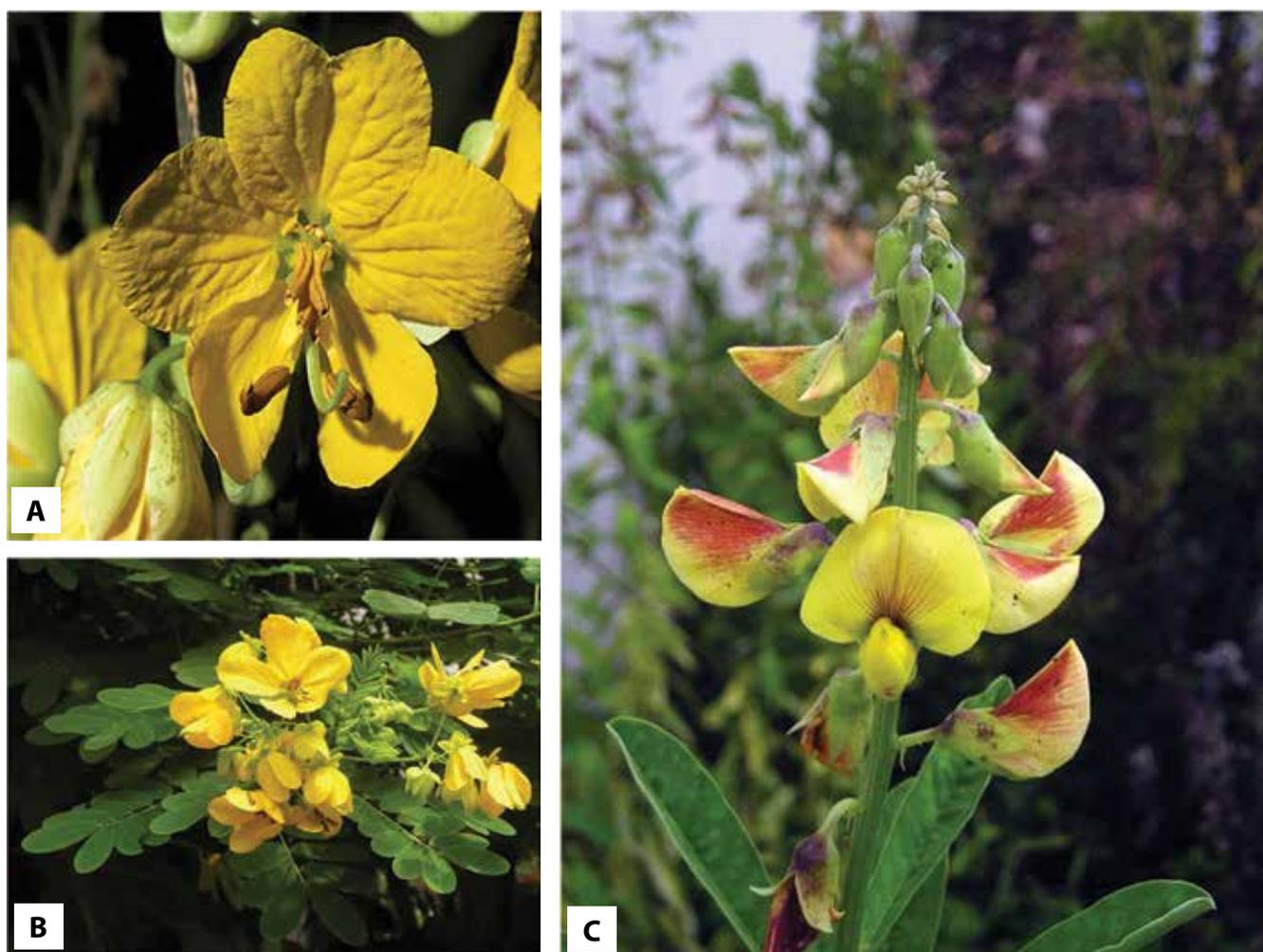
## 2.4 - Uso de recursos florais alternativos

As espécies de *Xylocopa* são generalistas e se alimentam de néctar e pólen de várias espécies vegetais, mas as flores de maracujá-amarelo, por serem grandes, perfumadas e produzirem grande volume de néctar, são bastante atraentes para essas abelhas. Por isso, durante a floração do maracujá-amarelo, seus recursos florais são a sua principal fonte de alimento para as *Xylocopa* spp., na região. Nas épocas de entressafra, como recursos tróficos alternativos ao maracujá-amarelo, essas abelhas utilizam, principalmente, as espécies da família Fabaceae, alternando entre as espécies do gênero *Senna* como fornecedores de pólen; e as espécies dos gêneros *Crotalaria* e *Canavalia* como fornecedores de néctar (Tabela 4).

**Tabela 4.** Principais plantas utilizadas pelas abelhas *Xylocopa* spp. para obtenção de néctar (N) e pólen (P), na região de Juazeiro, Bahia.

Família	Nome científico	Nome vernáculo	Recurso
Fabaceae	<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	Feijão-bravo	N
	<i>Caesalpinia microphylla</i> Ruiz & Pav. Apud Lopez	Catingueira	P
	<i>Crotalaria retusa</i> L.	Crotalária	N
	<i>Senna macrathera</i> (DC. Ex Colladon) H.S. Irwin & Barneby	Pau-de-besouro	P
	<i>Senna martiana</i> (Benth) L. & B.	Pau-de-besouro	P
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	Maracujá do mato	N e P

Na região estudada, as espécies de *Xylocopa* demonstraram relações mais estreitas com flores grandes (**Figura 13**), com maior volume de néctar e formato da corola papilionácea ou tubular ou com anteras porricidas. As espécies vegetais comuns na caatinga natural e semi-natural da região apresentam grande potencial de utilização como fontes alternativas de recursos tróficos, garantindo a oferta contínua de alimento para essas abelhas.

**FIGURA 13.** Flores visitadas por *Xylocopa* spp. no entorno dos lotes com cultivo de maracujá-amarelo, no perímetro irrigado de Maniçoba, BA. (A) *Senna macrathera*, (B) *S. splendida* e (C) *Crotalaria retusa*.

## 2.5 - Caracterização da sustentabilidade dos serviços de polinização

Na região de Juazeiro os serviços de polinização estão seriamente ameaçados. Para amenizar esse problema, os agricultores na região, contratam mão de obra para a realização da polinização manual cruzada, garantindo, assim, a produtividade da cultura.

Os nossos estudos evidenciaram que a frequência de frutos produzidos por polinização manual é maior do que a produção de frutos em flores expostas à visitação pelos polinizadores. Uma provável explicação para esse déficit de polinização é o número insuficiente de abelhas do gênero *Xylocopa* no entorno dos cultivos, para realizar a polinização das flores do maracujá-amarelo, na região. Essa limitação de polinizadores pode estar ocorrendo por influência direta ou indireta de diversos fatores sobre as populações de *Xylocopa* spp., como o aumento da área plantada e a conseqüente perda da vegetação nativa no entorno dos lotes, reduzindo a oferta de locais para nidificação e as fontes de recursos tróficos e/ou o uso intensivo de agrotóxicos nas áreas cultivadas.

Investigações realizadas no entorno de 17 lotes com plantações de maracujá-amarelo, em Maniçoba (Viana *et al.* 2007), com o objetivo de avaliar o efeito da perda de hábitat natural e das condições desses habitats, sobre a densidade de ninhos de *Xylocopa* spp. no entorno dos cultivos, evidenciaram que a população desses polinizadores, na área estudada, está sendo mais influenciada pela redução de seu substrato preferencial para nidificação ( $b= 2707$ ,  $t= 2390$ ,  $p= 0,033$ ), a imburana-de-cambão, do que pela perda quantitativa de hábitat natural ( $b= - 0.123$ ,  $t= -221$ ,  $p= 0,828$ ).

**Tabela 5.** Densidade dos substratos com ninhos (SN) e dos substratos potenciais para nidificação (SP), nos entorno dos 17 lotes cultivados com maracujá-amarelo (maio/2005 a fevereiro/2006), na região de Juazeiro, Bahia.

Lote	SN/ha	SP/ha	Substratos disponíveis/ha
L315	0,42	5,19	5,61
L253	0,15	0,21	0,35
L245	0,12	0,14	0,26
L240	0,31	0,68	1,00
L229	0,45	0	0,45
L185	0,22	0	0,22
L175	0,74	0,66	1,41
L163	2,67	2,05	4,71
L155	6,63	0	6,63
L149	0	0	0
L129	2,02	2,62	4,65
L117	0,94	5,81	6,75
L112	0,88	0,43	1,31
L67	2,87	14,33	17,20
L43	0	0	0
L19	6,78	0	6,77
L13	1,40	0,30	1,69
Densidade média $\pm$ DP	1,56 $\pm$ 2,13	1,91 $\pm$ 3,68	3,47 $\pm$ 4,40

O principal substrato natural, a imburana-de-cambão, é atualmente escasso no entorno dos lotes com cultivo de maracujá-amarelo, onde a vegetação arbórea tem sido seletivamente removida, como ocorre com outras áreas de Caatinga. Isso sugere que a Caatinga, embora ainda presente no entorno das áreas cultivadas, está em condições precárias para a manutenção dessa guilda de polinizadores.

A densidade dos substratos com ninhos (SN) e de substratos potenciais (SP), principalmente a imburana-de-cambão, no entorno dos lotes foi variável, sendo que a maioria (n=11 lotes) apresentou densidade inferior a um ninho/ha. Apenas duas áreas apresentaram densidade de SN maior que seis ninhos/ha. A densidade total de substratos disponíveis, ou seja, SN mais SP, foi em média de 3,47 substratos/ha (**Tabela 5**).

Esses resultados sugerem a necessidade de medidas mitigadoras que visem à recuperação dessas áreas seminaturais de caatinga, estimulando a recolonização com indivíduos de espécies vegetais nativas, como a imburana-de-cambão, que ajudem a manter as populações desses polinizadores, oferecendo-lhes fontes contínuas de recursos alimentares e locais para nidificação.

Além dessas medidas, uma alternativa eficiente para garantir o aumento da frequência de visita de *Xylocopa* spp. às flores do maracujá-amarelo, em Maniçoba, e obter com isso índices mais altos de produtividade é o adensamento de ninhos dessas abelhas nos cultivos.

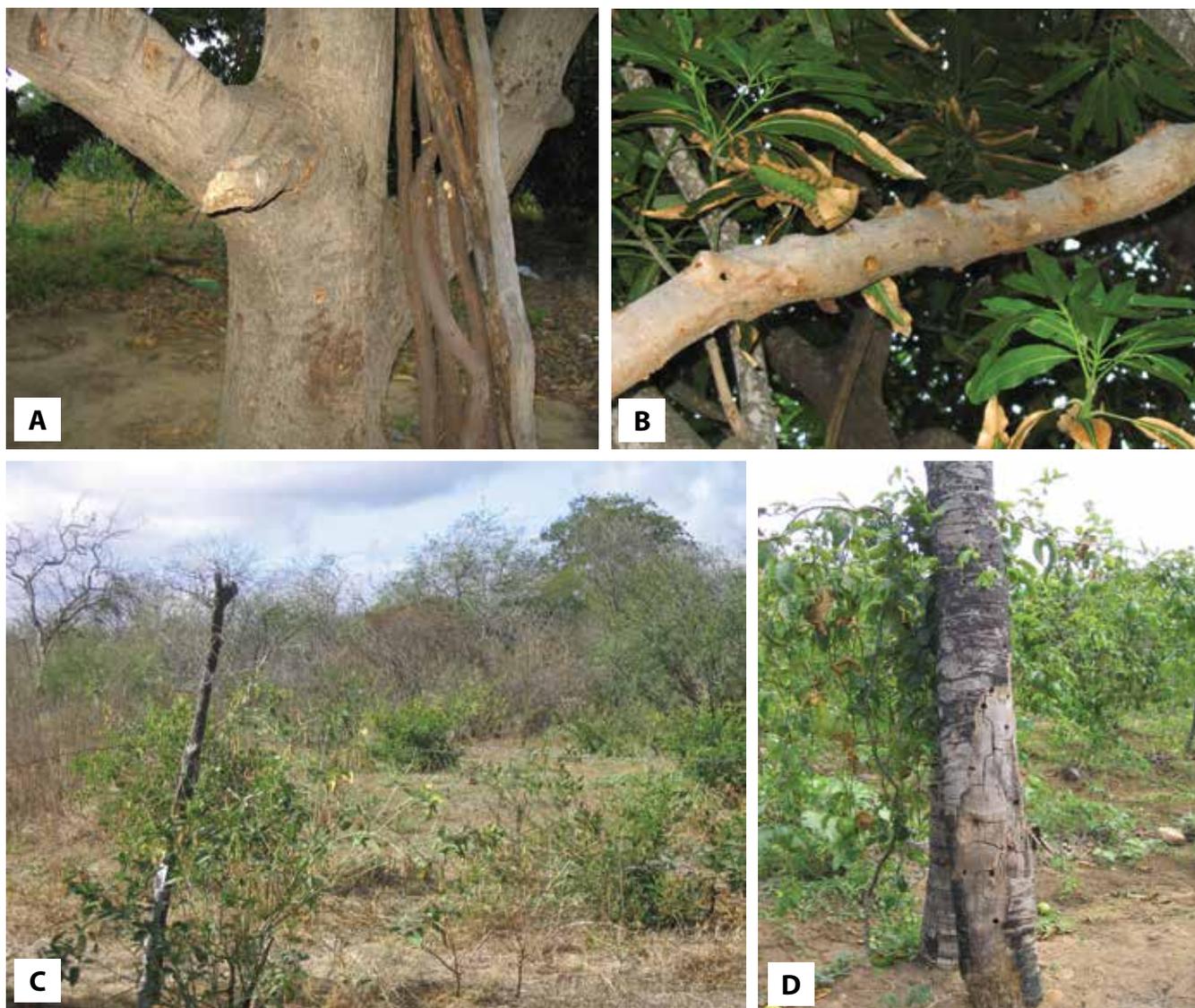
As técnicas de adensamento consistem no oferecimento de locais alternativos para nidificação ou até mesmo na criação dessas abelhas em caixas racionais (Camillo 1996, Freitas & Oliveira-Filho 2001, Oliveira-Filho & Freitas 2003).

A oferta de sítios para nidificação é uma solução simples e prática, já que essas abelhas utilizam diferentes substratos disponíveis no entorno dos cultivos, além da imburana-de-cambão, na região estudada. Durante os nossos estudos, em Maniçoba, distribuímos próximo às plantações de maracujá-amarelo pequenos ranchos cobertos com palha de coqueiro (**Figura 14**), onde troncos de eucalipto seco, disponíveis na região, foram pendurados. Nesses troncos foram feitas perfurações iniciais, com diâmetro semelhante àqueles das entradas dos ninhos naturais das espécies de *Xylocopa frontalis* e *X. grisescens*, para atraí-las para esses sítios. Embora tenham ocorrido poucas nidificações nesses sítios durante o período do estudo, novas tentativas devem ser encorajadas.



**FIGURA 14.** Substratos construídos com madeira de eucalipto para a nidificação de *X. grisescens*, dispostos nas áreas de cultivo do maracujá, no vale do médio São Francisco, BA. (A) perfurações feitas nos substratos de eucalipto, (B) ranchos de eucalipto com cobertura e (C) sem cobertura.

Como as abelhas *Xylocopa* costumam construir seus ninhos próximos aos ninhos parentais, outra forma de aumentar a densidade populacional dessas espécies é colocar ao lado dos troncos nidificados, ninhos-armadilha, semelhante àqueles mencionados acima, ou seja, troncos secos de eucalipto, ou amendoeira, ou coqueiro, ou sisal ou qualquer outra planta de madeira mole para a nidificação (**Figura 15**). Com isso evita-se ainda que espécimes de imburana-de-cambão, planta nativa da caatinga e principal sitio de nidificação das abelhas *Xylocopa* na área estudada, sejam cortadas e seus troncos com ninhos trazidos para as plantações de maracujá-amarelo, como observamos em alguns lotes.



**FIGURA 15.** Oferta de substratos para a nidificação por *Xylocopa*, visando o incremento das populações de polinizadores nas proximidades dos cultivos de maracujá-amarelo, na região de Juazeiro, BA. (A-B) galhos secos dispostos sobre árvores; (C) mourões e (D) troncos de coqueiros utilizados como estacas.

Para reduzir os problemas de introdução e manutenção das abelhas *Xylocopa* em áreas agrícolas, técnicas de criação racional dessas abelhas foram desenvolvidas por pesquisadores (Freitas & Oliveira-Filho 2001). Entretanto, é importante salientar que a criação racional e a reprodução artificial dessas abelhas requerem conhecimento a respeito dos seus hábitos de vida, reprodução e alimentação.

Outro fator que deve estar contribuindo para a limitação dos serviços de polinização, em Maniçoba é o uso de agrotóxicos. Na região, o controle das ervas daninhas é feito por meio da utilização de agrotóxicos específicos, cuja utilização é realizada por orientação dos técnicos agrícolas locais, contratados pela CODEVASF. Além disso, é costume local roçar a área do pomar, retirando a vegetação que cresce no entorno e nas entrelinhas da cultura removendo, em consequência, fontes alternativas de recursos florais para as abelhas.

Algumas das pragas mencionadas pelos agricultores da região de Juazeiro são pequenos lepidópteros, que põem suas larvas no nectário das flores, prejudicando o desenvolvimento dos frutos. O controle de pragas que atacam a planta de maracujá-amarelo é feito por meio da aplicação de agrotóxicos que são pulverizados nos ramos da planta. Foram citados pelos pequenos agricultores entrevistados na região de Juazeiro, entre inseticidas, fungicidas e acaricidas, dez produtos comerciais: três da classe I (extremamente tóxico), dois da classe II (altamente tóxico), quatro da III (medianamente tóxico) e um da IV (pouco tóxico), segundo a classificação toxicológica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (**Tabela 6**). Isto é preocupante pois nenhum destes produtos é registrado no Ministério de Agricultura para uso em plantios de maracujá.

**Tabela 6.** Agrotóxicos utilizados pelos pequenos agricultores de economia familiar, no cultivo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), na região de Juazeiro, Bahia. Note-se que nenhum destes produtos é registrado no Ministério de Agricultura para uso com maracujá.

Classe Toxicológica	Nome Comercial	Nome Técnico	Classe	Grupo químico	Nº de citações	% de uso
I	Folisuper 600 BR	Parathion Methyl**	Inseticida de contato e ingestão	Organofosforado	10	62,50
I	Stron	Metamidofós	Acaricida e inseticida sistêmico de contato e ingestão	Organofosforado	02	12,50
I	Agritoato 400	Dimetoato	Inseticida e acaricida Sistêmico	Organofosforado	01	6,25
II	Fastac 100	Alfa-Cipermetrina	Inseticida	Piretróide	01	6,25
II	Lorsban 480 BR	Clorpirifós	Acaricida e inseticida sistêmico	Organofosforado	01	6,25
III	Vertimec	Abamectin	Inseticida e acaricida de contato e ingestão	Avermectina	03	18,75
III	Fungitol	Oxicloreto de cobre	Fungicida	Inorgânico	02	12,50
III	Manzate	Mancozeb	Fungicida de contato	Ditiocarbamato	01	6,25
III	Orthene	Acefato	Acaricida e Inseticida sistêmico	Organofosforado	05	31,25
IV	Kumulus	Enxofre	Fungicida e acaricida de contato	Inorgânico	01	6,25

Os três produtos da classe toxicológica I, os organofosforados, são produtos que apresentam toxicidade às abelhas e estão entre os que foram encontrados mais frequentemente nos 17 lotes visitados: Folisuper 600 BR (62,50%), Stron (12,50%) e Agritoato 400 (6,25%). Em poucos lotes formas alternativas de prevenção como o adubo foliar e adição de enxofre, que servem para nutrir e para aumentar a resistência contra pragas e moléstias foram identificados e em somente um lote é utilizada a agricultura orgânica.

Apesar dos agrotóxicos representarem uma ameaça ao polinizador, eles não deixam de ser aplicados na região estudada, pois de acordo com os próprios agricultores as pragas são responsáveis por uma queda considerável na produtividade. Os técnicos agrícolas locais orientam os agricultores na utilização desses produtos que devem ser aplicados na cultura apenas no período da manhã, quando as flores ainda estão fechadas. Esta medida preventiva evita o contato direto do pesticida com o interior da flor, evitando assim a contaminação dos polinizadores por estes produtos. Mas chama a atenção o fato de que produtos não registrados sejam aplicados por indicação de técnicos agrícolas. O ideal seria a não aplicação dos agrotóxicos, especialmente durante as floradas.

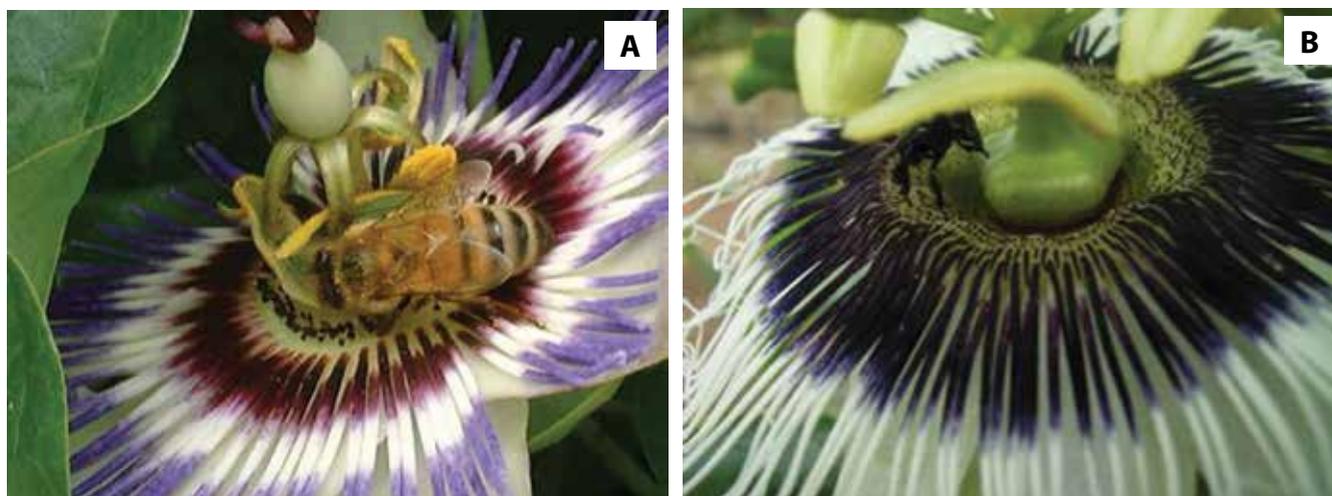
Os pequenos agricultores de economia familiar da região de Juazeiro têm consciência sobre os polinizadores e conhecimento do risco dos agrotóxicos para as abelhas do gênero *Xylocopa*, principal polinizador do maracujá-amarelo. Mas, nem sempre realizam os procedimentos necessários para uma aplicação segura dos agrotóxicos, seja por questões de ordem econômica, de infra-estrutura ou até mesmo por comodismo, acarretando exposição dos visitantes florais à ação demasiada do produto (**Figura 16**).



**FIGURA 16.** Descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos utilizados para controle de pragas dos maracujazeiros da região de Juazeiro, Bahia.

Além da perda qualitativa dos habitat naturais de Caatinga e do uso de agrotóxicos tóxicos às abelhas, a presença das abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) e arapuás (*Trigona spinipes*) nas flores do maracujá-amarelo é outro problema enfrentado pelos produtores na região. Essas abelhas visitam as flores do maracujá-amarelo em busca de néctar e pólen (**Figura 17**), sem realizar a polinização.

*Trigona spinipes* é vista frequentemente perfurando a corola da flor do maracujá-amarelo, na região do nectário para roubar o néctar, ou retirando o pólen das anteras, tornando as flores menos atrativas para as abelhas *Xylocopa*. Os danos causados à flor podem resultar no aborto dos frutos, o que, por sua vez, se traduz em prejuízo ao produtor. As abelhas africanizadas, por sua vez, apresentam comportamento agonístico em relação às *Xylocopa* spp. Foi observado nos cultivos um grupo dessas abelhas afugentando indivíduos de *Xylocopa* spp. das flores, impedindo assim que essas realizem a polinização.



**FIGURA 17.** (A – B) Abelha *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* visitando flores do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) na região de Juazeiro, BA.

Uma das medidas utilizadas na região para reduzir o número de abelhas africanizadas e arapuás nas flores do maracujá-amarelo, é a oferta de fontes alternativas de alimento, como o xarope de mel e açúcar, por exemplo, próximo às plantações, desviando-as assim das flores do maracujá-amarelo. Alguns agricultores relataram que uma esponja embebida com esse xarope pode atrair muitas abelhas, afastando-as da planta. O curioso é que as *Xylocopa* spp. não são atraídas para essas fontes de alimento e podem, assim, permanecer nas plantações polinizando as flores de maracujá.

Os pilhadores, assim como as *Xylocopa* spp., utilizam outras plantas como fonte de néctar e pólen (**Tabela 7**). Uma estratégia também interessante é a manutenção, no entorno da planta, de outras espécies de plantas que atraiam essas abelhas, de modo a desviá-las das flores do maracujá-amarelo.

**Tabela 7.** Espécies vegetais que podem ser utilizadas pelas abelhas africanizadas como fonte de néctar (N) e pólen (P) encontradas na região de Juazeiro, Bahia.

Família	Nome científico	Nome vernáculo	Recurso
Brassicaceae	<i>Cleome spinosa</i> Jacq.	Muçambê branco	N / P
Euphorbiaceae	<i>Jatropha molissima</i> (Mart.) Baill.	Pinhão-bravo	N / P
	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Pinhão-manso	N / P
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Jurema	N / P
	<i>Prosopis juliflora</i> DC.	Algaroba	N / P
Loranthaceae	<i>Phoradendron</i> sp.	Enxerco	N
Rhamnaceae	<i>Zyziphus joazeiro</i> Mart.	Joazeiro	N

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Propostas de manejo para os polinizadores e para a cultura

A primeira medida a ser tomada para manter populações viáveis de polinizadores e garantir os serviços de polinização nas plantações de maracujá-amarelo, na região, é a proteção dos remanescentes de caatinga. Recomenda-se implementar estratégias de manejo da caatinga circundante aos plantios, visto que em Juazeiro, cada pequena propriedade possui uma área de sequeiro (reserva legal), onde a caatinga deveria ser preservada.

Uma dessas estratégias seria o enriquecimento dessas áreas de sequeiro com espécies vegetais como a imburana-de-cambão, *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae), a catingueira, *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Caesalpinioideae) e a braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae), substratos potenciais para a nidificação das abelhas *Xylocopa*.

Dentre outras medidas a serem tomadas, a oferta de locais alternativos para nidificação das *Xylocopa* spp., como ocos de madeira morta, e a criação racional dessas abelhas, são iniciativas viáveis, para aumentar a densidade populacional dessas abelhas no entorno dos cultivos e com isso reduzir os custos associados à contratação de mão de obra para a realização da polinização manual.

Em relação à cultura do maracujá-amarelo, devem ser adotadas práticas de manejo que evitem os efeitos negativos do endocruzamento e da esterilidade feminina. A esterilidade feminina é uma explicação para o baixo valor de polinização cruzada (51,6%) na região. Assim, estas plantas acarretam sérios problemas às plantações de maracujá-amarelo, pois o aumento da ocorrência de plantas estéreis nos pomares gera, em longo prazo, queda na produtividade das plantações de maracujá-amarelo.

Como mencionado anteriormente a porcentagem de esterilidade feminina em flores de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, nas áreas dos cultivos de maracujá-amarelo, em Maniçoba, é alta quando comparada à média para o cultivo encontrada em outros estudos (Rugiero *et al.* 1996). Melletti (1998) afirma que é necessária uma taxa de 80% de flores curvadas para que a planta seja considerada produtiva, justificando a introdução de variedades consideradas de alto rendimento e uma mudança de estratégia de manejo.

Para os procedimentos de polinização manual, é altamente recomendável a utilização de várias plantas doadoras de pólen, as quais devem ser selecionadas observando-se uma distância mínima em relação às plantas receptoras do pólen. Além disso, as plantas estéreis não devem ser utilizadas como doadoras de pólen para a polinização cruzada manual ou até, preferencialmente, serem eliminadas das plantações para que seus grãos de pólen não sejam transportados pelos polinizadores nativos.

A esterilidade feminina pode estar relacionada à perda de variabilidade genética dos genótipos de *Passiflora edulis*, cultivados na região de Juazeiro. Apesar de não ter sido encontrada uma relação significativa entre a taxa de deflexão dos estigmas e a similaridade entre os genótipos avaliados na região, os estudos realizados em Maniçoba evidenciaram que nas populações de maracujá-amarelo cujos genótipos eram advindos de outra região ou onde foi realizada seleção de sementes houve um incremento na taxa de curvatura dos estiletes (Rocha 2008).

Dentre os fatores que tem contribuído para o aumento da uniformidade genética das populações de maracujá-amarelo em Maniçoba destacam-se: (1) todas as mudas originais foram distribuídas pela CODEVASF, (2) a introdução de novos indivíduos não faz parte do plano de manejo adotado pelos agricultores, (3) atualmente, a maioria dos proprietários afirma que utilizam mudas produzidas no próprio assentamento, com exceção de um dos proprietários, o qual disse ter buscado as mudas utilizadas no plantio em uma casa de produtos agropecuários fora da área de cultivo (Rocha 2008).

O polimorfismo genético é crucial para fornecer as bases para a adaptação da espécie a um meio ambiente variável, e é nessa diferenciação que pode estar, por exemplo, um gene resistente a algum tipo de doença. *Passiflora edulis* é uma planta originária do Brasil e tem no país a maior fonte de variação genética. Assim, se faz necessária a introdução de novos genótipos, para que ocorra uma diversificação genética dos cultivares. Além disso, esses novos genótipos têm que proporcionar uma alta incidência de planta com baixa taxa de não deflexão dos estigmas. A introdução dos novos genótipos deve estar associada ao incentivo da polinização natural, realizada pelas abelhas do gênero *Xylocopa*, visando assegurar fluxo gênico e conseqüente manutenção ou ampliação da diversidade genética.

### 3.2 - Impactos econômicos da polinização sobre a produção agrícola

Em setembro de 2006, foram realizadas duas oficinas com os pequenos produtores de maracujá-amarelo de Maniçoba. Nesta ocasião, foram discutidas diversas questões associadas ao cultivo de maracujá-amarelo e um dos principais problemas apontados pelos pequenos produtores foi o custo-benefício da produção de maracujá-amarelo na região. Os custos foram estimados, pelos agricultores, da maneira mais fidedigna possível a uma situação real onde o terreno seria plantado pela primeira vez.

Os principais gastos associados à plantação de maracujá-amarelo na região de Maniçoba estão relacionados à mão de obra e à estaquia. A contratação de mão de obra é fundamental desde o preparo do terreno à colheita dos frutos e as estimativas apontam que estes custos representam aproximadamente 1/3 de todo o gasto associado à produção. O total estimado dos custos de produção girou, em média, em torno de R\$ 10.000,00 por hectare e uma descrição dos custos de cada item pode ser observada na **Tabela 8**. Em relação aos gastos associados à mão de obra, temos aí embutido o custo da polinização manual, cujo valor estimado para a mesma área plantada e para o mesmo período (três safras) foi de R\$ 2.200,00, pois este serviço também é utilizado no período de entressafra.

**Tabela 8.** Custos associados à produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), na região de Juazeiro, para o período que vai desde a preparação do terreno ao final da terceira safra. Este período dura, em média, 12 a 15 meses. Valores estimados para um hectare plantado com aproximadamente 1.500 mudas.

CUSTOS DE PRODUÇÃO	
Itens	Preço
Hora de máquina	R\$ 215,00
Mudas	R\$ 225,00
Preparo do solo	R\$ 150,00
Mão de obra	R\$ 2.014,00
Insumos	R\$ 200,00
Estacas	R\$ 1.500,00
Arame	R\$ 540,00
Água	R\$ 600,00
Gás	R\$ 360,00
Sacos p/ venda	R\$ 270,00
Manutenção na entre-safra	R\$ 1.930,00 (2X)
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 9.934,00</b>

O rendimento médio estimado dessa mesma plantação girou em torno de R\$ 21.000,00, pelo mesmo período de tempo considerado nos cálculos para os custos da produção. O rendimento mínimo da produção de maracujá foi de R\$ 12.800,00, enquanto o máximo foi estimado em R\$ 32.000,00, considerando as flutuações no preço de venda. Em boas safras, o saco do maracujá custa, em média, R\$ 20,00 e em safras ruins, cuja qualidade do fruto é ruim, o preço despenca para R\$ 8,00 o saco. Considerando, portanto, um gasto médio de R\$ 10.000,00 e um lucro médio de R\$ 21.000,00, estimamos o lucro médio anual da plantação de um hectare de maracujá-amarelo na região de Maniçoba em torno de R\$ 11.000,00.

O principal impacto econômico isolado sobre a produção agrícola, nas pequenas plantações de maracujá-amarelo da região, relaciona-se ao custo da contratação de mão de obra para realização da polinização manual. Se considerarmos que, em geral, pequenas plantações de maracujá-amarelo (<10ha) em outras regiões de país não necessitam de polinização manual, podemos prever que o manejo de polinizadores naturais nesta região pode beneficiar os pequenos agricultores de duas maneiras. Primeiro, os polinizadores naturais (*Xylocopa* spp.) são, segundo os agricultores, mais eficientes na produção de frutos de melhor qualidade. Em segundo lugar, o aumento das populações naturais de polinizadores pode levar a uma diminuição dos gastos associados à contratação de mão de obra. Assim, um impacto positivo no lucro das pequenas plantações de maracujá-amarelo pode advir de uma sinergia entre estes dois pontos fundamentais.

No entanto, a estimativa do impacto econômico real do manejo de polinizadores nesta cultura depende, sobremaneira, do sucesso das estratégias de manejo implementadas. A partir das discussões realizadas com os agricultores podemos estimar o valor dos serviços realizados pelas *Xylocopa* spp. na polinização das

plantações de maracujá-amarelo na região. Segundo os agricultores, essas abelhas são responsáveis por aproximadamente 70 a 80% da produção, como ressalta um dos agricultores quando respondendo sobre a falta do “besouro”:

*“Aí a gente vira besouro, se não tiver besouro e não polinizar, aí só sai de 20% a 30% da produção... se os besouro tiver aí pega 70%, 80%. [...]. Não, com o pessoal é a mesma coisa, pega 70, 80%. Pega igual ao besouro o pessoal, se vc polinizar é igual ao besouro. Se não polinizar, se não fizer nada aí que pega 25; 30%.” (J.U.M.S, 253)*

Dessa forma, considerando que a polinização natural resulta em uma eficiência de 75% na produção de frutos – e, portanto, um ganho aproximado de R\$15.750,00 – podemos considerar três cenários possíveis, com base no sucesso do manejo dos polinizadores na região: (i) um excelente incremento nas populações naturais de polinizadores, levando a uma redução proporcional na contratação de mão de obra poderia reduzir os custos de contratação em 75%; (ii) um incremento razoável nas populações naturais de polinizadores levando a uma redução de 30 a 50% dos custos de contratação de mão de obra; (iii) um incremento pobre na população de polinizadores naturais que provavelmente não afetaria os custos de produção.

Em geral, a redução dos custos de contratação de mão de obra associados à polinização manual, nos diferentes cenários possíveis, variaria de R\$ 1.650,00 (75% dos custos estimados da polinização manual) no melhor cenário, até uma melhoria irrisória, nos casos em que as medidas de manejo não tivessem sucesso, para cada hectare plantado por ano.

Além do impacto positivo nas plantações, o manejo das populações de *Xylocopa* spp. pode auxiliar a recomposição da caatinga do entorno das propriedades, causando um feedback positivo no qual a melhoria dos rendimentos da plantação auxiliaria a recomposição da caatinga remanescente que, por sua vez, proveria mais locais de nidificação para as populações naturais de *Xylocopa* spp.

No entanto, o contato com os agricultores, durante 18 meses de observa o participante, permitiu que a equipe identificasse outras modificações nas práticas locais de manejo da plantação que podem resultar em benefício para a produção. Estas práticas estão relacionadas ao manejo da plantação em sentido mais amplo e incluem, por exemplo, a cobertura do solo, a utilização adequada de agrotóxicos e de fertilizantes, o horário de irrigação, etc. Dessa forma, a melhoria da produtividade das plantações de maracujá-amarelo da região de Maniçoba passa não apenas pelo manejo dos polinizadores naturais da cultura, como também pela adequa o de algumas práticas locais de manejo.

### 3.3 - Estratégias para a implementa o do Plano de Manejo

A estratégia proposta para o manejo da cultura do maracujá-amarelo e seus polinizadores, na região de Juazeiro leva em considera o alguns pontos importantes. Inicialmente, para um maior envolvimento da comunidade local no manejo da área, propomos a realiza o de oficinas para a elabora o dos materiais a serem utilizados para a forma o dos agentes multiplicadores locais. Por seu turno, os agentes multiplicadores serão os próprios agricultores, ou aqueles que se mostrarem interessados em participar de um treinamento mais demorado e aprofundado a respeito das práticas de manejo e das bases teóricas que as sustentam. Esses materiais, a serem construídos conjuntamente, referem-se a cartilhas, mapas, esquemas e textos didáticos que serão utilizados pelos próprios agentes como materiais de apoio quando da abordagem de outros pequenos agricultores.

Em segundo lugar, acreditamos que a estratégia de criação de unidades experimentais é de extrema importância para que os agricultores locais possam não apenas acompanhar, mas também participar dos processos de transformação das práticas de manejo sugeridas pela equipe. Esta estratégia pode ser realizada em duas etapas simultâneas. A primeira delas é a construção, de uma unidade experimental, que será manejada e monitorada conjuntamente pelos pesquisadores e agricultores, na qual as propostas de manejo que envolve modificações mais profundas nas práticas de cultivo locais, incluindo o manejo dos polinizadores, possam ser testadas. Esta etapa requer uma área especificamente designada para o projeto, e o tempo de execução deve ser longo, para que os agricultores acompanhem todas as etapas do manejo da plantação, desde o preparo do solo até a colheita dos frutos.

A segunda etapa, no entanto, envolve pequenas modificações que podem ser realizadas na própria propriedade, ou em uma parte dela. Cada agricultor pode implementar novas práticas de manejo na sua própria plantação, o que envolve a execução de práticas simples como a cobertura do solo, a modificação do horário de irrigação, etc. A partir dessa experiência pessoal, o agricultor é capaz de comparar, na sua própria plantação, as diferenças na produção resultantes das diversas práticas de manejo por ele implementadas.

Assim, a partir de uma abordagem empírica e experimental, o resultado das novas práticas de manejo da plantação se torna mais evidente e, portanto, o envolvimento dos agricultores com as propostas de manejo sugeridas pela equipe será mais eficaz.

#### 4. Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo.
- AGRIANUAL. 2006. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP.
- ANDRADE-LIMA, D. 1981. The Caatingas dominium. Revista Brasileira de Botânica 4:149-153.
- ARAÚJO, J.L.P, ARAÚJO, E.P. & CORREIA, R.C. 2005. Análise do Custo de Produção e Rentabilidade do Maracujá Explorado na Região do Submédio São Francisco. Petrolina, PE: Embrapa CPATSA, Circular Técnica 122, 4p.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in Southern Brazil. I – Nest construction and biological cycle. Revista Brasileira de Biologia 42:571-582.
- CAMILLO, E. 1996. Utilização de espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) na polinização do maracujá-amarelo. In Anais do Encontro sobre abelhas 2, Ribeirão Preto, p.141-146.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do maracujá. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. 2001. Almanaque Vale do São Francisco. 1ª ed., Brasília.
- ENDRESS, P.K. 1994. Diversity and Evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- FREITAS, B.M. & FILHO, J.H.O. 2001. Criação Racional de Mamangavas para polinização em áreas agrícolas. Banco do Nordeste, Fortaleza.

- HURD, P.D. & MOURE, J.S. 1963. A classification of the large carpenter bees (Xylocopini). University of California Publications on Entomology 29:1-365.
- IBGE 2005. Produção Agrícola Municipal. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). (Acesso em 14 jul 2007).
- JUNQUEIRA, N.T.V., BRAGA, M.F., FALEIRO, F.G., PEIXOTO, J.R. & BERNACCI, L.C. 2005. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In Maracujá: germoplasma e melhoramento genético (F.G. Faleiro, N.T.V. Junqueira & M.F. Braga, org.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p.81-110.
- KOSCHNITZKE, C. & SAZIMA, M. 1997. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* (Passifloraceae) em mata mesófila. Revista Brasileira de Botânica 20:119-126.
- LEITÃO FILHO, H.F. & ARANHA, C. 1974. Botânica do maracujazeiro. In Anais do I Simpósio da Cultura do Maracujá (Sociedade Brasileira de Fruticultura). Campinas, p.11-13.
- LEONEL, S., LEONEL, S. & DUARTE FILHO, J. 2000. Principais produtos e subprodutos obtidos do maracujazeiro. Informe Agropecuário 21:81-85.
- LIMA, A.A. 1999. O cultivo do maracujá. Cruz das Almas: Embrapa-CNPM.
- LIMA, A.A., CARDOSO, C.E.L., SOUZA, J.S. & PIRES, M.M. 2006. Comercialização do maracujazeiro. Maracujá em foco, Embrapa, 29. [www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto\\_em\\_foco/maracuja\\_29.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/maracuja_29.pdf). (Acesso em 30 out 2007).
- MELLETTI, L.M.M. 1998. Caracterização agrônômica de progênies de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- NEHMI, I.M.D. 2000. Agriannual 2001: Anuário estatístico do Brasil. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo.
- NEVES, E.L., SILVA, F.O., TEIXEIRA, A.F.R. & VIANA, B.F. 2006. Aspectos da nidificação e forrageamento de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *grisescens* Lepelletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini) nas dunas do médio São Francisco, Bahia. Sitientibus Série Ciências Biológicas 6:95-100.
- OLIVEIRA-FILHO, J.H. & FREITAS, B.M. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. Ciência Rural 33:693-697.
- ROCHA, M.C.L.S.A. 2008. Variabilidade genética e taxa de deflexão dos estigmas em cultivos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) do Vale do São Francisco. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- RUGGIERO, C., SÃO JOSÉ, A.R., VOLPE, C.A., OLIVEIRA, J.C., DURIGAN, J.F., BAUMGARTNER, J.G., SILVA, J. R., NAKAMURA, K., FERREIRA, M.E. & KAVATI, R. 1996. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19). Embrapa- SPI, Brasília.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, E.A.B. 2002. Abelhas Brasileiras: sistemática e identificação, Belo Horizonte.
- SOUZA, P.J.S. 1994. Polinização em maracujazeiro. In Maracujá, produção e mercado (A.R. São José, ed.), DFZ/UESB, Vitória da Conquista, p.65-70.

SOUZA, V.C. & LORENZI, H. 2005. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP.

SPIRA, T.P. 1980. Floral parameters, breeding system and pollinator type in *Trichostema* (Labiatae). Department of Biological Sciences, California State University.

TODA FRUTA. Produção integrada do maracujá (*Passiflora edulis* Sims.). [http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=6556](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=6556). (Acesso em 08 jan 2007).

VIANA, B.F., ROCHA, P.L.B, SILVA, F.O. & KLEIN, A.M. 2007. Exploring causes of pollinator limitation of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) in Northeast Brazil. Proceedings of 9th International Pollination Symposium on Plant-Pollinator Relationships. Ames, Iowa. p.193-194.



## Capítulo 12

### Polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro e possibilidades de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini)

Paulo Eugênio Oliveira<sup>1</sup>; Solange Cristina Augusto<sup>1</sup>; Ana Angélica Almeida Barbosa<sup>1</sup>;  
Marcela Yamamoto<sup>2</sup>; Cláudia Inês Silva<sup>1</sup>; José Rafael Silva<sup>2</sup>;

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

O gênero *Passiflora* inclui cerca de 400 espécies Neotropicais e outras 20 originadas da Ásia, sendo que várias delas produzem frutos comestíveis e de qualidades medicinais. O gênero parece ser claramente monofilético e análises recentes confirmam a separação em três clados bem definidos (Muschner *et al.* 2003). As espécies e variedades cultivadas para produção de frutos comestíveis estão incluídas no Clado *Passiflora* e apresentam, de maneira geral, flores maiores e polinização por abelhas grandes e vertebrados (Varassin 2005).

As duas espécies mais comumente cultivadas no Brasil são *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, o maracujá-amarelo, e *Passiflora alata*, o maracujá doce. Outras espécies e variedades são cultivadas em outras partes do mundo, mas são invariavelmente polinizadas por abelhas grandes, especialmente do gênero *Xylocopa* (Camillo 1987, Nogueira-Couto 1996, Sazima & Sazima 1989, Nogueira-Couto 1996). O maracujá-amarelo é o mais amplamente cultivado atualmente devido às suas qualidades propícias a utilização industrial.

O maracujá é um cultivo tradicional no Brasil, sendo apreciado pelas suas qualidades nutritivas e medicinais. As possibilidades abertas pela indústria de sucos concentrados mantiveram o interesse de produtores e o valor de mercado relativamente alto. Pragas importantes, custos elevados de produção e encarecimento de mão de obra (inclusive para o processo de polinização), além da competição com produtores externos têm desestimulado os produtores em todo o país e transformado o Brasil de exportador em importador de maracujá e seus subprodutos.

O presente trabalho é um diagnóstico da cultura do maracujá-amarelo no Triângulo Mineiro e da importância dos polinizadores autóctones, especialmente as abelhas do gênero *Xylocopa*, para o processo de produção. O diagnóstico será utilizado ainda para justificar alternativas de manejo dos agroecossistemas e das populações das espécies de abelhas mais comuns no sentido de conservar as populações naturais e proporcionar uso sustentável dos serviços de polinização.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Campus Umuarama, Rua Ceará S/N, Bloco 2D, 38400-902, Uberlândia - MG. poliveira@ufu.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Quirinópolis

<sup>3</sup> Viveiros Flora Brasil-Araguari-MG

## 1.1 - A Fruticultura do Maracujá no Triângulo Mineiro

O maracujá começou a ser cultivado no Triângulo Mineiro a partir da década de 70 e gradualmente a cultura se expandiu chegando a ocupar mais de 3.700 ha e 1.200 produtores na região que compreende o Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Sudeste Goiano. Um ponto importante para tal expansão foi o estabelecimento de indústrias de alimentos que pudessem utilizar o excesso de produção. Instalada no Município de Araguari em 1972 a Indústria de Alimentos Maguary foi acompanhada por outra empresa de processamento de frutos, a Da Fruta Comércio e Indústria, atualmente ambas pertencentes à EBBA - Empresa Brasileira de Bebidas e Alimentos. O município é ainda hoje o principal polo de processamento industrial de frutos de uma maneira geral do Brasil, controlando cerca de 60% do processamento do maracujá.

De maneira geral, o cultivo do maracujá foi feito por pequenos produtores até a década de 1980, quando começou a ser incluído em projetos agrícolas, passando a ser cultivado em propriedades de até 300 ha. Mas continua, como na maior parte do Brasil, atividade de pequenos produtores em propriedades de alguns poucos hectares, com pouca organização e raros exemplos de integração. A produção do maracujá normalmente é feita em pequenas propriedades, 90% delas menores que 70 ha. Os plantios propriamente têm menos de três hectares ou próximo de 2.000 plantas por produtor. Na região do Triângulo mineiro/Alto Paranaíba, existem apenas quatro propriedades com áreas cultivadas com o maracujazeiro consideradas grandes, maiores que 50ha.

A região do Triângulo Mineiro não conta com nenhum tipo de organização específica de produtores para produtores de maracujá. Existe uma associação bastante incipiente na cidade de Carmo do Paranaíba (Associação dos fruticultores da região do cerrado mineiro – AFRUCER), atualmente com 15 membros e quase nenhuma atividade. Em Araxá e Pedrinópolis, a prefeitura e a EMATER têm trabalhos de apoio. O restante dos produtores conta somente com o apoio da principal empresa compradora (EBBA – Maguary e Da Fruta), que tem um modelo de integração próprio, no qual inclui assistência técnica gratuita. Esta empresa banca projetos de melhoramento há 20 anos e busca melhorias tecnológicas de cultivo para repassar aos seus produtores.

A principal e quase única espécie cultivada é *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg, o maracujá-amarelo/azedo. Estima-se que o maracujá-doce (*P. alata*) ocupe menos de 3 ha em todo o Triângulo Mineiro. Em função do trabalho de melhoramento conduzido há quase 20 anos, a região conta com variedades especialmente desenvolvidas para atender a indústria. A região do Triângulo Mineiro é praticamente a única no Brasil que planta para atender preferencialmente a indústria, numa proporção de 85% para indústria e 15% para o mercado de fruta fresca. As demais regiões plantam para atender o mercado *in natura*, numa proporção de até 80% para fruta fresca e 20% para indústria. Os frutos produzidos pelas variedades de fruta fresca recebem preços menores na indústria, enquanto que os de variedade industrial têm pior aceitação no mercado de fruta fresca, principalmente devido ao tamanho e coloração da casca. Em relação ao potencial produtivo todas as variedades oriundas de trabalhos de melhoramento têm potencial produtivo semelhante e sempre acima de 50 t/ha/ano.

Não existem dados oficiais para a produção de maracujá no Triângulo Mineiro. No entanto, as informações obtidas junto aos principais compradores da região, mostram que na safra 2003/04 existiam cerca de 3.200 ha que produziram cerca de 35.000 toneladas de frutos. Para a safra 2004/05 estimava-se uma redução de 20% na área plantada, 25% no número de produtores e 22% no volume de frutos produzidos. Entretanto,

face aos bons preços praticados até agosto de 2005 houve uma reversão destas expectativas e um aumento da área plantada e produção, confirmadas depois pelo levantamento da safra. Para a safra de 2005/2006 houve uma relativa estabilidade de preços, ocorrendo o mesmo em relação a área plantada e produção.

As informações obtidas de grandes empresas compradoras da região, mostram que em 1985 foram registrados 700ha e 260 produtores. A partir daquele ano, com assistência técnica e propostas de integração houve uma rápida expansão do cultivo, abrangendo diversos municípios, chegando em 1989 com 3.450 ha e 1.260 produtores. Desde então a variação de área plantada e número de produtores tem sido muito pequena, embora exista uma rotatividade de produtores de até 20% por ciclo (2 ou 3 anos). Estima-se que o percentual de produtores fiéis ao cultivo do maracujazeiro por mais de 10 anos esteja próximo de 50%, ou seja, de aproximadamente 1.200 produtores, 600 podem ser considerados fruticultores (por tempo de plantio e experiência com a cultura). Neste período estima-se que a área plantada tenha oscilado entre 2.700ha. até 3.500ha. e o número de produtores entre 850 a 1.250.

A expansão do cultivo no Triângulo Mineiro coincidiu com o aumento do interesse pelo consumo *in natura* e industrialização no Brasil. O aumento no volume comercializado ou ofertado por três centrais de abastecimento no Brasil entre 1991 e 2003 foi de 111%, o que significa um crescimento médio anual de 5,92%. A título de ilustração e baseando-se nos dados da Ceasa Grande Rio para 2003, considerada a segunda central mais importante na comercialização de hortifrutis do Brasil, o maracujá teve uma participação expressiva na comercialização das frutas frescas de um modo geral. Num universo de 72 variedades de frutas comercializadas, o maracujá ocupou a 12ª posição, com 17.919 toneladas comercializadas.

O mercado de consumo *in natura* absorve a maior parte da produção de maracujá no Brasil (cerca de 60%) sendo os restantes 40% absorvidos pela indústria para produção de sucos. A grosso modo e admitindo-se a produção de 2002 do IBGE, o consumo *in natura* atingiu 287.191 toneladas. Já para a indústria o volume de frutas destinado para produção de sucos foi de 191.460 toneladas, o que equivale a aproximadamente 63.820 toneladas de suco integral.

As frutas tropicais processadas geram o equivalente a 227,8 mil toneladas de sucos, polpas e água de coco. Deste volume, cerca de 68,6% são do segmento de sucos, com destaque para o maracujá, responsável por 22,2% deste número (**Figura 1**). A produção do Triângulo Mineiro corresponde a 38,8% do processamento das frutas industrializadas no Brasil (**Figura 2**).

A análise da evolução dos preços pagos recentemente pela indústria (**Tabela 1**) apresenta uma variação positiva significativa, pois tem como base a safra de 1999/2000 onde os preços sofreram forte influência pela entrada do suco de maracujá do Equador a preços baixos. Mas mesmo quando considerada a evolução a partir da safra de 2000/2001 observamos um aumento do preço real em 32,14% e em dólar de 18,18%, ainda que considerando uma estabilidade dos preços em relação ao dólar a partir da safra 2001/2002.

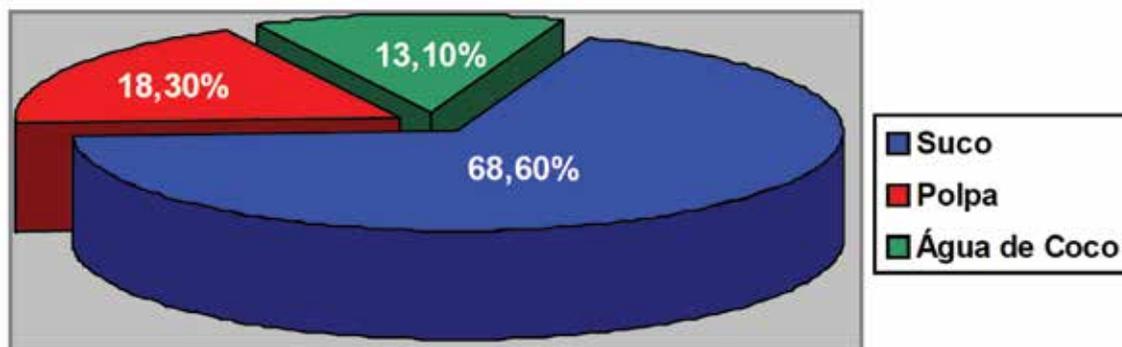


FIGURA 1 - Distribuição Percentual na Produção da Indústria Processadora de Frutas Tropicais por segmento. Fonte: ASTN / APEX

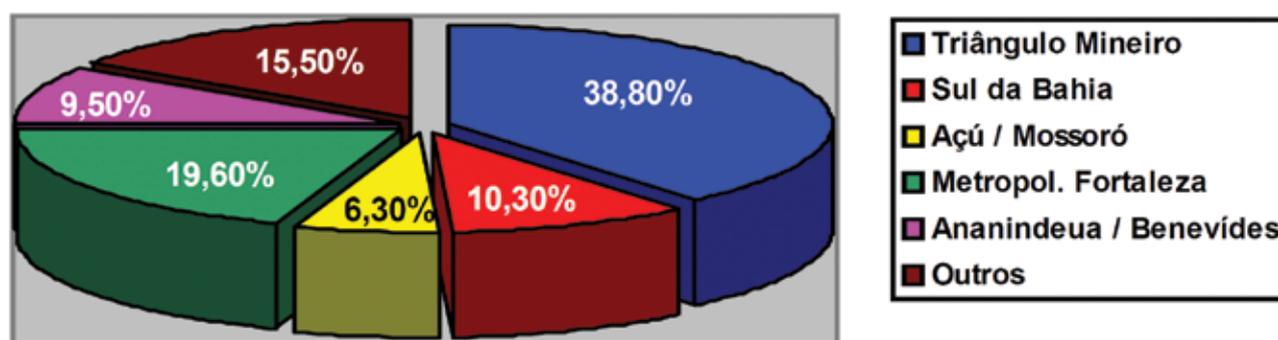


FIGURA 2. Participação Percentual dos Principais Pólos na Produção das Indústrias Processadoras de Frutas Tropicais. Fonte: ASTN / APEX.

Tabela 1. Preços pagos pela indústria ao produtor de maracujá-amarelo - FOB Fazenda (R\$/Kg)

Safra	Valor corrente	Valor constante(1)	Valor em US\$
1999/2000	R\$ 0,20	R\$ 0,18	US\$ 0,08
2000/2001	R\$ 0,31	R\$ 0,28	US\$ 0,11
2001/2002	R\$ 0,42	R\$ 0,33	US\$ 0,13
2002/2003	R\$ 0,40	R\$ 0,37	US\$ 0,13
2003/2004	R\$ 0,38	R\$ 0,37	US\$ 0,13

Fonte: Eng. Agron. José Rafael da Silva – Viveiros Flora Brasil

(1) Valores constantes – Deflator: IGP-DI/FGV

É importante salientar que grande parte da produção brasileira de suco de maracujá é destinada ao mercado interno, e a exportação eventual se restringe a poucas indústrias. Muito embora a concorrência do Equador não seja direta, devido a pouca participação do Brasil no mercado internacional de suco de maracujá, a possibilidade da importação do suco daquele país, que é considerado um dos maiores exportadores mundiais, acaba por determinar o preço da matéria-prima paga ao produtor no Brasil.

A produção brasileira de maracujá vem apresentando uma tendência declinante em razão da presença de pragas e doenças, e notadamente de algumas viroses como o PWV, o vírus do endurecimento dos frutos, principal responsável pela queda de produção em várias unidades da Federação. A ação dessa virose praticamente inviabiliza economicamente a produção do maracujá, pois os pomares, que normalmente atingem três anos de produção com uma produtividade média acima de 20 toneladas por hectare, têm a produção reduzida para menos de um ano e um rendimento físico variando de 3 a 12 toneladas por hectare.

Outra importante praga tem sido a presença de abelhas sociais, principalmente as do gênero *Apis mellifera*, que muito prejudicam a polinização, pois retiram o pólen e não conseguem realizar a polinização. Em função do hábito forrageador, não sobra pólen, tornando inócuas tanto as visitas dos polinizadores efetivos (mamangavas) como a polinização manual.

Levando-se em consideração que os custos de produção são elevados e no caso do estado de São Paulo atingem facilmente a R\$ 10 mil por hectare, admitindo-se a produtividade de 12 toneladas por hectare e que em um ano normal de produção destinam-se 60% para o mercado de consumo *in natura* e 40% para a indústria, a receita bruta obtida seria de aproximadamente R\$ 9 mil. Tais estimativas demonstram a inviabilidade econômica da cultura com patamares baixos de produtividade. Isso sem considerar a agravante de que a deformação dos frutos provocada pela virose inviabiliza a sua comercialização no mercado de consumo *in natura*, o que certamente irá contribuir para a diminuição da receita acima estimada.

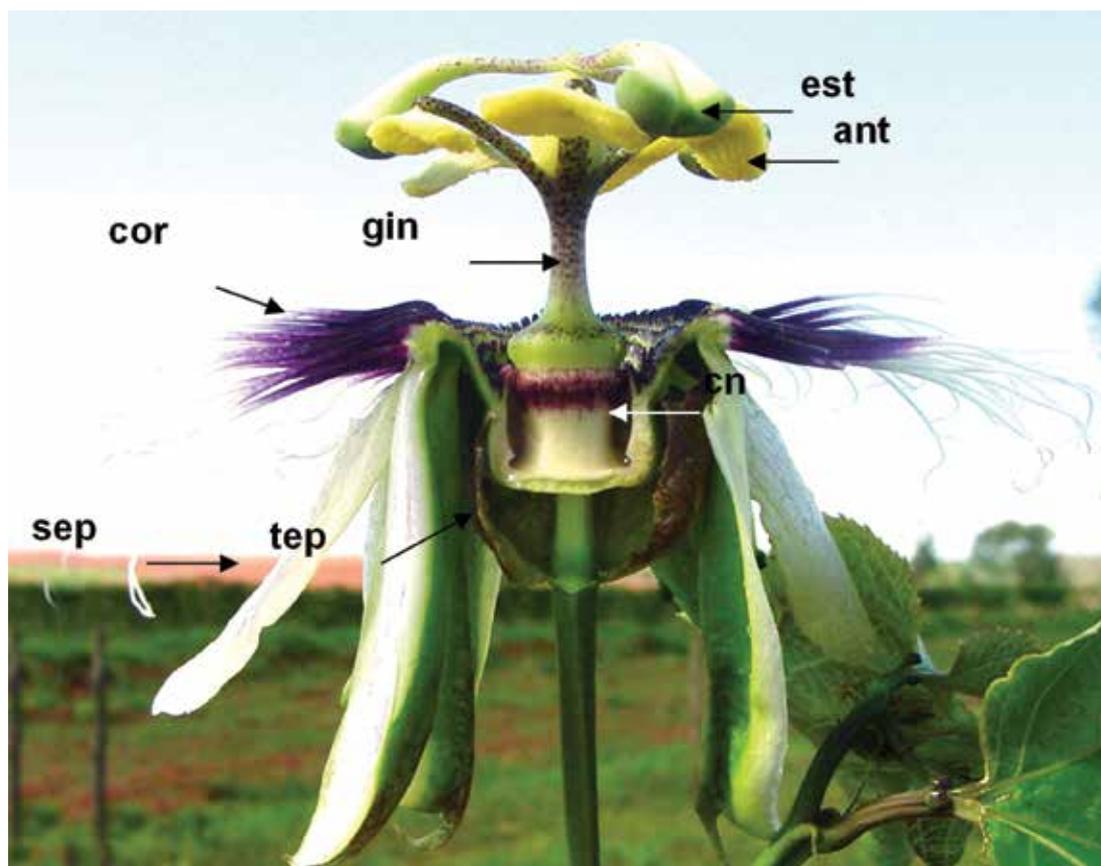
## 1.2 - Biologia reprodutiva e polinização do maracujá-amarelo

### 1.2.1 - Características florais e dos frutos

As flores do maracujá-amarelo são grandes (cerca de 7cm de diâmetro) e solitárias, originadas das axilas das folhas. São hermafroditas e pentâmeras. Apresentam brácteas foliáceas que protegem o botão até próximo da antese. O cálice e a corola são brancos e atrativos na face exposta. Uma grande corona de filamentos de origem receptacular, coloridos de violeta na base e esbranquiçados no ápice, aparece ereta no centro da flor. As estruturas reprodutivas estão num androginóforo, suspensas cerca de 1cm acima da inserção das pétalas e sépalas. O androceu é formado por cinco anteras grandes e versáteis. O gineceu é formado por um ovário tricarpelar, unilocular com aproximadamente 300 óvulos de placentação parietal. Três estiletos se originam do ápice do ovário e posicionam as áreas estigmáticas no mesmo nível ou um pouco acima das anteras (**Figura 3**). A flor apresenta hipanto desenvolvido que envolve a base do androginóforo e cria uma câmara nectarífera protegida por pelos, tais como os filamentos da corona, de origem receptacular. O fruto é uma baga arredondada ou elíptica, com numerosas sementes recobertas por um arilo amarelo que é a parte utilizada diretamente na alimentação ou indústria.

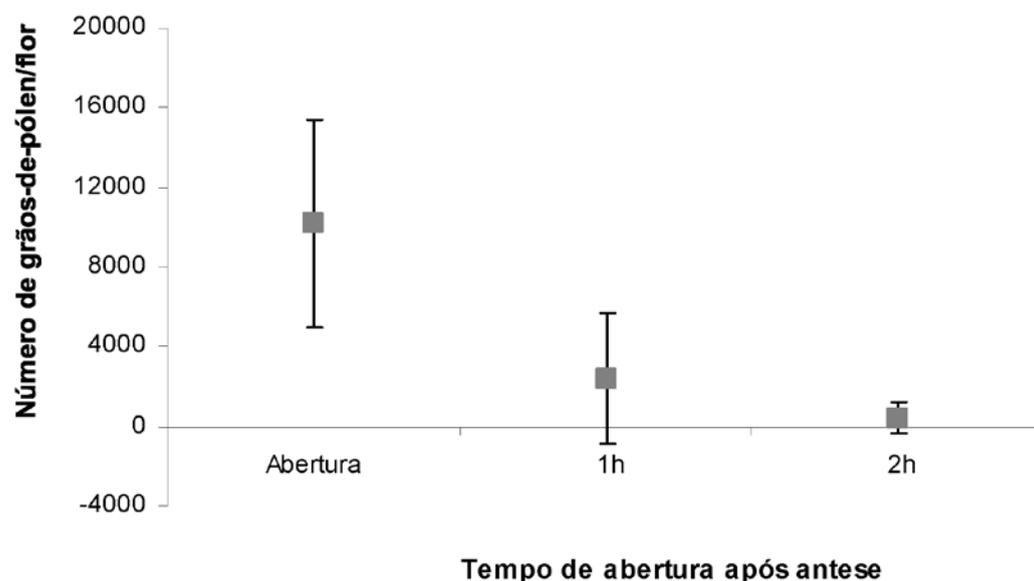
O florescimento ocorre de nove a 12 meses após a semeadura e as plantas podem passar até nove meses florescendo em floradas sucessivas. O florescimento está relacionado com o número de horas de insolação, dependendo de pelo menos 11 horas de sol. No Triângulo Mineiro a floração decresce de abril a maio e é retomada a partir de setembro-outubro. Em áreas do nordeste a floração pode ser observada durante todo o ano. As flores abrem-se a partir das 12h00 e fecham-se no final da tarde. Logo após a abertura as anteras liberam pólen e o estigma está receptivo. Os estiletos vão se dobrando para baixo após a abertura e comumente ainda estão acima do nível das anteras no início da tarde. Mas uma hora após a antese os estigmas já se encontram no mesmo nível das anteras na maioria das flores. O pólen liberado pelas anteras é pulverulento e se desprende facilmente com as visitas ou movimentos da flor. Mas os grãos de pó-

len são grandes e relativamente pesados, não sendo facilmente dispersos pelo vento. Dados da literatura sugerem que tanto a disponibilidade de pólen quanto a receptividade estigmática diminuem rapidamente após a abertura das flores (Souza *et al.* 2004), de maneira que o período do dia para a polinização e formação de frutos é bastante restrito. Estimativas da quantidade de pólen ao longo da tarde, para uma de nossas áreas experimentais, mostraram que o pólen disponível nas flores diminui rapidamente, chegando próximo a zero duas horas após a antese (**Figura 4**). Esta janela relativamente estreita para polinização pode ser ainda reduzida pela ocorrência de chuvas, ventos fortes ou pelo roubo de pólen por *Apis mellifera*.



**FIGURA 3.** Morfologia floral de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. ant: antera; cn: câmara nectarífera; cor: corona; est: estigma; gin: ginóforo; sep: sépala; tep: tépala.

A atividade das abelhas está diretamente associada com o sucesso de formação de frutos. Estudos em Viçosa (DaSilva *et al.* 1999) mostraram que esta atividade está relacionada com a densidade de flores e com a disponibilidade de pólen e néctar, sendo afetada ainda pelas condições de umidade e temperatura. Em condições de baixa densidade de flores o sucesso de polinização pode ser menor que 15%, podendo chegar a mais de 80% em densidades maiores. O sucesso de frutificação depende de visitas repetidas das abelhas as flores e sete ou mais visitas ao longo do período pareciam garantir polinização ótima nas condições experimentais do estudo. Os visitantes florais são atraídos pelo néctar acumulado na câmara nectarífera. O néctar é produzido em grandes quantidades, cerca de 200µl, e apresenta concentrações de açúcares de aproximadamente 44%, relativamente altas mesmo para plantas melitófilas (dados originais para flores na nossa área experimental). O néctar parece ser produzido em bases contínuas e a remoção experimental parece estimular a produção sem perdas marcadas de concentração (Bressan *et al.* 2005). Os polinizadores procuram o néctar ativamente tocando com o dorso nos estames e estigmas, realizando a polinização.



**FIGURA 4.** Disponibilidade de grãos-de-pólen em flores de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* na Fazenda Água Limpa, após a antese. As barras indicam o desvio padrão da média

O pólen é transferido em grandes quantidades e algumas visitas dos polinizadores nativos podem resultar em polinização suficiente para a fertilização dos óvulos e formação de sementes. Dados de Akamine & Girolami (1959) indicam que um mínimo de 190 grãos de pólen depositados no estigma é suficiente para garantir a formação de cerca de 80 sementes (1/3 dos óvulos) e o pegamento de frutos. No entanto, a formação de percentuais maiores de sementes garante frutos com maior quantidade de arilos, mais pesados e com maior produção de suco, sendo que frutos com mais de 300 sementes e arilos indicam polinização adequada nos cultivares utilizados no Triângulo Mineiro (P. B. Alves, com. pessoal). Observações do crescimento de tubos polínicos mostraram que o crescimento é rápido, com a germinação dos grãos de pólen ocorrendo em 30 minutos e com o crescimento até o ovário e fertilização dos óvulos 12 horas após a polinização (Rêgo et al. 2000, M. Yamamoto, obs. pessoal). Comparações entre polinização natural e polinização cruzada manual indicaram uma maior eficiência de fertilizações após polinizações manuais. Observações de óvulos fertilizados utilizando microscopia de fluorescência podem indicar a efetividade das polinizações e os números encontrados no estudo indicam que a polinização manual pode resultar num percentual de fertilizações muito maior que a polinização natural. Dados da literatura sugerem que a otimização da polinização, via polinização manual, pode levar a frutos mais pesados e com maior teor de suco (Leone 1990). No entanto, monitoramento do número de arilos nos plantios da Fazenda Água Limpa (Uberlândia-UFU) indicam que a polinização natural é suficiente para a formação de frutos de boa qualidade e não é limitante para o sucesso de frutificação do maracujá (B. Melo, com. pessoal).

Os frutos produzidos levam aproximadamente 50 dias para maturar e se desprendem caindo no solo. Frutos colhidos antes da queda não apresentam as mesmas qualidades dos frutos no solo. A colheita é feita por catação no solo, onde o pericarpo ceroso dos frutos permite que eles se conservem bem por alguns dias (Kavati 1998, B. Melo, com. pessoal).

### 1.2.2 - Sistema de reprodução e autoincompatibilidade .

O maracujá-amarelo, como a maior parte das espécies de *Passiflora*, apresenta flores hermafroditas e autoincompatíveis, exigindo polinização cruzada para a formação de frutos (Akamine & Girolami 1959, Rego *et al.* 2000). A natureza do sistema de reprodução do grupo tem sido estudada há muito tempo, mas muitos aspectos do controle genético de tais sistemas ainda não são totalmente conhecidos (Suassuna *et al.* 2003). Dado a complexidade da estrutura da flor, a dependência de polinizadores específicos e as necessidades de programas de melhoramento, muito esforço de estudo tem sido investido na tentativa de quebrar ou flexibilizar o mecanismo de incompatibilidade, sempre com sucesso limitado. Nenhuma das variedades cultivadas mais produtivas independe de polinização cruzada e cruzamentos realizados no sentido de quebrar as barreiras de incompatibilidade não têm produzido indivíduos autocompatíveis (e.g. Nazrul *et al.* 2003). Autopolinizações no maracujá-amarelo resultam em menos de 1% de produção de frutos (Akamine & Girolami 1959).

Estudos recentes têm mostrado que o mecanismo de incompatibilidade no maracujá tem características mistas entre os mecanismos clássicos de incompatibilidade, apresentando aspectos de sistemas gametofíticos e esporofíticos as vezes concomitantes numa mesma linhagem (Suassuna *et al.* 2003). Evidências de cruzamentos sugerem também a presença de mais de um locus associado ao mecanismo de incompatibilidade (Rego *et al.* 1999). Esta complexidade e possível redundância no controle genético do mecanismo de incompatibilidade talvez expliquem a predominância de espécies alógamas obrigatórias no gênero e as dificuldades de melhoristas e agricultores em obter variedades autocompatíveis.

Esta incompatibilidade exige cuidados especiais de cultivo, com a seleção de um plantel de mudas que inclua indivíduos compatíveis. Esta seleção permite que a produção não seja afetada pelo processo de incompatibilidade. Muitos dos problemas de produção advêm do desconhecimento ou falta de cuidado dos produtores no sentido de manter níveis de heterozigose nos plantios que impeçam a redução na produtividade por cruzamentos incompatíveis.

### 1.3 - Polinização

A estrutura floral e a auto-esterilidade marcada fazem com que a cultura do maracujá-amarelo seja diretamente dependente da polinização. A polinização eficiente talvez seja a operação mais importante na cultura do maracujá, juntamente com a escolha de mudas selecionadas. Estudos em São Paulo indicam variação de até 700% na produtividade em função da eficiência da polinização por abelhas (Camillo 2003). A necessidade de polinizadores naturais, nem sempre controláveis, faz da polinização manual da cultura uma operação de rotina, que resulta em ganhos significativos de produtividade, mas envolve custos de mão de obra nem sempre possíveis de serem absorvidos pelos pequenos produtores envolvidos com o cultivo.

Para a polinização cruzada, as flores de maracujá dependem da polinização por abelhas solitárias de grande porte como aquelas do gênero *Xylocopa*. Contudo, algumas espécies Centridini e do gênero *Bombus* podem também atuar como polinizadores. Todas essas espécies não são manejadas diretamente e a biologia populacional é pouco conhecida nas áreas de plantio. Apesar de Michener (2000) entender que abelhas grandes não podem ser consideradas uma entidade taxonômica ou funcional, as abelhas grandes (*sensu* Frankie *et al.* 1983) visitantes das flores de maracujá constituem uma guilda com função e eficiência de polinização muito mais associada com o tamanho do que com outros aspectos da sua biologia. As flores de maracujá oferecem apenas néctar como recompensa para os visitantes legítimos e este néctar é protegido em câmara nectarífera

acessível apenas às abelhas de grande porte, capazes de forçar a entrada através de duas camadas de pelos protetores. Abelhas menores tentando acessar o néctar deixam de tocar as anteras ou os estigmas e são polinizadores pouco eficientes.

No Triângulo Mineiro, as observações realizadas nas áreas de estudo em 2004-2005 (Yamamoto *et al.* 2012) indicam cinco espécies de abelhas que parecem funcionar como polinizadores efetivos e outras 7 espécies que são polinizadores eventuais (**Tabela 2**). Esta diferenciação envolveu não somente frequência de visitas, mas também tamanho (*sensu* Frankie *et al.* 1983) e comportamento nas flores de maracujá. Mas os limites entre categorias não são muito claros e a importância relativa destas abelhas como polinizadores em diferentes áreas e épocas do ano pode se modificar com a continuação das observações. Pelo menos 6 espécies de *Xylocopa* estão envolvidas com a polinização do maracujá, todas amplamente distribuídas pelo Brasil (Silveira *et al.* 2002, M.C. Gaglianoni com. pessoal) (**Tabela 3**). As espécies de polinizadores mais freqüentes durante o estudo foram *X. frontalis* e *X. suspecta*. *Xylocopa frontalis* (**Figura 5 A e B**) parece ser o polinizador mais freqüente do maracujá também em outras regiões do país (Camillo 2003, Varassin 2005) e uma das espécies de *Xylocopa* mais citadas em estudos sobre polinizações por abelhas no Brasil (Leal 2004). São abelhas de grande porte que tocam as estruturas reprodutivas das flores de maracujá a cada visita (**Figura 5C, D e E**) e foram os polinizadores efetivos mais freqüentes em todas as áreas de estudo e praticamente durante todo o período de floração do maracujá.

*Xylocopa grisescens* (**Figura 5F, G, H e I**) foi a espécie que apresentou menor frequência nas áreas de estudo, estando inclusive ausente da área com maior grau de perturbação do entorno. Contudo, é uma abelha de grande porte e pode funcionar como um excelente polinizador de maracujá.

*Xylocopa suspecta* (**Figura 5J e K**) é uma abelha de tamanho menor que *X. frontalis* e *X. grisescens*, mas as visitas às flores de maracujá parecem resultar em polinização eficiente (**Figura 5L**). Trata-se do principal polinizador de maracujá em algumas outras áreas do Brasil (e.g. Rio de Janeiro, M.C. Gaglianoni, com. pessoal) e um visitante comum em muitas outras. Esta espécie, juntamente com *X. grisescens*, foi a segunda do gênero mais citada em estudos de polinização por abelhas compilados por Leal (2004). Nas áreas de estudo, *X. suspecta* pode ser facilmente confundida com *X. hirsutissima*, uma abelha do mesmo tamanho e com características morfológicas muito próximas. Os dados obtidos para *X. suspecta* no nosso estudo podem ter incluído indivíduos das duas espécies. De qualquer modo o comportamento na flor é similar e as estimativas da importância para a polinização do maracujá são válidas.

Um dado interessante para as áreas estudadas no Triângulo Mineiro foi a riqueza de espécies de abelhas visitando o maracujá, além das espécies de *Xylocopa*. Espécies de *Centris*, *Epicharis*, *Bombus* e *Oxaea* foram consideradas polinizadores eventuais das flores de maracujá. Isto contrasta com observações em outras partes do Brasil onde a riqueza de abelhas atuando como polinizadores ou visitantes florais é muito menor (Varassin 2005). A riqueza de abelhas visitantes de maracujá variou entre áreas, sendo maior na área com o entorno aparentemente mais bem preservado (Fazenda Água Limpa) e menor na área aparentemente mais antropizada (Fazenda Araguari). Ausência de espécies como *Xylocopa grisescens* nesta última área corrobora a idéia de que a conservação do entorno pode ter um papel importante na manutenção da diversidade de abelhas e consequentemente na polinização do maracujá.

**Tabela 2** – Lista das espécies agrupadas de acordo com o tamanho, comportamento (polinizadores efetivos, polinizadores eventuais e pilhadores), frequência de visitas e recurso utilizado das abelhas que visitam as flores de *Passiflora edulis f. flavicarpa* no Triângulo Mineiro. Novembro de 2004 a maio de 2005.

Espécies de abelhas visitantes	Frequência	Recurso
<b>Abelhas de grande porte - Polinizadores efetivos</b>	<b>49,60%</b>	
<i>Centris (Ptilotopus) denudans</i> Lepeletier, 1841	0,6%	Néctar
<i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> Friese, 1899	1,2%	Néctar
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	26,0%	Néctar
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) griseascens</i> Lepeletier, 1841	2,1%	Néctar
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988*	19,7%	Néctar
<b>Abelhas de médio porte – Polinizadores eventuais</b>	<b>12,1%</b>	
<i>Acanthopus excellens</i> Schrottky, 1902	0,8%	Néctar
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	4,8%	Néctar
<i>Centris (Trachina) longimana</i> Fabricius, 1804	2,7%	Néctar
<i>Epicharis (Epicharis) flava</i> (Friese, 1900)	1,2%	Néctar
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	1,1%	Néctar
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	0,4%	Néctar
<i>Oxaea austera</i> Gertäcker, 1867	1,1%	Néctar
<b>Abelhas de pequeno porte – Pilhadores</b>	<b>38,3%</b>	
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	34,4%	Pólen e néctar
<i>Augochlora</i> sp.	0,1%	Néctar
<i>Augochloropsis</i> sp.	0,1%	Néctar
<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)	0,2%	Pólen e néctar
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1836	0,1%	Pólen
<i>Trigona</i> sp.**	3,4%	Pólen e néctar

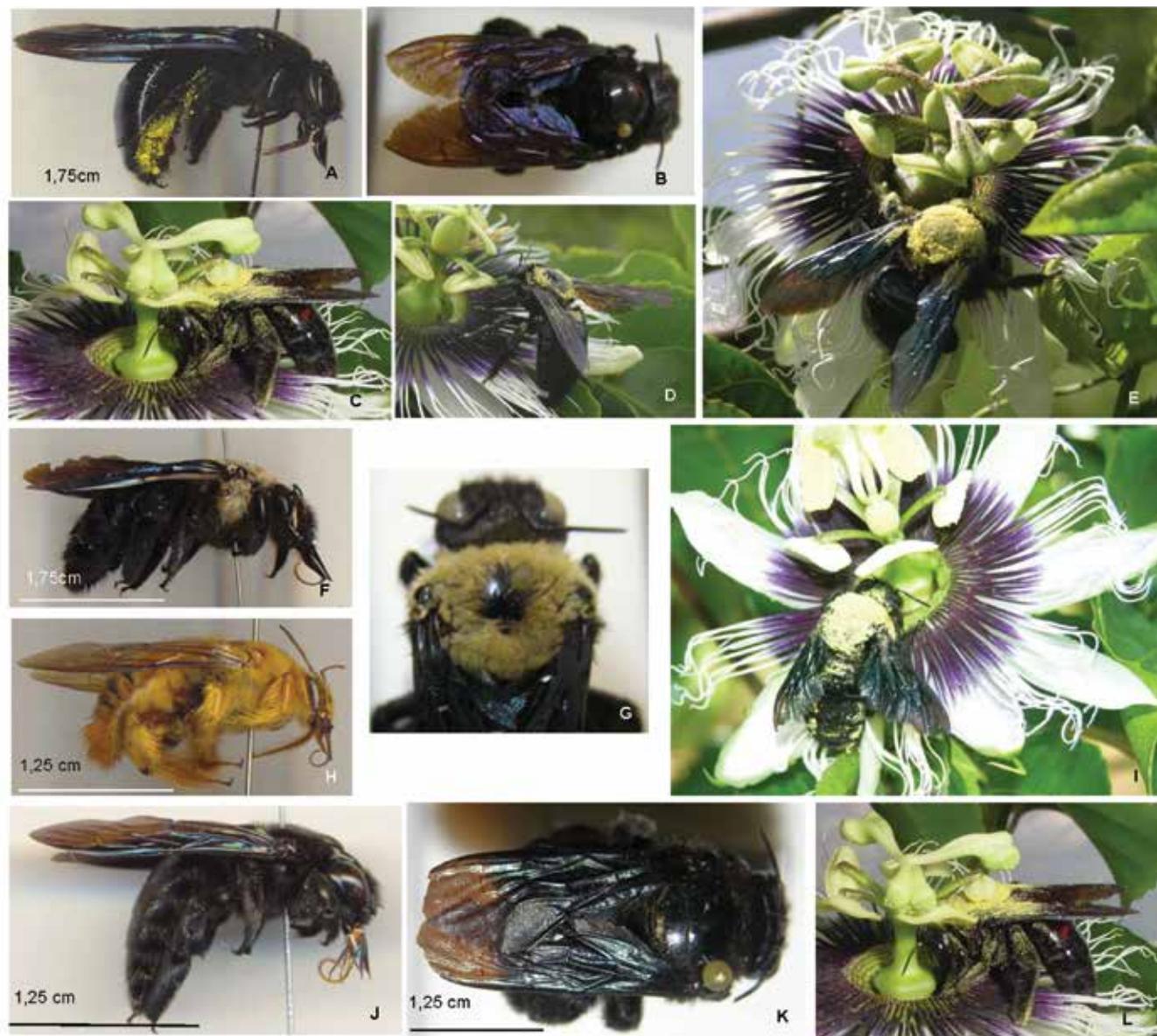
\* Inclui *Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima* Maidl, 1912, dificilmente diferenciada no campo.

\*\* Incluem as espécies semelhantes não diferenciadas no campo: *Trigona hyalinata*, *T. spinipes*, *Paratrigona lineata*, *Scaptotrigona* sp.

**Tabela 3** - Distribuição geográfica das espécies de *Xylocopa* polinizadoras de plantios comerciais de maracujá no Brasil.

Espécies	Estados de ocorrência
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasiliatorum</i>	PR(*), ES, MG, RJ, RS, SC, SP.
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>	BA, MG, PR, RJ(*) e todos os outros Estados.
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) griseascens</i>	BA, MG, PE (*), SP, AL, AM, CE, GO, MA, MT, PA, PB, PE, PI, RN, SE.
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i>	RJ (*), BA, ES, SP.
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>	MG(*), SP, BA, ES, MT, PA, PB, RJ, SP.
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima</i>	MG(*), BA, GO, MT, PA, PI, PR, RJ, RO, SP.

(\*) PROBIO



**FIGURA 5** - Espécies de *Xylocopa*. (A e B): Vista lateral e dorsal de *Xylocopa frontalis*, respectivamente. (C - E): *X. frontalis* na flor de maracujá; (F e G): Vista lateral e dorsal de fêmea de *X. grisescens*; (H): Macho de *X. grisescens*; (I): *X. grisescens* na flor; (J e K): Vista lateral e dorsal de *X. suspecta*; (L): *X. suspecta* na flor.

Abelhas sociais como *Apis mellifera* e Meliponídeos, para as quais já existem técnicas de criação e manejo desenvolvidas, não atuam como polinizadores das grandes flores de maracujá. Estas abelhas de pequeno porte na verdade funcionam mais comumente como visitantes oportunistas das flores, coletando grandes quantidades de pólen, no primeiro caso, ou perfurando as flores para a coleta de néctar, no segundo.

#### 1.4 - Sistemas de plantio e polinização

Na região do Triângulo Mineiro são utilizadas três formas de sustentação para a cultura do maracujazeiro: (i) a espaldeira vertical que consiste numa série de postes verticais que sustentam um ou dois fios de arame, por onde se conduz a planta; (ii) a latada (parreira ou caramanchão) que consiste de quatro ou mais postes verticais dispostos geometricamente e ligados entre si no topo por arames formando uma malha, que serve de suporte para os ramos da planta; e (iii) as lavouras de café em final de ciclo (cafezal velho).

Atualmente existe quase igualdade nas áreas ocupadas por cada uma, com ligeira vantagem para o cafezal velho (cerca de 40%). É provável que com a elevação dos preços do café esta situação seja modificada voltando a prevalecer a espaldeira vertical com um fio de arame como a mais usada. No restante do país predomina a espaldeira vertical (mais de 90%). As exceções são áreas da Serra do Mar, como o Vale da Ribeira-SP ou Morretes-PR, onde a maioria dos plantios é feita em latada.

Os custos de implantação variam entre as formas de cultivo, sendo que o maior custo de implantação ocorre para o sistema de latada, seguido pelo de espaldeira vertical e por último o cafezal velho. Neste último caso chega a ocorrer uma redução de até 50% no custo de implantação.

Os dados obtidos em vários experimentos conduzidos no Triângulo Mineiro mostram que na latada consegue-se produzir, em média, 30 t/ha/ano contra 16 t/ha/ano obtidas no sistema de espaldeira vertical, sem o uso de polinização manual. Neste caso há viabilidade econômica para o investimento maior com a latada. No entanto, quando se usa a polinização manual, consegue-se em média até 45 t/ha/ano na espaldeira vertical contra no máximo 35 t/ha/ano na latada.

Atualmente têm sido testados alguns sistemas mistos de plantio, como latada de filas duplas ou espaldeiras altas. Estes sistemas podem mostrar os benefícios das duas formas de cultivo mais comuns, quais sejam: facilidade para pulverizar e realizar demais tratamentos culturais, proteção do solo, proteção dos frutos, possibilidade de vingamento natural como ocorre nas latadas aliado a possibilidade de polinização manual.

Os plantios em latada e, parcialmente, em cafezais velhos impossibilitam ou dificultam a prática da polinização manual. Outros sistemas em teste na região também podem dificultar a utilização de polinizações manuais. Espaldeiras altas, de até 3 ou 3,5 metros de altura, parecem ter um efeito importante na produção e são preconizadas como uma possível alternativa ao plantio em latada, com custos de implantação menores (Alves 2004). Mas nesta forma de plantio também ocorre a formação de flores fora do alcance da polinização manual e a produção depende do sucesso da polinização natural. O uso de espaldeiras altas associado à níveis de polinização natural em áreas relativamente conservadas no Triângulo Mineiro podem levar a produção por ciclo a valores muito próximos dos máximos obtidos com polinização manual em espaldeiras baixas (Alves 2004).

É importante salientar que tanto a indústria quanto o mercado de fruta fresca não pagam diferentemente por frutos produzidos por qualquer dos sistemas de plantio usados. Tampouco existem estudos para avaliar claramente a qualidade dos frutos produzidos nos diferentes sistemas, apesar da indicação de que a polinização manual na espaldeira resulta em frutificação mais homogênea e frutos mais pesados.

### 1.5 - Polinização natural vs. Polinização manual

A polinização cruzada manual pode ser considerada a operação de maior retorno líquido para a cultura do maracujá, mas envolve custos expressivos. Segundo dados do Agriannual (2005), para uma produção esperada de 85 t/ha/ciclo, o custo total soma R\$42.875,00, dos quais R\$6.420,00, ou seja 14,9%, são gastos com a mão de obra para polinização manual. Isto significa um custo de R\$0,075/kg de maracujá.

A atividade de polinização manual *per se* pode ser considerada como de valor social (gera emprego). Por outro lado traz algumas desvantagens, tais como empregar a mão de obra em períodos irregulares, uma vez que é justificada somente nos picos de floração; ser realizada somente no período da tarde, requerer treinamento e fiscalização, exigir grande quantidade de pessoas por área (muitas vezes não disponíveis na região), entre outras.

Nas condições do Triângulo mineiro a produtividade média dos pomares de primeiro ano atinge aproximadamente 17 t/ha. Os produtores que polinizam manualmente pelo menos em três dos 6 picos de floração atingem 40 t/ha/ano, enquanto aqueles que não fazem a polinização manual dificilmente atingem 12 t/ha/ano. Considerando que um trabalhador poliniza, em média, 15 flores/minuto, ou seja, 900 flores/hora ou ainda 4.500 flores/5 horas de trabalho (13h00 até 18h00) com 50% de vingamento e um fruto com 100g, teremos 225kg de frutos vingados por cada trabalhador numa tarde (5h). Assim para produzir 28 toneladas a mais (40 – 12), são necessárias 125 tardes (5h) trabalhadas. Considerando o custo Agrianoal (2005), cerca de R\$2.737,00 ou ainda R\$0,097/kg.

Com os números acima é possível calcular o custo médio por kg com e sem polinização. Neste caso teremos valores ainda positivos para a realização da polinização manual. Além disto a qualidade do fruto advindo de polinização manual, no que diz respeito ao rendimento de suco e tamanho do fruto pode ser significativamente superior ao de polinização natural (Leone 1990).

Estudos para validar estas informações foram feitos durante o presente projeto (Yamamoto *et al.* 2012). A transformação de flores em frutos por polinizações manuais foi de 2,3 a 3,5 vezes maior que por polinização natural. Mesmo em áreas onde a polinização natural não parece ter sido limitante, como a área experimental da Fazenda Água Limpa-UFU, houve um ganho na transformação de flores em frutos nas polinizações manuais realizadas. Também houve ganhos similares nas áreas de parreira/latada e espaldeiras baixas observadas na Fazenda de Araguari, sugerindo que os ganhos de produtividade com o plantio do tipo parreira não estão diretamente relacionados com diferenças na eficiência da polinização nos dois tipos de plantio. Os dados obtidos foram de transformação de flores em frutos, mas o desenvolvimento dos frutos não foi acompanhado até a maturação para definir se estas diferenças de transformação realmente resultam em aumento de produtividade. A ordem de grandeza das diferenças é, no entanto, semelhante às diferenças de produtividade por polinização manual *versus* polinização natural encontradas na literatura (e.g. Kavati 1998). É importante notar que as estimativas de sucesso de polinização natural no presente estudo são ainda bem maiores que as obtidas para áreas do estado de São Paulo. Taxas de transformação de flores em frutos após polinização natural, de um modo geral acima de 25%, encontradas para as nossas áreas de estudo são equivalentes a taxas obtidas em São Paulo somente após a introdução experimental de ninhos de *Xylocopa* (Camillo 2003).

### 1.6 - Impacto de *Apis mellifera* sobre a polinização e produção de maracujá

As abelhas de mel (*Apis mellifera*) podem ser consideradas como a principal praga do maracujá em todas as regiões brasileiras, pois retiram o pólen e não realizam a polinização. Desta maneira, mesmo que existam polinizadores na área, mamangavas ou o homem, não haverá frutificação. Atualmente, tem sido a principal causa de baixas produtividades, abandono do cultivo ou da realização de práticas inadequadas de manejo prejudiciais ao ambiente. Estas práticas envolvem a aplicação de agrotóxicos (Tamaron, Confidor, Decis, Endosulfan, entre outros), em horário de plena atividade dos insetos, ou seja, de 11h00 até 13h00. Esta pulverização

visa matar as abelhas em pleno vôo, de modo a impedir que cheguem informações para a colméia e para que haja drástica redução das coletoras. Com isso, todas as abelhas que estiverem voando ou presente no pomar serão atingidas, inclusive as espécies de *Xylocopa* e outras abelhas polinizadoras.

A frequência e impacto de *Apis mellifera* variaram entre áreas durante o estudo, sendo mais freqüente na área aparentemente mais antropizada, mas observada comumente também na área bem conservadas (Yamamoto *et al.* 2012). A frequência varia com a região, com o regime de chuvas e com a disponibilidade de fontes de recursos alternativos para as abelhas. No Triângulo Mineiro o problema é mais acentuado nos meses de setembro, outubro e novembro e abril e maio. Isto é, no início e final da estação produtiva. *Apis mellifera* causa maiores prejuízos nos períodos em que inexitem florações naturais de outras espécies com maior valor para as abelhas. Apesar destas abelhas ocorrerem naturalmente na região, os produtores relatam que os maiores problemas têm sido enfrentados com a introdução inadvertida de apiários nas proximidades dos plantios. Vizinhos ou os próprios produtores mantêm estas abelhas nas propriedades sem consciência clara da incompatibilidade da apicultura com plantios produtivos de maracujá. Em algumas regiões do Brasil tais práticas têm se transformado em conflitos entre apicultores e produtores de maracujá.

Já existem técnicas que possibilitam a convivência com as abelhas (Oliveira & Silva 1998, Camillo 2003). Alguns produtores têm utilizado armadilhas específicas para abelhas de mel e cultivado plantas atrativas no entorno dos plantios, como sugerido na literatura (Malerbo-Souza *et al.* 2003). Mesmo para a polinização manual, o isolamento ou coleta de flores em pré-antese pode fornecer o pólen necessário sem a necessidade de pulverizações para afastar *Apis mellifera* (Oliveira & Silva 1998). A adoção destas práticas tem sido variada, embora se possa notar um interesse crescente pela maneira melhor de administrar o problema.

### 1.7 - Como o manejo dos polinizadores autóctones poderia contribuir para o ciclo produtivo do maracujá-amarelo?

Os dados apresentados anteriormente indicam que a polinização é um dos gargalos produtivos do maracujá e que aumento da eficiência de polinização pode levar a ganhos de produção muito maiores do que aqueles obtidos com a otimização de outros tratos culturais. A polinização manual aumenta consideravelmente a produtividade e qualidade dos frutos produzidos, mas tem um custo crescente e somente é efetiva em áreas onde a mão de obra é abundante e barata. Aumento no número de abelhas do gênero *Xylocopa* nas áreas de cultivo pode levar a um aumento de produtividade substancial e com custos menores. O manejo das populações de abelhas permitiria associar a conservação destas espécies com ganhos diretos de produtividade. Estes resultados podem se constituir num exemplo direto das vantagens da conservação ambiental e um instrumento didático interessante. Dada ainda a estrutura fundiária associada aos plantios de maracujá, o sucesso no manejo de polinizadores e ganhos produtivos podem significar a sobrevivência de grupos ativos de pequenos produtores ecologicamente conscientes, com um efeito multiplicador tão importante quanto os projetos de extensão rural direcionados para conservação.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Biologia das espécies de *Xylocopa* e o serviço de polinização.

As abelhas do gênero *Xylocopa*, conhecidas popularmente como mamangavas-de-toco, mangangos e mais amplamente como abelhas carpinteiras, são polinizadores de muitas espécies tropicais. Estas abelhas normalmente nidificam em madeira seca (Hurd 1978, Camillo & Garófalo 1982, Freitas & Oliveira-Filho 2001).

Pelo porte robusto e pelo comportamento de forrageamento, as *Xylocopa* spp. estão entre as únicas abelhas nativas capazes de polinizar flores de grande porte, sendo responsáveis diretas pela reprodução de muitas espécies silvestres da flora brasileira (Carvalho & Bego 1995, 1996, Barbosa 1997, Oliveira & Sazima 1990, Oliveira & Gibbs 2000, Carvalho & Oliveira 2003). Além disso, possuem a capacidade de vibrar quando visitam as flores, extraíndo o pólen de anteras porcidas como em espécies de *Solanum*, *Cassia*, *Senna*, *Chamaecrista*, *Tibouchina* (Buchmann 1983, Silveira 2002).

Outra característica que tornam as *Xylocopa* spp. importantes agentes polinizadores é a grande autonomia de vôo, com espécies podendo cobrir áreas de até 12km de raio a partir do seu ninho (Freitas & Oliveira-Filho 2001), possibilitando a polinização cruzada de espécies vegetais à longas distâncias.

No Brasil, as abelhas carpinteiras são polinizadoras de plantas ecológica e economicamente importantes, tais como a castanha-do-pará, várias espécies de leguminosas, ipês e espécies de maracujá silvestres ou cultivadas (G. Melo, com. pessoal). Estas abelhas se constituem nos polinizadores de maior eficiência para a maioria das espécies de maracujá, em particular o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) (Camillo 2000, Freitas & Oliveira-Filho 2001).

A utilização intensiva e expansão da fronteira agrícola no Brasil Central têm modificado drasticamente a paisagem, com impactos diretos sobre as populações de abelhas nativas. O uso de madeira para carvoaria no Brasil de uma maneira geral e no estado de Minas Gerais em particular deve estar reduzindo a disponibilidade de substratos para nidificação de abelhas carpinteiras, apesar de não existirem dados precisos na literatura. As populações de *Xylocopa* em áreas mais antropizadas de São Paulo e no norte do Paraná parecem já ser insuficientes para garantir as possibilidades de polinização natural de plantios de maracujá, gerando custos adicionais para os produtores. Estratégias de manejo sustentável e conservação precisam ser definidas e testadas em áreas como o Triângulo Mineiro onde estas abelhas ainda são relativamente comuns.

## 2.2 - Taxonomia e nidificação

São conhecidas entre 469 (Michener 2000) a 700 (Silveira *et al.* 2002) espécies do gênero *Xylocopa* no mundo, com maior diversidade nos trópicos ou subtropicais (Gerling *et al.* 1989). Cerca de 200 espécies desse gênero são descritas para novo mundo (Hurd & Moure 1963) e 50 para o Brasil (Hurd 1978).

A maior parte do gênero *Xylocopa* carece de revisão moderna, sendo a sistemática do grupo baseada ainda nas sinopses e check-lists. Mais recentemente foram publicadas sinopses das relações filogenéticas baseadas em dados morfológicos e moleculares (Minckley 1998, Leijs *et al.* 2000, 2002).

O gênero pode ser subdividido em 31 subgêneros, dos quais oito ocorrem no Brasil: *Monoxylocopa*, *Diaxylocopa*, *Nanoxylocopa*, *Cirroxylocopa*, *Xylocopoda*, *Stenoxylocopa*, *Schonnherria* e *Neoxylocopa* (Minckley 1998). Todos estes subgêneros ocorrem no Estado de Minas Gerais, totalizando 27 espécies (Silveira *et al.* 2002).

*Xylocopa* spp. comumente nidificam escavando em troncos de plantas lenhosas mortas (**Figura 6A**), galhos ou outros tecidos vegetais relativamente secos (Hurd 1978, Camillo & Garófalo 1982, Freitas & Oliveira-Filho 2001). Algumas espécies nidificam em talos grandes de plantas herbáceas, hastes de inflorescências (Ramalho *et al.* 2004) ou colmos de bambu; espécies do subgênero *Proxylocopa* são as únicas que constroem seus ninhos no chão (Silveira 2002).

Baseando-se nas informações sobre o hábito de nidificação de *X. frontalis*, *X. grisescens* e *X. suspecta* (Camillo & Garófalo 1982, Camillo *et al.* 1986, Camillo & Garófalo 1989, Camillo 2003), espécies previamente observadas em cultivos de maracujá-amarelo, um resumo sobre os substratos preferenciais de nidificação, arquiteturas dos ninhos, atividades forrageiras e ciclo biológico será apresentado a seguir, juntamente com alguns resultados originais obtidos para o Triângulo Mineiro.

As espécies nidificam em madeira morta, seca e apodrecida sem fissuras que poderiam permitir a entrada de água. Maciez do substrato, textura suave, sem a presença de fibras fortes são características importantes para o reconhecimento do substrato adequados para nidificação, reconhecimento este que deve ocorrer após o início da escavação, feita pelas fortes mandíbulas, pois escavações inicialmente abandonadas são encontradas com frequência.

A madeira mais frequentemente utilizada nos estudos desenvolvidos no Estado de São Paulo (ver Camillo 2003) foi *Eucalyptus* sp. Outros tipos de substratos utilizados em menor frequência foram: *Caesalpineia* sp. (*X. frontalis* e *X. grisescens*), *Pinus* sp. (*X. suspecta* e *X. frontalis*), *Ricinus communis*, *Aspidosperma pyriocollum*, *Delonix regia*, *Euphorbia pulcherri* (*X. suspecta*), *Synadenium carinatum* (*X. suspecta*, *X. grisescens* e *X. suspecta*) e *Cajanus indicus* (todas).

Um estudo sobre distribuição espacial e preferência de substratos para nidificação realizado no campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, verificou a presença de um total de 79 ninhos de *Xylocopa* (*X. suspecta* e *X. frontalis*), sendo 57,96% em *Spathodea campanulata*, 24,05% em *Ficus* sp. e 18,99% em *Ligustrum* sp. Analisando a proporção de ninhos em relação a quantidade de árvores de cada espécie, verificou-se que *Ficus* sp. foi a espécie que mais atraiu fêmeas de *Xylocopa* ssp com 46,34% das árvores inspecionadas contendo ninhos, seguida por *S. campanulata* (40, 18%) e *Ligustrum* sp. (28, 85%) (Chaves-Alves & Augusto 2005).

As nidificações ocorrem durante todo o ano, com as maiores frequências nos meses de dezembro a março e entre julho e setembro (Camillo 2003). A fundação do ninho é solitária e o reuso por sucessivas gerações é muito freqüente, tornando estes ninhos ativos por vários meses. As fêmeas nidificantes constroem um sistema de galerias (1-3), contendo de 1 a 6 células. O número total de galerias e de células varia de acordo com o número de gerações e de fêmeas que utilizaram o ninho. Estes números variaram de 1 a 10 galerias e 2 a 21 células para *X. suspecta*; 3 a 7 e 4 a 21 para *X. grisescens* e de 3 a 8 e 5 a 25 para *X. frontalis* (Camillo 2003). As células são separadas por partições (**Figura 6 B, C e D**), construídas com serragem cujas partículas são aderidas por uma substância ainda não identificada. A utilização por duas gerações (fundação + reuso) foi a condição mais frequente, mas até 3 gerações (fundação + 2 reusos consecutivos) foram observadas em *X. suspecta* (Camillo & Garófalo 1982, 1989).

Uma característica interessante destas espécies é a permanência dos jovens adultos, tanto machos quanto fêmeas, no ninho após a emergência, por um período de aproximadamente 30 dias. Neste período, os jovens são alimentados pela mãe ou por uma das irmãs mais velhas. O pólen trazido para o ninho é depositado em uma das galerias e o néctar transferido diretamente para o jovem. Após este período as fêmeas jovens podem dispersar ou permanecer no ninho, reutilizando-o. No primeiro caso, se a fêmea mãe não continuar no ninho, ela mesma pode iniciar o reuso, mas desta vez produzirá um número menor de células (1-3). O reuso

do ninho pelas fêmeas filhas geralmente ocorre quando a mãe abandona ou é expulsa do ninho por uma das filhas que, sozinha ou juntamente com uma ou duas irmãs, reusam o ninho materno (Camillo & Garófalo 1982, 1989).

O reuso dos ninhos por fêmeas nele produzidas, na presença ou ausência da fundadora ou mãe, permite o estabelecimento de algum tipo de interação social entre elas. Para algumas espécies de *Xylocopa*, como *X. sulcatipes* Maa (Stark *et al.* 1990, Stark 1992) e *X. pubescens* Spinola (Hogendoorn & Velthuis 1995, Hogendoorn, 1996), para as quais as interações no interior do ninho foram mais detalhadamente estudadas, verificou a formação de um sistema eussocial "primitivo" (no caso de associações com sobreposição de gerações - mãe e filha) ou semi-social (entre irmãs). A ocorrência deste sistema social, com sobreposição de gerações e divisão reprodutiva de trabalho em espécies de *Xylocopa*, já é um indicativo de que fêmeas de *Xylocopa* podem apresentar uma longevidade maior quando comparadas com fêmeas de outras abelhas solitárias. Não se tem conhecimento do tempo de vida de uma fêmea de *Xylocopa*, mas uma estimativa do tempo de permanência de algumas fêmeas em uma área de nidificação, no Campus da USP de Ribeirão Preto, foi feito por Pereira (2002), através da marcação de fêmeas recém-emergidas. Este autor observou um tempo máximo de 136 dias para *X. frontalis* e 130 para *X. grisescens*. Estes valores podem ser usados para uma estimativa da longevidade máxima apresentada pelas espécies estudadas.



**FIGURA 6** - (A) Tronco de planta lenhosa com ninhos de *Xylocopa*. (B e C) Ninhos de *X. suspecta* em *Spathodea campanulata* (G - galeria; C1 e C2 - células de cria; P - partição). (D) Ninho de *X. grisescens* em gomus de bambu contendo Imaturos em diferentes estágios de desenvolvimento.

### 2.3 - Multiplicação e manutenção de ninhos

Apesar do bom conhecimento sobre o comportamento de nidificação das principais espécies de *Xylocopa* no Brasil, técnicas para a multiplicação destes ninhos e manutenção ou ampliação de populações de espécies do gênero são ainda pouco disseminadas e padronizadas. A introdução de ninhos-armadilha com o objetivo de coletar ninhos de *Xylocopa* foi considerada um meio alternativo eficiente para aumentar as populações em áreas de cultivo de maracujá (Camillo 2003), da mesma forma que a utilização de ninhos racionais (Freitas & Oliveira-Filho 2001, Oliveira-Filho & Freitas 2003). O uso de gomos de bambu, fechados em uma das extremidades pelo próprio nó, como ninho-armadilha foi testado com sucesso (Pereira 2002) e se constitui num modelo simples de fácil transporte e baixo custo, provavelmente ideal para as condições de manejo a serem propostas na região do Triângulo Mineiro.

Caixas racionais foram propostas e têm sido utilizadas com sucesso no Nordeste (Oliveira-Filho & Freitas 2003), mas a estrutura das caixas tem um custo elevado e depende de madeira de cajueiro, não disponível na região. Estimativas de custo da ordem de R\$ 400,00 por unidade desestimularam a sua utilização nos experimentos realizados no Triângulo Mineiro.

Um aspecto importante para a manutenção e multiplicação de ninhos é a proteção contra insolação e chuvas. Ranchos simples (**Figura 7A**) e de baixo custo, que podem ser construídos utilizando madeira e técnicas comumente utilizadas em fazendas da região, foram utilizados para abrigar os substratos testados.

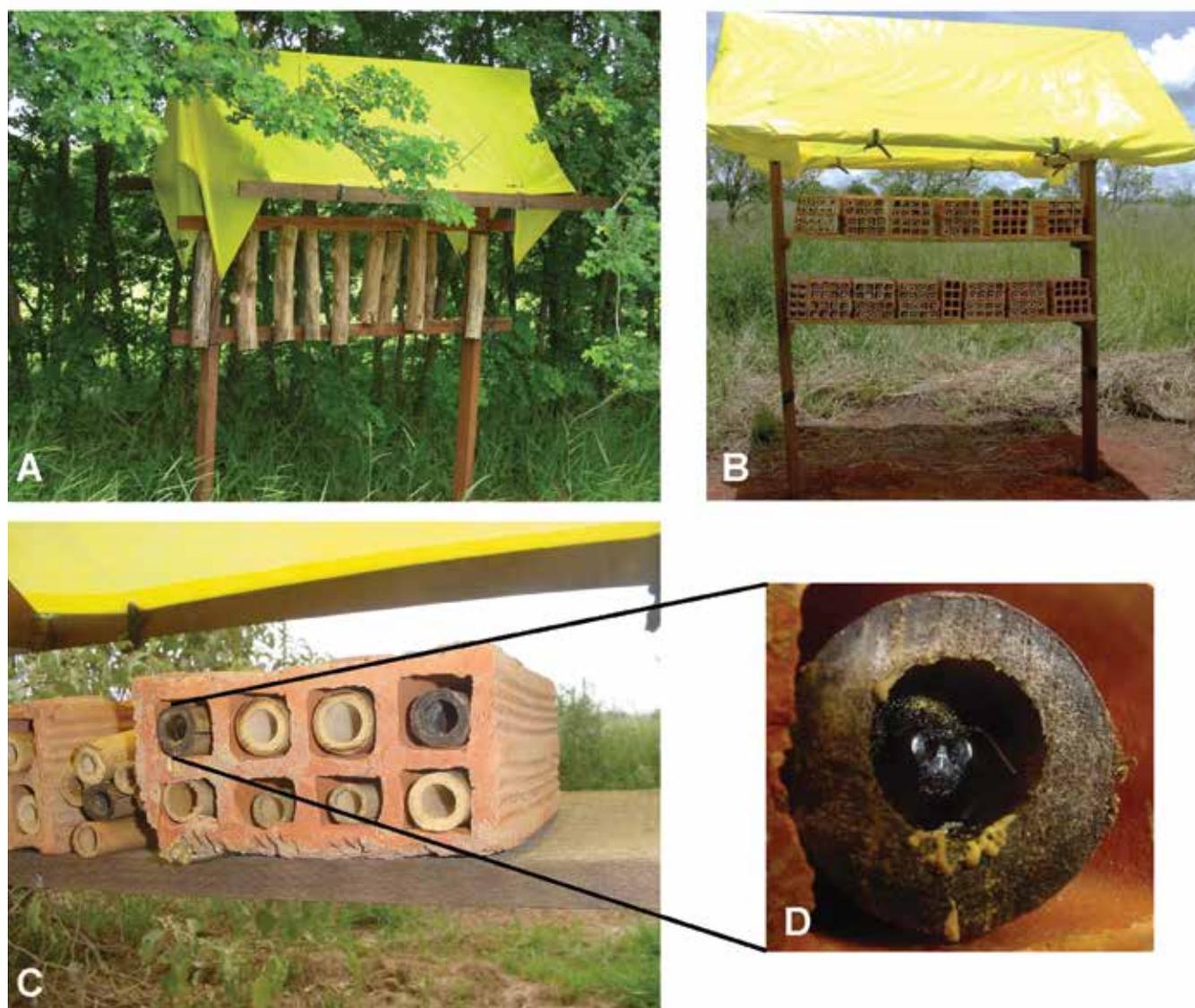
Ranchos experimentais abrigando diferentes substratos de nidificação foram montados em três áreas de estudo. Foram usados pedaços de vigotas de *Eucalyptus* sp. com aproximadamente 10 cm de diâmetro x 50 cm de comprimento, previamente perfurados simulando um ninho em início de construção, distribuídos sob a cobertura (**Figura 7A**). Alternativamente, foram usados gomos de bambus cortados como substratos para os ninhos-armadilha. Estes ninhos foram introduzidos em orifícios existentes em tijolos do "tipo baiano", colocados horizontalmente em prateleiras (**Figura 7B, C e D**). Adicionalmente, foi montado um rancho experimental em uma área do Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, localizado em área urbana do município de Uberlândia-MG (18°53'08"S 48°15'35"W), contendo diferentes tipos de ninhos-armadilha para atração de *Xylocopa* ssp. Além dos bambus, foram adicionados galhos secos de *Spathodea campanulata*, com um deles contendo dois ninhos ativos. No período de janeiro a junho de 2005, foram realizadas observações periódicas nos ninhos-armadilha para verificar a presença de novas nidificações. Após dez meses da instalação do rancho experimental, 14 ninhos foram fundados, seis ninhos em bambus e oito em *S. campanulata*. *Xylocopa suspecta* foi a espécie que mais utilizou os substratos do rancho (n=10), seguida por *X. grisescens* (n=4). É provável que a presença de um ou mais ninhos favoreça a fundação de outros próximos, o que pode ser explicado, em parte, pelo comportamento de filopatria. Além disso, abelhas que, como *Xylocopa*, apresentam com frequência o comportamento de reutilizar o ninho materno ou tentar usurpar ninhos de outras fêmeas, tendem a permanecer nas áreas onde existam alguns ninhos em atividade.

Nos ranchos distribuídos nas áreas de estudo não houve nidificação por fêmeas de *Xylocopa*. No rancho da Água Limpa houve a introdução de três ninhos de *X. suspecta* em gomos de bambu, um deles com duas fêmeas. Os ninhos permaneceram ativos por 18 meses e um ninho novo de *X. grisescens* foi detectado em um dos gomos de bambu. O uso de vigotas de *Sphatodea campanulata* associado ao uso de gomos de bambu como ninhos-armadilha, disponibilizados mais recentemente nesses ranchos, tem proporcionado sucesso na obtenção de ninhos de *Xylocopa* spp. (Chaves-Alves *et al*, dados não publicados).

Embora a utilização de bambus como ninhos-armadilha tenha se mostrado uma técnica eficaz (ver Pereira 2002, Camillo 2003) para a atração de fêmeas nidificantes de *X. suspecta*, *X. grisescens* e *X. frontalis* e seja um substrato de fácil transporte, este tipo de substrato não permite a ocorrência de múltiplos reusos e nem presença de vários ninhos, como ocorre nas vigotas ou tronco de madeira. O comportamento de reuso confere certa perenidade aos ninhos de *Xylocopa*. Em áreas temperadas existe o registro de que um mesmo substrato tenha sido reutilizado por até 15 anos. Em áreas tropicais por até 8 anos (ver Camillo 2003). No caso dos bambus, estes devem ser substituídos periodicamente. Os bambus podem ser muito úteis nas tentativas de multiplicação dos ninhos, por meio de ninhos artificiais. De acordo com a metodologia proposta por Camillo (2003), alguns dos ninhos coletados, depois de constatado o término das atividades das fêmeas podem ser trazidos para o laboratório, abertos e os imaturos colocados em frascos individuais e deixados à temperatura ambiente para terminar o desenvolvimento. Após a emergência, as fêmeas podem ser anestesiadas e colocadas em novos ninhos-armadilhas com certa quantidade alimento. O domínio desta técnica deverá proporcionar a multiplicação de ninhos em larga escala.

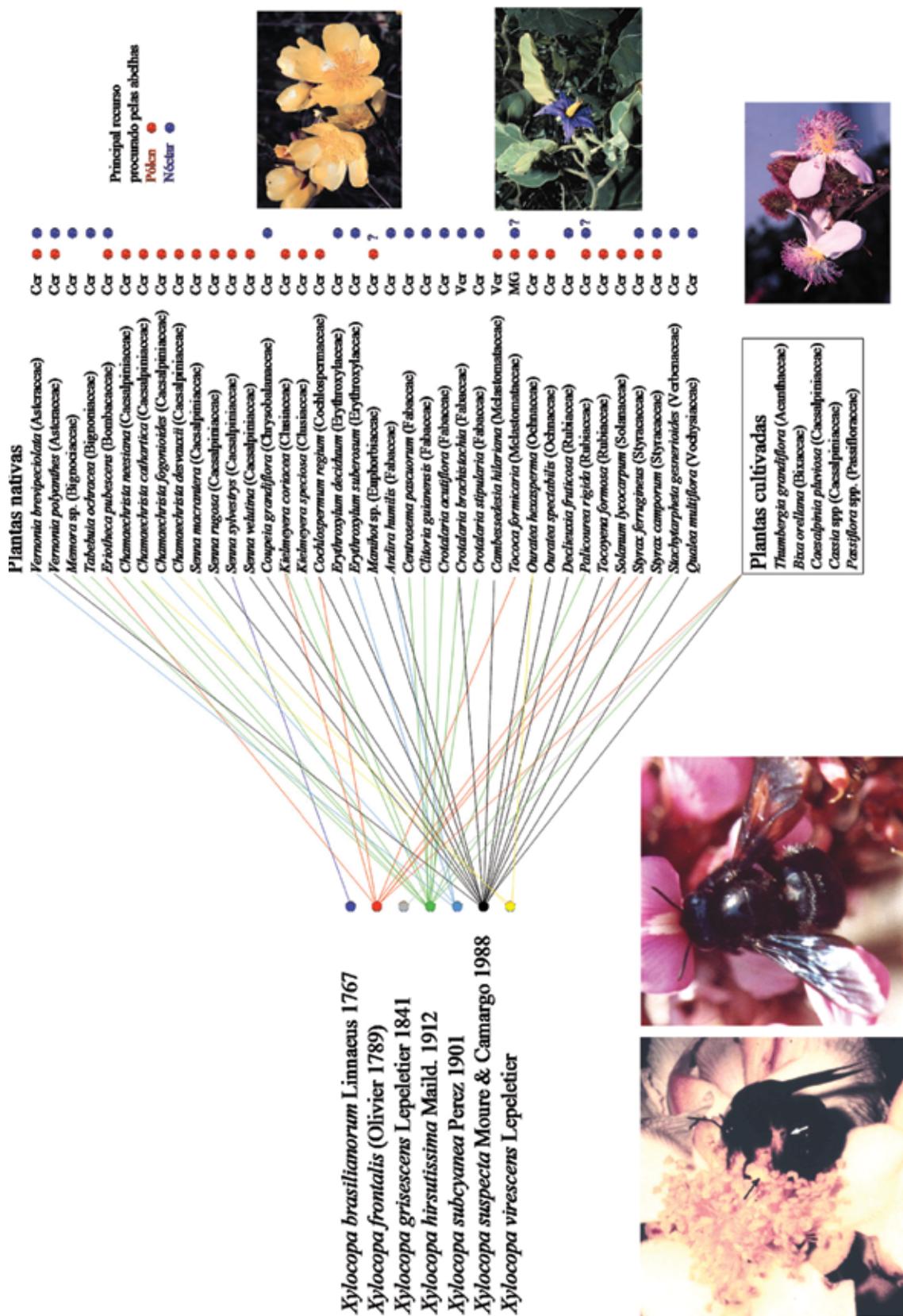
#### 2.4 - Comportamento e dieta

As abelhas do gênero *Xylocopa* são poliléticas e procuram pólen e néctar numa grande variedade de flores. Uma revisão recente mostrou que estas abelhas são visitantes de 237 espécies de plantas no Brasil, mesmo tendo a revisão se limitado a estudos comunitários específicos (Leal 2004). Uma revisão realizada no Triângulo Mineiro com base na literatura e coleções na Universidade Federal de Uberlândia (Augusto *et al.* 2004) mostrou um conjunto de 54 espécies de plantas visitadas por abelhas do gênero *Xylocopa*, sendo *X. suspecta* a mais frequente. Muitas destas plantas fornecem apenas néctar, pólen ou ambos os tipos de recursos para as abelhas (**Figura 8**).



**FIGURA 7** – Ranchos experimentais para abrigo de ninhos de *Xylocopa* spp. no entorno de plantios de maracujá-amarelo no Triângulo Mineiro. (A): estrutura montadas com vigotas de Eucalipto; (B): estrutura montada para colocar bambus encaixados em tijolos do tipo baiano; (C e D): detalhe de uma fêmea de *Xylocopa suspecta* na entrada do gomo de bambu.

Dados existentes para plantas de cerrado (Oliveira & Gibbs 2000, 2002) possibilitam avaliar as espécies potencialmente utilizadas pelas abelhas de *Xylocopa* em áreas de Cerrado no entorno dos plantios de maracujá da região. Estudos específicos realizado durante o projeto (Silva *et al.* em preparação) permitiram definir a flora potencialmente associada a abelhas do gênero *Xylocopa*, a importância relativa destas espécies nas áreas do entorno dos cultivos estudados, o tipo de recurso oferecido para as abelhas e a fenologia de floração. Tais dados permitiram organizar fenogramas mostrando a oferta de recursos pólen e néctar para abelhas do gênero *Xylocopa* ao longo do ano, possibilitando identificar períodos de restrição e associar a oferta de recursos à bionomia já conhecida das espécies de *Xylocopa* mais importantes. Os resultados indicaram que algo em



**FIGURA 8** – Teia de interações entre espécies de *Xylocopa* e plantas do Triângulo Mineiro. Os dados foram baseados em literatura e observações de campo. As identificações das abelhas são as citadas nos trabalhos originais e não puderam ser confirmadas. (Augusto et al. 2004).

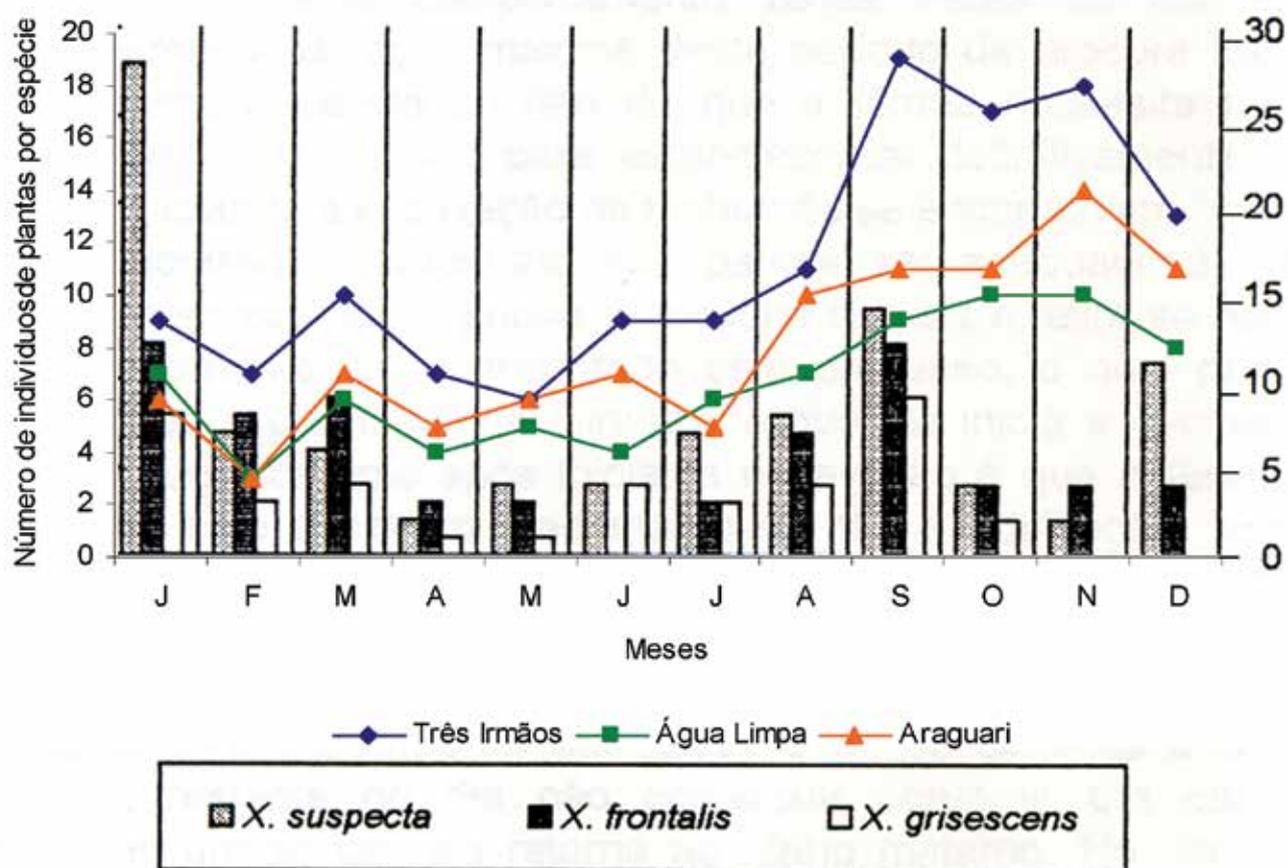
torno de um terço das espécies lenhosas encontradas nos fragmentos de Cerrado estudados (32, 46 e 33% das espécies) são potencialmente visitadas por abelhas grandes, inclusive do gênero *Xylocopa*. Tais resultados não são muito diferentes dos estudos comunitários realizados em outras áreas de cerrado, onde aproximadamente 32% das plantas lenhosas eram polinizadas por abelhas grandes (Oliveira & Gibbs 2000). Em uma das áreas, apesar de representar apenas 1/3 das espécies, estas plantas visitadas por abelhas grandes corresponderam a 87,6% dos indivíduos amostrados, indicando que a guilda de plantas polinizadas por abelhas grandes é importante nestas comunidades.

A floração das plantas visitadas e polinizadas por abelhas grandes também se distribui ao longo do ano, com uma concentração maior no início da estação chuvosa. A disponibilidade de pólen e néctar como recursos para as abelhas parece variar entre áreas e entre períodos diferentes do ano, mas sempre parece haver uma ou outra espécie de planta oferecendo recursos que podem ser utilizados pelas abelhas. É importante notar que o estudo incluiu apenas fisionomias de Cerrado sentido restrito no entorno das áreas de estudo. Este entorno inclui outras fisionomias e a utilização de recursos por abelhas grandes em áreas de Cerrado não parece se limitar as formações de savanas, mas deve incluir todo o mosaico de fisionomias (Oliveira & Gibbs 2002).

Utilizando os dados obtidos e as informações básicas existentes sobre a bionomia das principais espécies de *Xylocopa* no estado de São Paulo (Camillo & Garófalo 1982, Camillo *et al.* 1986), foi possível comparar a disponibilidade de recursos com os possíveis requerimentos para a nidificação das abelhas (**Figura 9**). Embora sejam multivoltinas, é possível visualizar um padrão mais ou menos bimodal de nidificação das três espécies estudadas. Este padrão não coincide muito bem com o período de maior disponibilidade de recursos nas nossas áreas de estudo. Caso estes padrões de nidificação se mantenham para a nossa região, o que é perfeitamente possível tendo em vista as condições ambientais e de sazonalidade, a época de nidificação mais intensa parece estar associada ao período de início das chuvas e é provavelmente mantida com recursos da vegetação natural. Neste período de setembro-outubro a floração de maracujá ainda é reduzida e os recursos, tanto pólen quanto néctar, devem ser oriundos de plantas da vegetação natural. Uma segunda época de nidificação mais intensa, em pleno período de chuvas, já coincide melhor com a disponibilidade de recursos nos plantios de maracujá. É necessário notar, no entanto, que os plantios de maracujá oferecem apenas néctar e que o processo de nidificação envolve o aprovisionamento de pólen e néctar. Neste período, a existência de plantas que forneçam efetivamente pólen para estas abelhas é fundamental. Os levantamentos indicam que o número de espécies oferecendo pólen nas formações de cerrado são sempre menor que dez, sugerindo que a disponibilidade de recursos neste período, apesar da abundância de néctar nos plantios, pode ser limitante para a manutenção das populações de abelhas.

Observações diretas do pólen presente no corpo das abelhas visitando plantios de maracujá na região durante o período de 2004/2005, revelaram a ocorrência de 24 tipos polínicos nas abelhas amostradas nas três áreas de estudo. Excetuando-se o pólen de maracujá, obviamente presente em quase todas as abelhas amostradas, houve uma grande frequência de pólen de espécies de Leguminosae e Solanaceae. Muito comumente foram encontrados grãos de pólen de espécies de *Senna* sp. e de *Solanum lycocarpum*, espécies que apresentam apenas pólen como recurso e que são comuns em áreas perturbadas da região (Oliveira-Filho & Oliveira 1988, Carvalho & Oliveira 2003). Muitas das plantas com pólen presente no corpo das abelhas amostradas são do estrato herbáceo ou arbustivo, não tendo sido incluídas nos levantamentos florísticos realizados nos fragmentos de Cerrado do entorno dos plantios. As abelhas tinham de 2,4 a 5 tipos de grãos de pólen presentes no corpo, indicando dieta polilética e utilização concomitante de diferentes fontes de recursos. As análises políni-

cas incluíram apenas pólen no corpo das abelhas, mas o ideal teria sido a inclusão de amostra de pólen provisionado no ninho, o que daria uma idéia muito mais clara das espécies efetivamente utilizadas como fontes de pólen para o processo de nidificação. Estudos complementares em andamento vão incluir exatamente tais tipos de análise (C. I. Silva, em preparação).



**FIGURA 9** – Floração de espécies vegetais que oferecem recursos florais para as espécies de *Xylocopa* no entorno de plantio de maracujá-amarelo na região do Triângulo Mineiro. Dados fenológicos originais plotados sobre observações de nidificação descritas por Camillo et al. (1986).

### 2.5 - Populações de *Xylocopa* spp.

As abelhas do gênero *Xylocopa* são bem distribuídas e comuns nos mais diversos ambientes do Brasil, desde áreas naturais até ambientes urbanos (Leal 2004). No entanto, o comportamento basicamente solitário ou facultativamente social e a nidificação relativamente críptica fazem com que estas abelhas sejam observadas basicamente quando em visitas a flores e dificultam estimativas de tamanho populacional. As baixas produções de frutos de maracujá e outras culturas polinizadas por *Xylocopa* têm sido atribuídas às baixas populações destas espécies em áreas de cultivos (Kavati 1998, Camillo 2003). Contudo, estimativas diretas dos tamanhos populacionais não haviam sido feitas até então. Durante o presente estudo, foram feitas capturas e marcações de indivíduos de abelhas polinizadoras de maracujá em uma das áreas de estudo (Yamamoto *et al.* em preparação). O tamanho populacional das espécies *Xylocopa* foi estimado através do método de capturas múltiplas de Jolly (Zar 1999). A população de *Xylocopa* spp. (considerando todas as espécies juntas) foi estimada em 121 indivíduos, sendo que a abelha mais comum, *X. suspecta* teve população estimada em 42 indivíduos.

os, enquanto *X. frontalis*, a abelha observada com maior frequência nos plantios teve população estimada de 15 indivíduos. Estas populações parecem ser suficientes para manter níveis razoáveis de polinização natural nos plantios de maracujá na região. A introdução de aproximadamente 39 ninhos ativos (densidade de 25 ninhos/ha) em área de cultivo do estado de São Paulo (Camillo 2003) foi suficiente para que fossem obtidas taxas de formação de frutos semelhantes às encontradas para a nossa região (ver discussão sobre sistema produtivo do maracujá). Estes dados indicam que o tamanho de populações ativas estimado por marcação e recaptura, da ordem de algumas dezenas de abelhas, deve ser condizente com a realidade.

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Pressão antrópica de uma maneira geral e no Triângulo Mineiro em particular

O bioma Cerrado é uma das 25 áreas do mundo descritas como *hot-spots* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000). Os trabalhos descrevendo estes *hot-spots* fazem jus a grande diversidade destas áreas, mas o critério principal não é a riqueza e sim quão ameaçada e degradada se encontra a biodiversidade nas áreas estudadas. Vários autores e estudos chamaram a atenção no final da década passada e início deste século que o foco da destruição ambiental no Brasil havia mudado e que as taxas de destruição no bioma Cerrado eram muito superiores àquelas estimadas para a Amazônia (Dias 1990, Ratter *et al.* 1997, Klink & Moreira 2002, Klink & Machado 2005). Neste sentido, muitas ações têm sido iniciadas pelos órgãos governamentais e por instituições da sociedade no sentido de conservar o máximo possível da diversidade e riqueza original deste bioma.

O esforço de conservação depende do conhecimento sobre os organismos vivos e suas interações. No caso das abelhas do gênero *Xylocopa*, existem poucos dados sobre modificações populacionais, mas a forma como as áreas de Cerrado têm sido aproveitadas sugere que este impacto deve estar sendo severo. As áreas são limpas com correntão arrastado por tratores e toda a madeira tem sido comumente utilizada para a produção de carvão (Klink & Moreira 2002). Neste processo, os ninhos das espécies mais importantes de *Xylocopa* podem estar sendo destruídos e os tamanhos populacionais devem decrescer rapidamente na região. Como mencionado previamente, nossas estimativas sugerem que as populações de *Xylocopa*, em plantios de maracujá com remanescentes de vegetação natural no entorno, podem ser ainda da ordem de algumas dezenas de abelhas. Mas não existem dados para áreas mais antropizadas. As áreas de vegetação natural representam apenas 18% do município de Uberlândia, sendo mais de 40% da área ocupada por pastagens abertas resultantes de processos de antropização típicos da região (Brito & Prudente 2005). É possível pensar que o uso mais intensivo do solo pela expansão de plantios de soja e outras culturas de ciclo curto deve ter um impacto ainda maior sobre a disponibilidade de substratos para nidificação destas espécies e conseqüentemente para a disponibilidade de serviços de polinização. Dados para lavoura de café, muito menos dependente que o maracujá em relação aos serviços de polinização por abelhas nativas, mostraram que áreas remanescentes de vegetação natural podem aumentar em 14% a produtividade das lavouras (DeMarco & Coelho 2004). No caso de outras regiões do Brasil onde a destruição de habitats no entorno do maracujazal foi mais severa, como, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, existem dados indicando a inexistência de abelhas em quantidade suficiente para níveis mínimos de polinização, o que obriga polinização manual dos plantios (Kavati 1998, J.R. Silva, com. pessoal).

### 3.2 - Propostas de manejo sustentável de *Xylocopa* e otimização da polinização e produção de plantios do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

A partir das informações diagnósticas descritas anteriormente, as propostas de manejo das populações de *Xylocopa* são baseada em dois pontos essenciais: (1) manutenção/ampliação das populações de *Xylocopa* nas áreas de cultivo pela introdução de substratos de nidificação e ninhos ativos; (2) enriquecimento ambiental pela conservação de áreas naturais e plantio de espécies que forneçam recursos para as abelhas do gênero *Xylocopa*.

No primeiro ponto, as ações propostas envolverão a instalação de abrigos de madeira protegidos contra insolação direta e chuvas. Estes abrigos servirão para instalação de ninhos ativos e substratos para nidificação das espécies de *Xylocopa* mais comuns na região. Os dados obtidos para a região indicam que a transferência de ninhos ativos não implica em perdas e pode ter efeito de nucleação, levando a instalação de novos ninhos próximos aos ninhos transferidos. A manutenção destes ninhos e substratos ajudará a manter ou aumentar as populações residentes de abelhas do gênero *Xylocopa* durante o período de produção de maracujá. Os dados obtidos nos plantios de maracujá da região indicam que a disponibilidade de abelhas não é uma condição limitante para a polinização, mas não temos dados de como o enriquecimento pode aumentar a produtividade. Um acompanhamento, a médio/longo, prazo deste processo de enriquecimento nas áreas de plantio pode levar a dados quantitativos que estimulem o uso de tal processo em outros plantios comerciais.

Os resultados obtidos diretamente para as áreas de estudo no Triângulo Mineiro e dados de outros estudos agrônômicos sugerem que a polinização natural em áreas relativamente preservadas e ainda livres de infestação por *Apis mellifera* é suficiente para manter níveis razoáveis de produtividade. As populações de polinizadores nas imediações dos cultivos estão basicamente utilizando néctar dos plantios de maracujá, mas necessitam de outras fontes de recursos presentes no entorno, inclusive pólen para a alimentação das larvas. Portanto, a manutenção de áreas naturais e fontes alternativas de recursos para *Xylocopa* são fundamentais para a conservação destas populações naturais e para a manutenção dos níveis mínimos de produtividade do maracujá. A forma mais econômica de manter estas populações é também a forma mais ecologicamente interessante, pois implica na conservação de fragmentos e áreas naturais no entorno dos plantios. Todas as áreas estudadas na região apresentam fragmentos de vegetação natural num raio de algumas centenas de metros dos plantios e dentro do raio de ação das abelhas. O conhecimento da florística e fenologia destas áreas sugere a existência de oferta de recursos boa parte do ano, com alguns poucos períodos de escassez. As restrições na oferta de recursos nestas áreas podem ser supridas por enriquecimento do entorno dos plantios com espécies de plantas que apresentem floração nestes períodos mais críticos.

As ações propostas neste sentido são: a manutenção de cultivos, nas bordas dos plantios e estradas de acesso, de plantas dos gêneros *Solanum*, *Senna*, *Cassia*, *Chamaecrista*, *Tibouchina*, *Rynchantera*, *Miconia*, *Cambessedesia*, *Ouratea*, *Cochlospermum*, *Kielmeyera*, *Bacharis*, *Euphorbia*, *Manihot*, *Borreria*, *Vernonia*, *Eupatorium*, *Palicourea*, *Tabebuia*, *Andira*, *Erythroxylum*, *Jacaranda*, *Ipomoea*, *Bauhinia*, *Couepia*, *Eriotheca*, *Dalbergia*, *Pterodon*, *Qualea*, *Styrax*, *Vochysia* e *Odontadenia*. Para todas essas espécies já existem relatos de visitas de *Xylocopa* coletando recursos florais, destacando a presença ou não de anteras porcidas, grande disponibilidade de pólen e néctar. Outras plantas que ocorrem na região são potencialmente úteis para o enriquecimento (**Tabela 4**). Além destas espécies nativas, outras plantas cultivadas dos gêneros *Crotalaria*, *Cajanus* e *Phaseolus*, são recomendadas, pois são comuns na região, de fácil propagação e não necessitam maiores tratamentos culturais.

**Tabela 4** - Plantas potencialmente polinizadas por *Xylocopa* spp. que podem ser utilizadas em planos de manejo nas áreas de cultivo do maracujá-amarelo.

Família	Espécie	Recursos florais	
		po	ne
Bignoniaceae	<i>Tabebuia caraiba</i> (Mart.) Bur.		x
Bignoniaceae	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.		x
Bombacaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	x	x
Caesalpinaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne		x
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	x	x
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> Benth. & Hook. f.	x	x
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> St. Hil.		x
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.		x
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakovl.	x	x
Fabaceae	<i>Acosmium subelegans</i> (Vog.) Yakovl.	x	x
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> H. B. & K.		x
Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i> Fr. All		x
Fabaceae	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.		x
Lytraceae	<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.		x
Malpighiaceae	<i>Byrsonima basiloba</i> A. Juss.	x	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich.	x	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. & K.	x	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	x	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	x	
Mimosaceae	<i>Enterolobium ellipticum</i> Benth	x	x
Mimosaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	x	x
Mimosaceae	<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.	x	x
Mimosaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.)	x	x
Myrtaceae	<i>Myrcia rostrata</i> DC.	x	
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	x	
Myrtaceae	<i>Myrcia uberavensis</i> Berg	x	
Myrtaceae	<i>Myrcia variabilis</i> Mart. Ex DC.	x	
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	x	
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	x	
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	x	x

Família	Espécie	Recursos florais	
		po	ne
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	x	x
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	x	x
Vochysiaceae	<i>Vochysia cinnamomea</i> Pohl	x	x
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	x	x

Adicionalmente, espécies como o girassol (*Helianthus annuus*) e cosmos (*Cosmos sulphureus*) podem ser cultivadas com o intuito de atrair *Apis mellifera* para fora dos plantios, diminuindo o roubo de pólen e facilitando a polinização natural (Malerbo-Souza *et al.* 2003).

### 3.3 - Alternativas de manejo e otimização da polinização e produção no maracujá-amarelo.

Apesar do estudo ter objetivado a conservação e manejo sustentável das populações dos polinizadores, entendemos que esta conservação depende do incentivo a estratégias de cultivo que otimizem a polinização natural e minimizem o uso de agrotóxicos contra o impacto de pragas agrícolas e inclusive de *Apis mellifera*.

Acreditamos que a principal prática de manejo da espécie polinizada, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, que pode ser utilizada como uma estratégia para conservação dos polinizadores autóctones é a forma de plantio. Dados para a região e para o país indicam que os plantios em parreira ou cercas altas aumentam a produção, mas exigem polinização natural e conservação dos polinizadores. É necessário deixar claro, através de extensão rural e demonstrações aos produtores, que apenas aqueles que tenham áreas conservadas de vegetação natural e populações ativas de *Xylocopa* terão sucesso na utilização destas técnicas de manejo, que podem até triplicar a produtividade e diminuir os custos de mão de obra. A polinização manual é feita quase exclusivamente em plantios de cercas baixas e exige gastos crescentes, nem sempre possíveis para pequenos produtores. Mesmo a disponibilidade de mão de obra temporária tem diminuído na região com o processo de urbanização (ver discussão mais detalhada abaixo). Desta maneira, utilizar parreiras ou cercas altas será uma tendência natural e o estímulo a estas práticas terá consequências diretas para a conservação das populações de *Xylocopa*.

É importante esclarecer também, via extensão rural e difusão, que mesmo nos casos de produtores tradicionais que continuem optando pelo uso de cercas baixas e polinização manual, existem cuidados que garantirão a conservação das populações de *Xylocopa* e a polinização complementar efetuada por estas abelhas. É importante chamar a atenção que no controle de pragas e do impacto de *Apis mellifera*, o uso indiscriminado de inseticidas genéricos afeta as populações de *Xylocopa* e obrigam a polinização manual contínua, com reflexos nos custos de produção. Para a polinização manual, por exemplo, o isolamento de flores antes da abertura com sacos de organza ou mesmo a retirada de algumas flores pela manhã e sua manutenção em sacos plásticos fechados já garantiria o pólen suficiente para as polinizações manuais, sem os custos de aplicações de defensivos para afastar *A. mellifera* (Oliveira & Silva 1998, E. Camillo, com. pessoal).

### 3.4 - Custos das práticas de manejo propostas

Os custos de implantação das práticas de manejo das populações de *Xylocopa* são relativamente baixos. Fornecemos a seguir uma descrição geral e estimativa dos custos de implantação das ações propostas.

A conservação e enriquecimento das populações de polinizadores vão envolver os custos básicos para implantação dos abrigos para os ninhos-armadilha e para a transferência dos ninhos de áreas naturais para as áreas de plantio. Incluem ainda a manutenção *in situ* dos abrigos e avaliação periódica das condições das populações das espécies na área. Os abrigos já estão instalados nas áreas a serem utilizadas como sítios demonstrativos. Os custos de montagem e instalação dos abrigos/ranchos foi de aproximadamente R\$ 170,00 a unidade. A manutenção ao longo de um período de 2 anos provavelmente vai implicar na substituição da cobertura e cuidados mínimos de conservação, por volta de 20% dos custos de instalação.

A conservação dos polinizadores vai requerer também o custo de manutenção de áreas naturais por parte dos proprietários envolvidos no estudo. Estes são custos "em espécie" e nas áreas previstas são reservas legais até certo ponto protegidas. A conservação destas áreas é muito mais barato do que o custo de recuperação de áreas naturais, que na região podem chegar a R\$ 2.300,00 por hectare (dados da CEMIG para recuperação de áreas de matas ciliares). A manutenção das populações dos polinizadores envolverá ainda os custos de cultivo de espécies atrativas de plantas nas imediações dos plantios, sendo necessária a coleta ou aquisição de sementes das plantas sugeridas, bem como a preparação das áreas de cultivo (roçagem e tratos básicos). Para espécies cultivadas, como por exemplo, *Crotalaria juncea* e *C. spectabilis*, utilizadas para enriquecimento da vegetação consorciada ao cultivo do maracujá-amarelo, com intuito de atrair espécies de *Xylocopa*, e deslocar *Apis mellifera* das plantações (P. Bernardes, dados não publicados) os custos giram em média R\$ 260,00/ha.

Não contabilizamos os custos de implantação dos plantios de maracujá (são apresentadas no Agrícola 2005), mas é importante notar que a utilização de sistemas de plantios em latada/parreira ou espaldeiras altas têm um custo suplementar de implantação. Estas diferenças de custo deverão ser levadas em conta para calcular a eficácia e a relação custo/benefício dos métodos de manejo propostos.

### 3.5 - Comparação dos custos das práticas de manejo propostas com o sistema de cultivo tradicional.

Os dados disponíveis indicam que plantios tradicionais em espaldeiras baixas têm produtividade aumentada em até 375% com a prática de polinização manual, mas implica num custo adicional de 14,9% (entre 0,075 e 0,097 reais por kg de fruto). Plantio em latada ou cercas altas podem atingir produtividade da ordem de 30t/ha/ano com custos adicionais de implantação, mas sem custos de polinização manual. Polinizações manuais nestes tipos de plantios são pouco práticas e têm impacto de produtividade bem menores. Mesmo na comparação com a parreira, a utilização de cercas baixas combinadas com a polinização manual pode gerar ganhos de produtividade da ordem de 50% nos plantios da região, o que torna tal forma de manejo muito atrativa para produtores tradicionais.

O problema, entretanto, é que nem sempre existe mão de obra treinada e disponível para o serviço, que é sazonal e pouco previsível. Nas áreas de estudo, a polinização manual foi utilizada apenas como um complemento para a polinização natural (em uma das propriedades) ou não foi utilizada de forma alguma. Nas condições da região e para plantios em latada ou cercas altas, é possível pensar que ganhos de produtividade com o manejo de polinizadores poderão gerar uma maior independência aos pequenos produtores e

igualar ou até ultrapassar a produtividade obtida com a polinização manual em cercas baixas. Plantios bem conduzidos e com boa disponibilidade de polinização natural poderiam ser mais viáveis e até produtivos nas condições regionais. É necessário chamar a atenção de que a produção em áreas do Brasil com estrutura fundiária baseada em pequenas propriedades e escassez ou custo alto de mão de obra, como no caso do Paraná os produtores dependem exclusivamente da polinização natural em plantios em latada/parreira (G. Melo, com. pessoal). A urbanização crescente da região central do Brasil (Klink & Moreira 2002) deve acelerar as dificuldades de obtenção de mão de obra para polinizações e deve implicar numa dependência cada vez maior dos produtores em relação à polinização natural dos seus plantios.

O desafio e o trunfo das ações de manejo sugeridas é mostrar que os métodos conservação de polinizadores e a utilização de técnicas amigáveis de manejo dos plantios de maracujá podem oferecer relação custo-benefício semelhante às formas de manejo tradicionais. Mesmo sem igualar a produtividade obtida com a polinização manual, a conservação e manejo dos polinizadores pode complementar o serviço de polinização manual e permitir uma redução crescente dos custos de mão de obra. Consciência da importância da polinização natural e técnicas simples como a coleta de flores em pré-antese para evitar o prejuízo causado por *Apis mellifera*, pode permitir aos produtores economizar no uso de defensivos e manter uma relação amigável com as abelhas polinizadoras. Esta economia precisa ser melhor avaliada e quantificada, mas pode ser um atrativo a mais para a disseminação das técnicas de conservação.

A consciência da polinização como um serviço ambiental ainda é pouco disseminada e muitos dos agricultores trabalhando com maracujá têm apenas uma noção superficial do grau de interdependência desta cultura e de seus polinizadores. Acostumados a interferir diretamente em vários aspectos de seus agroecossistemas com resultados diretos na produção, os agricultores parecem ter mais dificuldade de entender um processo que eles não podem controlar diretamente como a polinização natural. A conscientização de que o sucesso de sua cultura depende de abelhas nativas que, por sua vez, dependem da flora do entorno pode ser importante para a conscientização da interdependência entre agroecossistemas e natureza do entorno.

#### 4. Referências Bibliográficas

- AGRIANUAL. 2005. Anuário da agricultura brasileira. FNP Consultoria e Comércio.
- AKAMINE, E.K. & GIROLAMI, G. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agriculture Experimental Station, Honolulu. Technical Bulletin 39.
- ALVES, P.R.B. 2004. Espaçamento e sistema de condução na produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo em condições de Cerrado em Uberlândia-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- AUGUSTO, S.C., SILVA, C.I., BARBOSA, A.A.A. & OLIVEIRA, P.E. 2004. Carpenter bee (*Xylocopa*) pollination in the cerrados of the Triângulo Mineiro. In Proceedings of the 8th Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, p.489.
- BARBOSA, A.A.A. 1997. Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo sujo, Uberlândia-MG, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- BRESSAN, D.F., VIEIRA, A.O., MENEZES-JR, A.O., OLIVEIRA, P.C., CERVIGNE, N.S. & ANDROCIOLI, H.G. 2005. Secreção de Néctar e Concentração de Solutos Totais na Cultura do Maracujá-amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. In Resumos do 56o Congresso Nacional de Botânica. SBB/UFPR/UEPG, Curitiba, CD-ROM.
- BRITO, J.L.S. & PRUDENTE, T.D. 2005. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do Município de Uberlândia - MG, Utilizando Imagens CCD/CBERS 2. *Caminhos de Geografia* 13:144-153.
- BUCHMANN, S.L. 1983. Buzz pollination in Angiosperms. In *Handbook of Experimental Pollination Biology* (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). Van Nostrand Co., New York, p.73-113.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in Southern Brazil. I - Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Biologia* 42:571-582.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1989. Social organization in reactivated nests of three species of *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) in southeastern Brasil. *Insectes Sociaux* 36:92-105.
- CAMILLO, E. 1987. Polinização do maracujazeiro. In *Anais do II Simpósio sobre a cultura do maracujazeiro*. FCAV, Jaboticabal, p.32-39.
- CAMILLO, E. 2000. Polinização do maracujazeiro: mamangavas x africanizadas. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Apicultura*. Confederação Brasileira de Apicultura, Florianópolis, CD-ROM.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do Maracujá. Holos, Ribeirão Preto.
- CAMILLO, E., GARÓFALO, C.A. & MUCCILLO, G. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) in southern Brazil: nest construction and biological cycle (Hymenoptera, Anthophoridae). *Revista Brasileira Biologia* 46:383-393.
- CARVALHO, A.M.C. & BEGO, L.R. 1995. Seasonality of dominant species of bees in the Panga Ecological Reserve, cerrado, Uberlândia, MG. *Anais da Sociedade de Entomologia do Brasil* 24:329-337.
- CARVALHO, A.M.C. & BEGO, L.R. 1996. Studies on Apoidea fauna of Cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG. Brazil. *Revista brasileira de Entomologia* 40:147-156.
- CARVALHO, D.A. & OLIVEIRA, P.E. 2003. Biologia reprodutiva e polinização de *Senna sylvestris* (Vell.) I. & B. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 26:319-328.
- CHAVES-ALVES, T.M. & AUGUSTO, S.C. 2005. Recursos ecológicos utilizados por *Xylocopa* spp. em área Urbana, Uberlândia, MG, Brasil. *Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil*. Caxambu, MG, p.226.
- DA SILVA, M.M., BRUCKNER, C.H., PICANCO, M. & MOLINA-RUGAMA, A.J. 1999. *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* pollination, floral number, climate and population density of *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae). *Revista de Biologia Tropical* 47:711-718.
- DE MARCO, P. & COELHO, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity Conservation* 13:1245-1255.
- DIAS, B.F.S. 1990. A conservação da natureza no cerrado brasileiro. In *Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas* (M. Novaes-Pinto, ed.). Editora UnB, Brasília, 583-640.

- FRANKIE, G.W., HABER, W.A., OPLER, P.A. & BAWA, K.S. 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. In Handbook of Experimental Pollination Biology (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). Van Nostrand Reinhold Co., New York, p.411-447.
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA-FILHO, J.H. 2001. Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas. Banco do Nordeste, Fortaleza.
- GERLING, D., VELTHUIS, H.H.W. & HEFETZ, A. 1989. Bionomics of the large Carpenter bees of the Genus *Xylocopa*. Annual Review of Entomology 34:163-190.
- HOGENDOORN, K. & VELTHUIS, H.H.W. 1995. The Role of Young Guards in *Xylocopa pubescens*. Insects Socioux 42:427-448.
- HOGENDOORN, K. 1996. Socio-economics of brood destruction during supersedure in the carpenter bee *Xylocopa pubescens*. Journal of Evolutionary Biology 9:931-952.
- HURD, P.J. & MOURE, J. 1963. A classification of the large carpenter bees (Xylocopini) (Hymenoptera: Apoidea). University of California Publications in Entomology 29:1-365.
- HURD, P.J. 1978. An annotated catalog of the carpenter bees (Genus *Xylocopa*) of the Western Hemisphere (Hymenoptera: Anthophoridae). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- KAVATI, R. 1998. Florescimento e frutificação do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). In Maracujá: do plantio a colheita (C. Ruggiero, ed.). Funep, Jaboticabal, p.107-129.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology 19:707-713.
- KLINK, C.A. & MOREIRA, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. In The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, Washington, p.69-88.
- LEAL, S.M. 2004. Recursos florais usados pelas abelhas carpinteiras (*Xylocopa*: Anthophoridae) nos biomas brasileiros. 2004. Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- LEIJS, R., COOPER, S.J.B. & SCHWARZ, M.P. 2000. Molecular phylogeny of the large carpenter bees, genus *Xylocopa* (Hymenoptera : Apidae), based on mitochondrial DNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 17:407-418.
- LEIJS, R., COOPER, S.J.B. & SCHWARZ, M.P. 2002. Molecular phylogeny and historical biogeography of the large carpenter bees, genus *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae). Biological Journal of the Linnean Society 77:249-266.
- LEONE, N.R.F.M. 1990. Polinização do maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em Araguari, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MALERBO-SOUZA, D.T., CHARLIER, A., ROSSI, M.M., PINTO, A.D.S. & NOGUEIRA-COUTO, R.H. 2003. Métodos para atrair e repelir a abelha *Apis mellifera* (L.) em cultura de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Acta Scientiarum 25:1-8.
- MICHENER, C.D. 2000. The bees of the world. John Hopkins, Baltimore.

- MINCKLEY, R. 1998. A cladistic analysis and classification of the subgenera and genera of the large carpenter bees, tribe Xylocopini (Hymenoptera: Apidae). *Scientific Papers, University of Kansas Natural History Museum* 9:1-47.
- MUSCHNER, V.C., LORENZ, A.P., CERVI, A.C., BONATTO, S.L., SOUZA-CHIES, T.I., SALZANO, F.M. & FREITAS, L.B. 2003. A first molecular phylogenetic analysis of *Passiflora* (Passifloraceae). *American Journal of Botany* 90:1229-1238.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- NAZRUL, M.I., ZAMAN, M.M., MONDAL, H.P. & DHAR, M. 2003. Comparative reproductive biology of passion flower (*Passiflora edulis* Sims.) accessions. *Bangladesh Journal of Botany* 32:95-99.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. 1996. Contribuição das abelhas na polinização de plantas produtoras de vagens. In *Anais do II Encontro Sobre Abelhas* (C.A. Garófalo, ed.). FFCL-USP, Ribeirão Preto, SP., p.135-140.
- OLIVEIRA, H.J. & SILVA, J.R. 1998. Coleta de flores em pré-antese: uma alternativa de convivência com abelhas. In *Maracujá: do plantio a colheita* (C. Ruggiero, ed.). Funep, Jaboticabal, p.345-346.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195:311-329.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2002. Pollination and reproductive biology in cerrado plant communities. In *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds.). Columbia University Press, Washington, p.329-347.
- OLIVEIRA, P.E. & SAZIMA, M. 1990. Pollination biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) from Brazilian cerrado vegetation. *Plant Systematics and Evolution* 172:35-49.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & OLIVEIRA, L.C.A. 1988. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Larvas, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 11:23-32.
- OLIVEIRA-FILHO, J.H. & FREITAS, B.M. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas (*Xylocopa frontalis*) em um modelo de ninho racional. *Ciência Rural* 33: 693-697.
- PEREIRA, M. 2002. Biologia de nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos-armadilha. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras-USP, Ribeirão Preto.
- RAMALHO, M., BATISTA, M.A. & SILVA, M. 2004. *Xylocopa* (*Monoxylocopa*) *abbreviata* Hurd & Moure (Hymenoptera: Apidae) and *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae): A tight association at the semi-arid of Brazil. *Neotropical Entomology* 33:417-425.
- RATTER, J.A., RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. 1997. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.
- REGO, M.M., BRUCKNER, C.H., DA SILVA, E.A.M., FINGER, F.L., DE SIQUEIRA, D.L. & FERNANDES, A.A. 1999. Self incompatibility in passion fruit: evidence of two locus genetic control. *Theoretical and Applied Genetics* 98:564-568.

- REGO, M.M., REGO, E.R., BRUCKNER, C.H., DA SILVA, E.A.M., FINGER, F.L. & PEREIRA, K.J.C. 2000. Pollen tube behavior in yellow passion fruit following compatible and incompatible crosses. *Theoretical and Applied Genetics* 101:685-689.
- SAZIMA, I. & SAZIMA, M. 1989. Mangangavas e irapuás (Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia* 33:109-118.
- SILVEIRA, F.A. 2002. The bamboo-nesting carpenter bee, *Xylocopa* (*Stenoxycopa*) *artiflex* Smith (Hymenoptera: Apidae), also nests in fibrous branches of *Vellozia* (Velloziaceae). *Lundiana* 3:57-60.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, A.B. 2002. Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação. Editora do Autor, Belo Horizonte.
- SOUZA, M.M., PEREIRA, T.N.S., VIANA, A.P., PEREIRA, M.G., DO AMARAL, A.T. & MADUREIRA, H.C. 2004. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener (Passifloraceae). *Scientia Horticulturae* 101:373-385.
- STARK, R.E. 1992. Cooperative nesting in the multivoltine large carpenter bee *Xylocopa sulcatipes* maa (Apoidea, Anthophoridae) - do helpers gain or lose to solitary females. *Ethology* 91:301-310.
- STARK, R.E., HEFETZ, A., GERLING, D. & VELTHUIS, H.H.W. 1990. Reproductive competition involving oophagy in the socially nesting bee *Xylocopa sulcatipes*. *Naturwissenschaften* 77:38-40.
- SUASSUNA, T.D.F., BRUCKNER, C.H., CARVALHO, C.R. & BOREM, A. 2003. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. *Theoretical and Applied Genetics* 106:298-302.
- VARASSIN, I.G. 2005. Polinização em espécies cultivadas de maracujá e conservação da fauna nativa. In Resumos do 56º Congresso Nacional de Botânica). SBB/UFPR/UEPG, Curitiba, CD-ROM, p. 3.
- YAMAMOTO, M., SILVA, C.I., AUGUSTO, S.C., BARBOSA, A.A.A., OLIVEIRA, P.E. 2012. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. *Apidologie* 43: 515-526
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.





### Polinizadores do maracujá-amarelo no Norte Fluminense e manejo de espécies de *Xylocopa*

Maria Cristina Gaglianone<sup>1</sup>; Magali Hoffmann<sup>1</sup>; Cristine Rodrigues Benevides<sup>1</sup>; André Sarlo Bernardino<sup>1</sup>; Willian Moura Aguiar<sup>1</sup>; Giselle Braga Menezes<sup>1</sup>; Leandro Cruz Silva<sup>1</sup>; Elizabeth Vidal<sup>1</sup>; Paulo Augusto Ferreira<sup>1</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

##### 1.1 - O maracujá-amarelo e histórico do cultivo no Norte Fluminense

O maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg, pertence à família Passifloraceae, cuja distribuição ocorre nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. O gênero *Passiflora* é o de maior riqueza na família, compreendendo mais de 580 espécies (Souza & Meletti 1997). No Brasil, são encontradas cerca de 150 espécies nativas e, dentre essas, algumas possuem importância econômica devido à qualidade de seus frutos, às suas propriedades medicinais e potencial ornamental. Atualmente, os cultivos comerciais da fruta são baseados principalmente em *P. edulis* f. *flavicarpa* (maracujá-amarelo) e em menor escala, em *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims. (maracujá-roxo) e *Passiflora alata* Curtis (maracujá-doce), visando à produção de suco e ao processamento de subprodutos (Teixeira 1994).

A origem do maracujá-amarelo ainda é controversa e entre as hipóteses discutidas na literatura inclui-se a possibilidade de que esta espécie tenha uma origem híbrida, como produto de cruzamento de *Passiflora edulis* f. *edulis*, nativa do Brasil e de regiões vizinhas, com outra *Passiflora*, ou de que seja resultante de processos de mutação a partir de *P. edulis* f. *edulis* (Teixeira 1994).

A cultura do maracujá-amarelo é típica de países tropicais devido ao clima favorável para cultivo e o Brasil é o maior produtor mundial (Ruggiero *et al.* 1996). A área de cultivo do maracujá-amarelo no Brasil é bastante expressiva, tendo alcançado 33.428 ha em todo território nacional no ano de 2000, com a produção de 2.762.808 frutas. Em 2004, esta produção passou a 491.619 toneladas da fruta (Censo Agropecuário IBGE). Desse total, o município de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, contribuiu com 2.750 toneladas, enquanto que São Francisco do Itabapoana, também na região Norte Fluminense, produziu 10.200 toneladas.

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Ciências Ambientais. Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-600 - Campos dos Goytacazes, RJ. mcrisgag@uenf.br

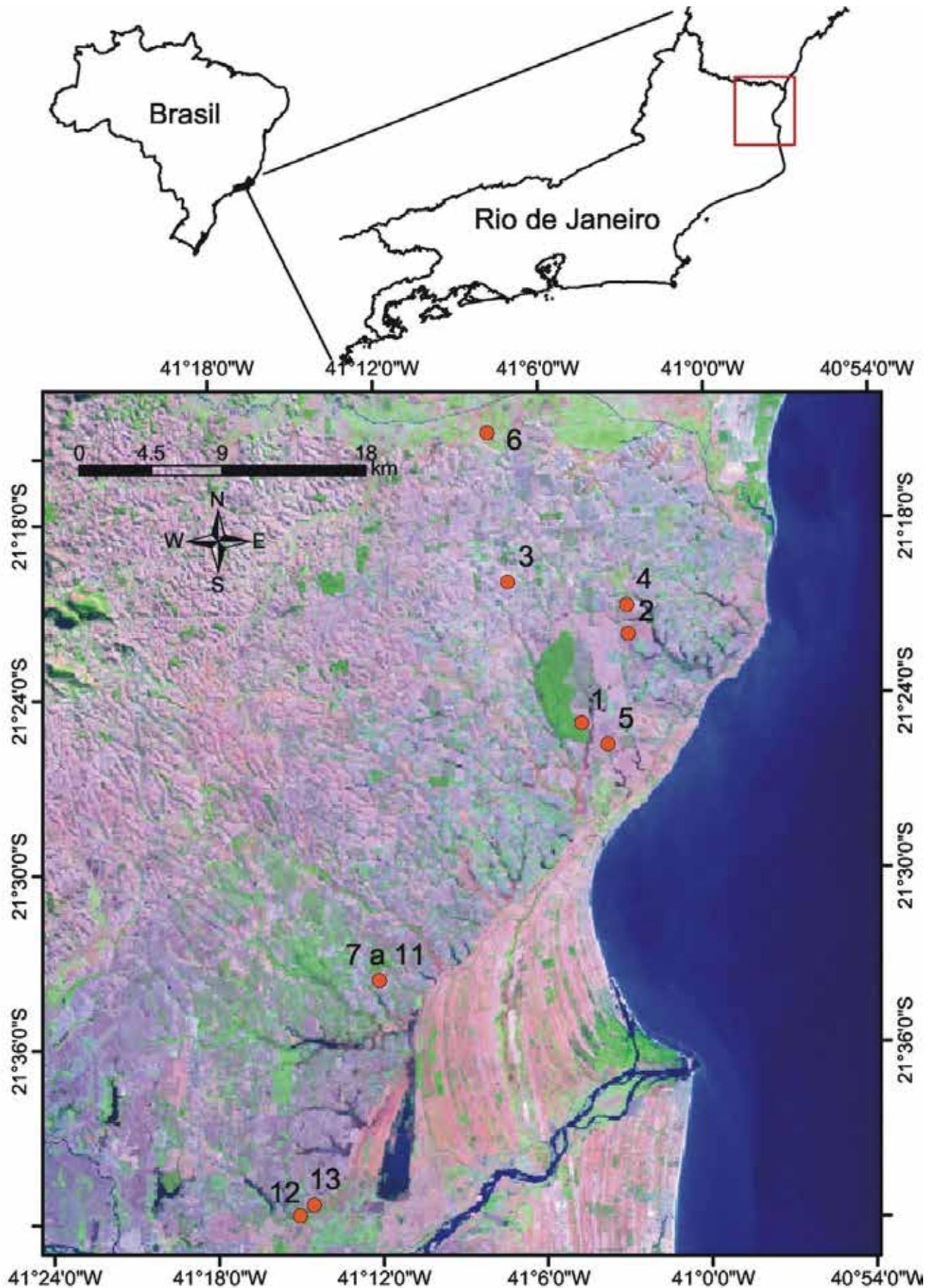
O cultivo do maracujazeiro foi iniciado na região Norte Fluminense a partir de 1979, na localidade de Praça João Pessoa, pertencente na época ao município de São João da Barra e atualmente distrito de São Francisco do Itabapoana. Na localidade de Praça João Pessoa, foi fundada em 1983 a Cooperfrut chegando a ter 718 associados. No ano de 1983, a cooperativa recebeu 121.314 Kg da fruta e em 1984 comercializou 286.260 Kg. O incentivo ao plantio do maracujá-amarelo teve como consequência um aumento da área plantada (em média de 1,4 ha por agricultor) e na produção anual da região, que era de 17 a 18 t/ha/ano de maracujá, chegando a valores de produtividade média de 30 t/ha/ano. A produtividade do maracujá-amarelo no estado do Rio de Janeiro mostrou dados decrescentes a partir de 1990 (9,8 t/ha) até 1994 (1,4 t/ha), retomando pequeno crescimento a partir de 1996, quando chegou a 3,2 t/ha (Aguiar & Santos 2001).

No ano de 1999, o Governo Federal criou um financiamento específico para a fruticultura, o Programa de Fruticultura do Norte e Noroeste do Rio de Janeiro e, em 2000, foi criada uma linha de crédito pelo governo Estadual, denominada Programa Moeda Verde – Frutificar. Em 2001, com os incentivos à produção, a produtividade voltou a crescer aumentando para até 25 t/ha.

A área plantada chegou a quase 3.000 ha nos anos de 2002-2003 e só em São Francisco do Itabapoana atingiu a produção de 25.500 toneladas, representando 60% da produção do estado do Rio de Janeiro. No entanto, houve uma expressiva redução na área colhida com maracujá nos anos seguintes, principalmente em São Francisco do Itabapoana, sendo que no ano de 2005 esta área diminuiu para menos de 1.000 ha. Esta redução foi ocasionada principalmente pela grande incidência de doenças e pragas, entre elas a broca-da-haste, um pequeno besouro que ataca o caule do maracujá, podendo dizimar plantações inteiras se não houver o controle. As condições climáticas, com elevado índice de chuvas nos últimos anos, agravaram a situação. A impossibilidade de pagar os financiamentos desestimulou ainda mais o produtor. A produtividade média obtida durante o ano de 2005, segundo entrevistas realizadas com produtores durante o desenvolvimento deste plano de manejo, ficou em torno de 17 t/ha.

Os dados apresentados acima demonstram grande oscilação no tamanho da área plantada e na produtividade do maracujá-amarelo na região Norte Fluminense nos últimos anos, associada a fatores biológicos como a incidência de pragas, e econômicos, como incentivos governamentais. Entretanto, a fruticultura e particularmente a cultura do maracujá-amarelo, tem expressiva importância regional, devido à grande potencialidade para produção da fruta (condições climáticas, tipo de solo, localização privilegiada quanto à distribuição para centros consumidores), além da importância como fonte de renda da agricultura familiar em pequenos plantios.

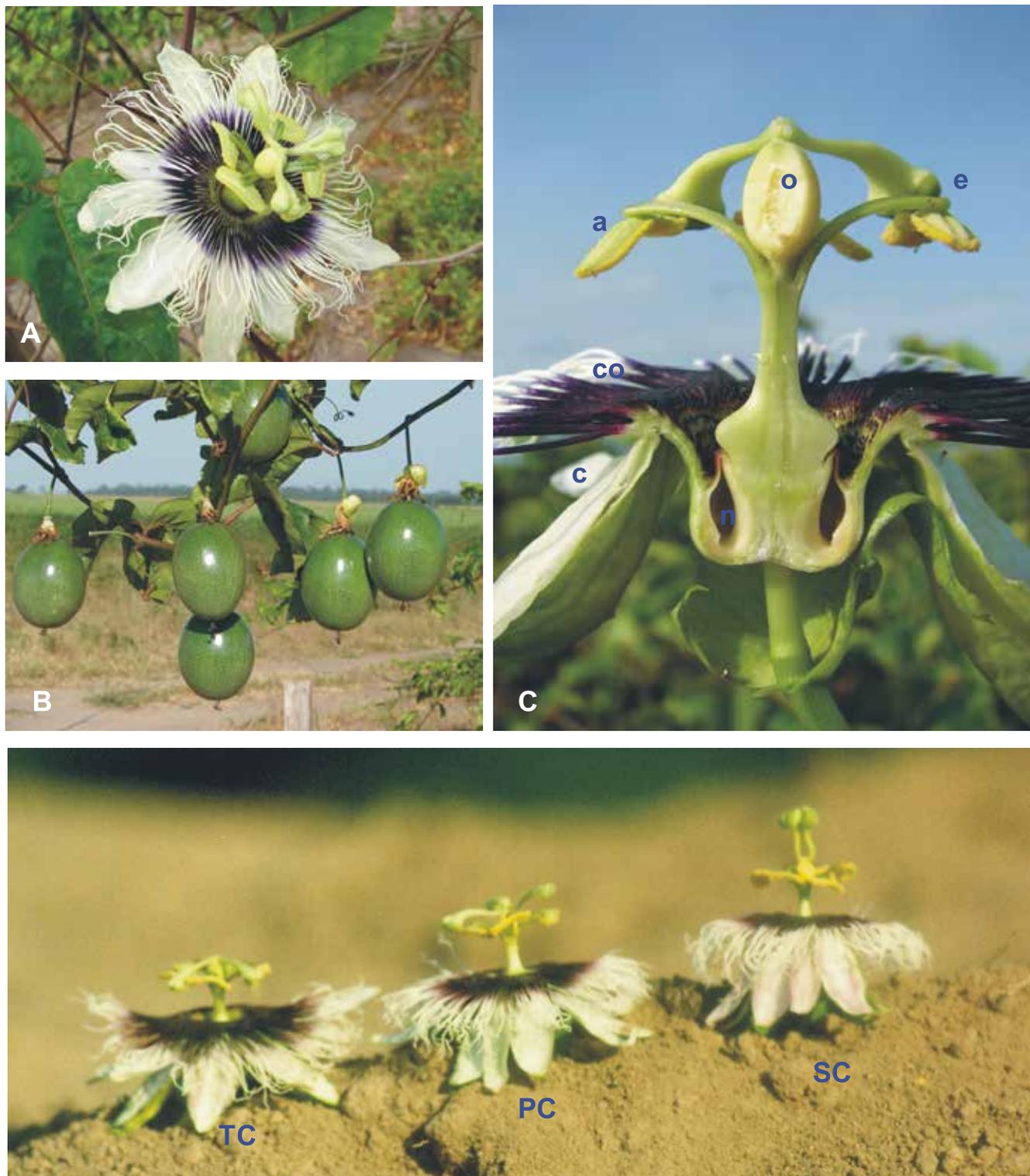
O cultivo do maracujá-amarelo na região Norte Fluminense é feito em espaldeiras compostas, geralmente, por mourões de eucalipto dispostos em linhas paralelas, com um fio de arame que passa sobre os mourões. Pequenas áreas de plantio (menos de 10 ha) predominam na região (**Figura 1**) e o seu entorno compõe-se de uma matriz dominada por cana-de-açúcar e outras culturas em menor escala.



**FIGURA 1.** Localização das áreas de estudo, com indicação dos fragmentos florestais (1=Mata do Carvão, 7=Mata do Funil) e das áreas de cultivo de maracujá-amarelo estudadas na região Norte Fluminense. Fonte do mapa: setor de Geoprocessamento, Laboratório de Ciências Ambientais (UENF).

## 1.2 - Aspectos da biologia floral e floração do maracujá-amarelo

As flores do maracujá-amarelo são hermafroditas, dispostas em inflorescências do tipo cimeira pauciflora, circundadas por grandes brácteas involucrais. O cálice apresenta cinco sépalas persistentes, unidas na base, e a corola é constituída por cinco pétalas brancas e uma corona de filamentos, considerada uma emergência do receptáculo, de coloração arroxeadada na base e branca no ápice (**Figura 2A**). O androceu é constituído



**FIGURA 2.** Maracujá-amarelo. **(A)** Flor em antese; **(B)** frutos; **(C)** Flor em corte longitudinal indicando corola (c), corona (co), câmara nectarífera (n), anteras com pólen (a), estigmas (e), ovário (o); **(D)** Tipos de flores com estigmas totalmente curvos (TC), com estigmas parcialmente curvos (PC) e com estigmas sem curvatura (SC).

do de cinco estames dispostos sobre um androginóforo, com anteras biloculares, rimosas. O gineceu é súpero, unilocular, formado por 3 carpelos, com placentação parietal, também disposto sobre o androginóforo; no ápice deste, localizam-se os estigmas. No início da antese, por volta das 12h00, os estigmas estão eretos, acima das anteras. Ao longo da antese, ocorre a deflexão dos estiletos, aproximando os estigmas do receptáculo. A autopolinização é desfavorecida pela posição extrorsa das anteras (**Figura 2C**) e mesmo que ela ocorra, mecanismos pré-zigóticos impedem a autofecundação (autoincompatibilidade homomórfica gametofítica) (Souza *et al.* 2002).

Os frutos são baciformes, indeiscentes (**Figura 2B**), com muitas sementes envoltas em arilo carnososo, que constitui a polpa do fruto. O tamanho do fruto e a quantidade de polpa são determinados pela quantidade de pólen depositado no estigma (Corbet & Willmer 1980). A frutificação só ocorre se os grãos de pólen permanecerem secos na superfície estigmática pelo menos duas horas após a polinização. Estudos experimentais indicam que os grãos de pólen, quando ficam umedecidos, rompem-se impossibilitando a fecundação (Akamine & Girolami 1957, Teixeira 1994).

Longos fotoperíodos e altas temperaturas são fatores importantes para o florescimento do maracujá-amarelo. Na região Norte Fluminense a floração ocorre entre setembro e maio, com maior intensidade de florescimento em dezembro e abril, sob temperaturas médias acima de 25°C.

O néctar é produzido ao longo da antese e o maior volume ocorre entre 12h30 e 14h30, quando chega a 40µl por flor, em média. Após esse horário, a produção decresce, chegando a menos de 5µl entre 16h30 e 17h30. Nas áreas estudadas, o volume total médio de néctar acumulado do dia chegou a 75µl. A concentração de solutos variou ao longo do dia entre 38 e 42%, diminuindo após as 14h30 juntamente com o volume de néctar (Benevides *et al.* 2009).

As flores do maracujá-amarelo não apresentam antese sincrônica. A antese inicia-se em torno de 12h00 e prolonga-se até por volta de 16h00, quando todas as flores estão abertas. No início da antese, todas as flores estão com estigmas eretos e ao longo da antese, a grande maioria das flores curva os estigmas até que estes se posicionam totalmente curvos (receptivos) ou parcialmente curvos. Avaliações ao longo do dia revelaram que a proporção entre flores com estigmas curvos aumenta até atingir o seu máximo, por volta de 15h00 - 16h00. Uma percentagem das flores (cerca de 5%) permanece sem curvatura durante toda a antese, enquanto que cerca de 10% curva-se apenas parcialmente (Benevides *et al.* 2009). Flores parcialmente curvas (denominadas tipo PC, **Figura 2D**) e flores sem curvatura (tipo SC, **Figura 2D**) até o final da antese, não são fertilizadas devido a mecanismos de incompatibilidade (Bruckner & Picanço 2001).

### 1.3 - Polinização do maracujá-amarelo

A disposição das peças florais do maracujá-amarelo implica na necessidade de polinizadores de grande porte capazes de contatar os estigmas e anteras durante a coleta de néctar. A **Tabela 1** indica as principais espécies de polinizadores do maracujá-amarelo observadas em estudos realizados em diferentes regiões do Brasil. Os principais polinizadores destas flores são abelhas de grande porte do gênero *Xylocopa* Latreille, 1802, conhecidas popularmente como mamangavas-de-toco. A importância de abelhas *Xylocopa* para a polinização do maracujá-amarelo na região Norte Fluminense foi indicada em um estudo anterior (Hoffmann *et al.* 2000), realizado em área de cultivo experimental, e duas espécies deste gênero foram detectadas no presente trabalho como os principais polinizadores, em todas as áreas estudadas (**Tabela 2**).

**Tabela 1.** Polinizadores do maracujá-amarelo em diferentes regiões do Brasil. Dados de subprojetos Probio-Polinizadores (compilados em Gaglianone, 2005).

Polinizadores	Estados do Brasil
<i>Xylocopa brasiliatorum</i> Linnaeus, 1767	PR
<i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789)	PR, RJ, MG, BA, PE
<i>Xylocopa griseocens</i> Lepeletier, 1841	MG, BA, PE
<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith, 1874	RJ
<i>Xylocopa suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	MG
<i>Xylocopa</i> cf. <i>hirsutissima</i> Maidl, 1912	MG
<i>Bombus pauloensis</i> Friese, 1913	MG
<i>Bombus morio</i> (Swederus, 1787)	PR
<i>Centris flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	RJ
<i>Centris longimana</i> Fabricius, 1804	RJ, MG
<i>Centris (Ptilotopus) scopipes</i> Friese, 1899	MG
<i>Centris (Ptilotopus)</i> sp.	MG
<i>Epicharis flava</i> (Friese, 1900)	RJ, MG
<i>Epicharis fasciata</i> Lepeletier & Serville, 1828	PR
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	RJ
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	MG, RJ
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	MG

Segundo dados de Corbet & Willmer (1980), para o desenvolvimento de um fruto normal, é necessário o número mínimo de 190 grãos de pólen depositados sobre os estigmas. Para estimar o número de visitas necessárias para a frutificação, experimentos direcionados de polinização natural, com a exclusão de visitantes indesejados, foram realizados. As flores foram ensacadas em pré-antese e descobertas somente depois dos estiletes estarem curvados. Flores distintas foram, então, expostas a uma, duas ou três visitas de *Xylocopa* spp. e novamente ensacadas até o dia seguinte, a partir do qual foi verificado e acompanhado o desenvolvimento do ovário. Flores expostas a uma única visita não resultaram em frutificação. Somente uma flor exposta a duas visitas resultou em um fruto, porém este foi abortado poucos dias depois. Das quinze flores testadas com três visitas de *Xylocopa*, cinco resultaram em frutos bem formados. Estes dados indicam que em 33% dos casos, três visitas de *Xylocopa* foram suficientes para a frutificação e que este número deva ser maior para assegurar a polinização de grande parte das flores.

Insetos pequenos como as abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) e abelhas sem ferrão (tribo Meliponini) visitam as flores sem efetuar a polinização. Estas abelhas são consideradas pragas da cultura, pois retiram recursos florais, diminuindo o pólen disponível à polinização ou tornando as flores menos atrativas para os polinizadores. Na região Norte Fluminense, *A. mellifera* foi encontrada em todas as áreas de cultivo estudadas, provocando impacto na frutificação (veja item 3).

Para o maracujá-amarelo, a existência de polinizadores com comportamento e tamanho corporal adequados à polinização é fator essencial para a formação dos frutos. Este fato é reconhecido por muitos agricultores da região e mesmo aqueles que não têm o conhecimento dos agentes polinizadores, reconhecem que se não houver intervenção, não ocorre a frutificação ou “pegamento”. Por isso, a prática de polinização manual é generalizada nos cultivos da região.

**Tabela 2.** Visitantes florais do maracujá-amarelo em áreas de cultivo na região de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana (RJ): tamanho corporal, frequência de ocorrência (MF=muito frequentes; R=raros), recurso (P=pólen; N=-néctar) e categoria de comportamento (PI=pilhador; PO=polinizador ocasional; PE=polinizador efetivo).

Visitantes florais	altura média tórax (mm)	frequência	recurso	categoria
<b>INSECTA-HYMENOPTERA</b>				
<b>Apidae-Apini-Apina</b>				
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus	3,0	MF	P	PI
<b>Apidae-Apini-Euglossina</b>				
<i>Euglossa cordata</i> Linnaeus	4,0	R	N	PI
<i>Eulaema cingulata</i> Fabricius	7,6	R	N	PO
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	7,8	R	N	PO
<b>Apidae-Centridini</b>				
<i>Epicharis flava</i> Friese	7,9	R	N	PO
<i>Centris flavifrons</i> Fabricius	8,0	R	N	PI
<i>Centris longimana</i> Fabricius	8,1	R	N	PO
<b>Apidae-Xylocopini</b>				
<i>Xylocopa frontalis</i> Olivier	10,8	MF	N	PE
<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith	7,7	MF	N	PE
<b>Vespidae</b>				
Vespidae sp.	7,0	R	N	PI
<b>INSECTA-DIPTERA</b>				
Syrphidae sp.	2,0	R	P,N	PI
<b>INSECTA-LEPIDOPTERA</b>				
<i>Dione juno</i> Stoll	4,0	R	N	PI
<i>Phoebis s. sennae</i> Linnaeus	5,0	R	N	PI
<i>Utetheisa ornatrix</i> Linnaeus	4,0	R	N	PI

## 1.4 - Relação entre polinização e produção do maracujá-amarelo

A cultura do maracujá-amarelo é típica de países tropicais devido ao clima favorável para cultivo, sendo o Brasil o maior produtor mundial (Ruggiero *et al.* 1996). No entanto, o maracujá apresenta baixa produtividade devido a vários fatores, entre eles, à carência de polinizadores naturais nas áreas cultivadas (Oliveira Filho & Freitas 2003). As taxas de frutificação observadas neste estudo variaram muito, em virtude de fatores como abundância de polinizadores em relação à intensidade de florescimento, abundância de pilhadores (veja item 3.3), proximidade de áreas florestais e densidade de ninhos de *Xylocopa* na área de cultivo. Valores máximos atingiram 50% de frutificação, mas foram esporádicos e a média obtida no nosso estudo foi de 18,5%. A produtividade média da região no período de estudo variou em torno de 17 t/ha/ano, produtividade semelhante à observada em outras regiões do país. Alguns relatos de agricultores mostraram que nos anos de 2002-2003 estes valores chegaram a 30 t/ha/ano em algumas áreas de cultivo.

Dados regionais indicam que a prática de polinização manual é preponderante, principalmente em períodos de maior intensidade de florescimento (nov-dez e março-abril), quando há déficit de polinização natural. Este déficit foi identificado em abril, quando, embora mais de 90% das visitas às flores tivessem sido realizadas por *Xylocopa*, as taxas de frutificação foram baixas, em virtude do número elevado de flores. Os dados mostram que o manejo de populações de polinizadores neste período é essencial para o aumento das taxas de frutificação.

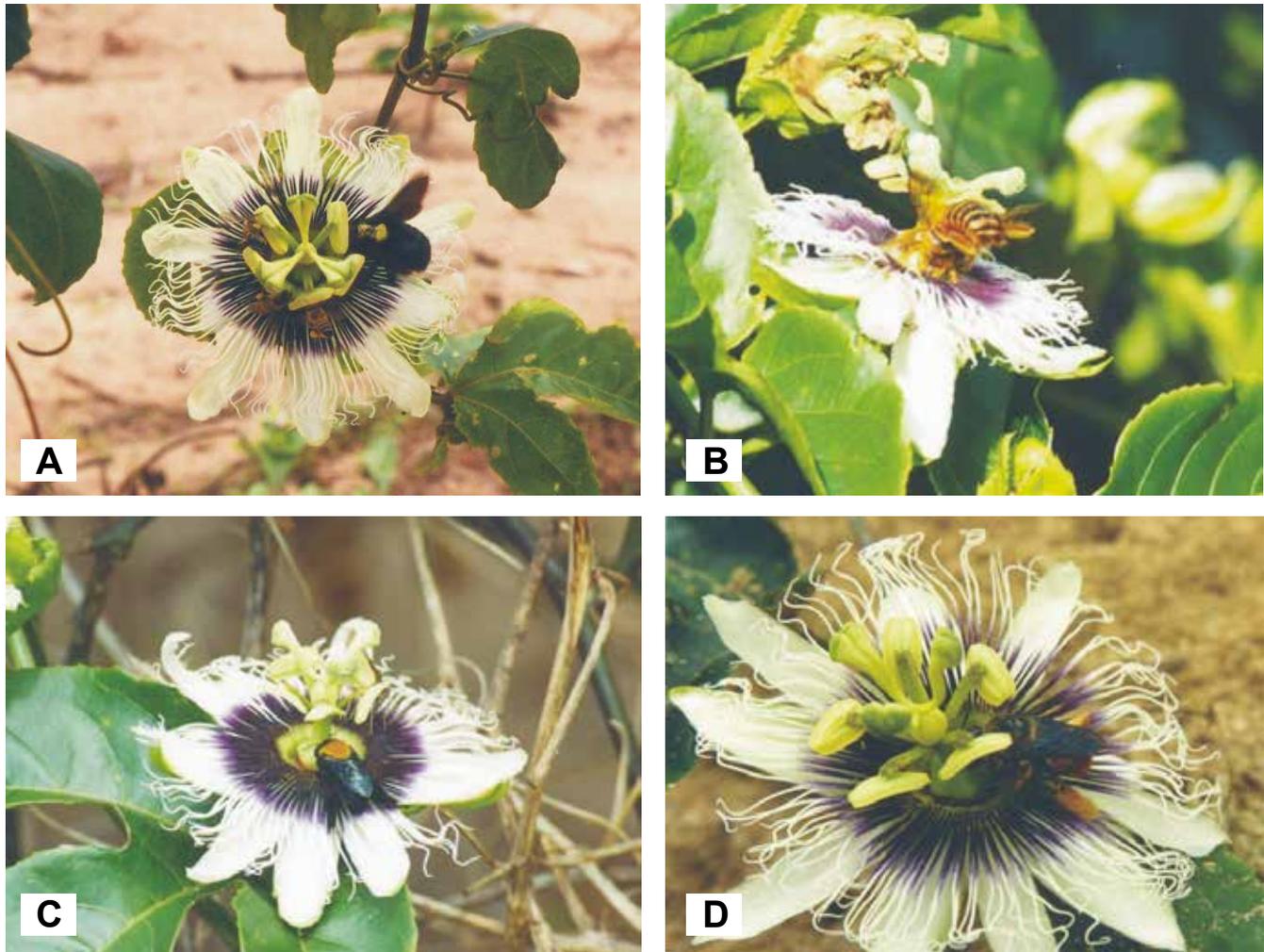
## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

### 2.1 - Diagnóstico dos polinizadores

Nosso estudo, desenvolvido durante o ano de 2005 em áreas de cultivo de pequenos produtores (**Figura 1**), mostrou que *Xylocopa frontalis* e *X. ordinaria* foram espécies frequentes em todas as áreas estudadas. Estas abelhas apresentam atividade em flores ao longo de todo o ano e são, sem dúvida, os efetivos polinizadores do maracujá-amarelo na região. O horário de atividade das duas espécies de *Xylocopa* nas flores é semelhante, e *X. frontalis* em geral é mais abundante do que *X. ordinaria*, embora esta relação mostrou-se inversa em uma das áreas estudadas em Praça João Pessoa, São Francisco do Itabapoana.

Outras espécies de abelhas de grande porte podem também atuar como polinizadores, embora com importância muito menor devido à menor frequência de ocorrência (**Tabela 2; Figura 3**). A diversidade de potenciais polinizadores foi maior em áreas com maior proximidade a fragmentos florestais (Benevides *et al.* 2009). Por outro lado, não foi observada relação clara entre a abundância de *Xylocopa* e localização das áreas de cultivo relativa à proximidade destes fragmentos. A abundância de polinizadores mostrou-se diretamente relacionada ao número de flores produzidas, maior no período de abril-maio. Entretanto, o aumento na abundância de polinizadores não foi proporcional ao aumento de flores e os dados indicaram baixa taxa de frutificação quando a produção de flores ocorreu acima de 50 flores abertas por dia por metro linear de espaldeira, sugerindo déficit de polinizadores nestas ocasiões.

A disponibilidade local de substratos para nidificação e a existência de fontes de pólen na área de cultivo são fatores também importantes. Áreas com maiores atrativos para nidificação, como presença de troncos secos e alguma fonte de pólen, mostraram maior abundância de *Xylocopa* do que outras, mesmo que estivessem a distâncias maiores de fragmentos florestais.



**FIGURA 3.** Visitantes do maracujá-amarelo no norte fluminense (A) *Xylocopa ordinaria* fêmea e *Apis mellifera*; (B) *Xylocopa ordinaria* macho; (C) *Centris bicolor*; (D) *C. longimana*.

## 2.2 - Habitat, composição de espécies e abundância de abelhas *Xylocopa* no ambiente natural

O gênero *Xylocopa* (Apidae, Xylocopini) inclui cerca de 700 espécies descritas (Silveira *et al.* 2002), com distribuição em regiões tropicais e subtropicais no mundo (Michener 2000). São abelhas de língua longa, grande porte (13 a 30 mm de comprimento), coloração variando entre preto e azul podendo apresentar reflexos metálicos. O dimorfismo na cor está presente em alguns subgêneros, sendo que fêmeas do subgênero *Neoxylocopa* são totalmente pretas e os machos amarelos. As fêmeas apresentam escopa bem desenvolvida nas tíbias e basitarsos posteriores, formada por cerdas rígidas com ramificações curtas, nas quais acumulam o pólen e o transportam para os ninhos (Michener 2000). Alguns caracteres que têm sido utilizados na diferenciação entre espécies referem-se à pontuação do tegumento e pilosidade dos tergos metassomáticos e coloração das asas (Moure & Camargo 1998). As abelhas *Xylocopa* habitam os mais diversos ecossistemas, desde florestas até ambientes antrópicos ou agrícolas. No Brasil são conhecidas 53 espécies (Moure 2008), sendo várias delas indicadas para a Mata Atlântica (Schlindwein *et al.* 2003).

Foram registradas para a região Norte Fluminense cinco espécies de *Xylocopa*, em diferentes ecossistemas. A **Tabela 3** indica a riqueza e composição de espécies deste gênero para algumas áreas amostradas. *X. frontalis* e *X. ordinaria* destacam-se devido à grande abundância relativa em diversos ecossistemas (**Tabela 4**). *Xylocopa frontalis* tem distribuição geográfica ampla, ocorrendo em diversos biomas

no Brasil. São facilmente encontradas em vegetação aberta ou em áreas antrópicas. Já *X. ordinaria* tem sua distribuição principalmente em áreas de domínio de Mata Atlântica, tendo sido reportada para os estados do RS, SP, MS, RJ, ES e BA (Schlindwein *et al.* 2003).

**Tabela 3.** Espécies de *Xylocopa* e número total de espécies de abelhas amostradas nos habitats estudados na região Norte Fluminense.

Local	Área (ha)	Ecosistema	Amostragem	Espécies de abelhas	Espécies de <i>Xylocopa</i>
Restinga Iquipari (São João da Barra, RJ)	4.800	Restinga	Transecto de 4km, 288h, padronizada	37	<i>X. frontalis</i> , <i>X. ordinaria</i> , <i>X. macrops</i>
Mata do Carvão e Mata do Funil (São Francisco Itabapoana, RJ)	1.053 e 135	Floresta estacional semidecidual sobre tabuleiro	Transectos de 6km, 288h, padronizada	79	<i>X. frontalis</i> , <i>X. ordinaria</i> , <i>X. suspecta</i> , <i>X. nigrocincta</i> , <i>X. muscaria</i>
Mata do Mergulhão (Campos dos Goytacazes, RJ)	18	Floresta ombrófila densa aluvial	Varredura, 80h, não padronizada	20	<i>X. frontalis</i> , <i>X. suspecta</i> , <i>X. nigrocincta</i>
Campus da UENF, Campos dos Goytacazes, RJ	47	Área antrópica	Varredura, 192h, padronizada	35	<i>X. frontalis</i> , <i>X. ordinaria</i> , <i>X. suspecta</i> , <i>X. nigrocincta</i>

Na região Norte Fluminense, a grande abundância de *X. ordinaria*, com ocorrência ao longo do ano principalmente em áreas de restinga e nas suas proximidades, torna de extrema importância o estudo da sua biologia da nidificação para avaliar a possível utilização em programas de manejo de polinizadores. Para *X. frontalis*, uma espécie já estudada em outras regiões (Marchi & Melo 2010, Pereira & Garófalo 2010), a avaliação local da sua utilização nestes programas é, da mesma forma, importante, pois dados locais são imprescindíveis (Bernardinho & Gaglianone 2013).

**Tabela 4.** Abundância relativa de abelhas *Xylocopa* amostradas sobre flores, em altura de até 2m, durante inventários realizados ao longo de um ano em ecossistemas na região Norte Fluminense.

	Restinga Iquipari	Mata do Carvão	Mata do Funil	Área antrópica
<i>Xylocopa ordinaria</i>	21%	3,4%	6,7%	2,6%
<i>Xylocopa frontalis</i>	0,1%	5,5%	8,2%	4,0%
<i>Xylocopa suspecta</i>	0	0,7%	2,3%	0,6%
<i>Xylocopa nigrocincta</i>	0	0,2%	0	1,3%
<i>Xylocopa macrops</i>	0,1%	0	0	0
<i>Xylocopa muscaria</i>	0	0,2%	0	0
Outras abelhas	78,8%	90%	82,8%	91,5%

### 2.3 - Uso de recursos e interações com flores

Abelhas do gênero *Xylocopa* coletam pólen e néctar em plantas de diversas famílias vegetais. Embora as fêmeas não restrinjam a coleta a poucas espécies, e muitas vezes possam ser consideradas generalistas, *Xylocopa* parece ser especialmente atraída a inflorescências densas e a certos tipos florais.

**Tabela 5.** Plantas visitadas (em famílias) e respectivos recursos florais e valores de abundância relativa (AbRel) de *Xylocopa* amostradas em flores em áreas de restinga e de mata de tabuleiro na região Norte Fluminense em inventários ao longo de um ano. Xfr= *X. frontalis*, Xmu= *X. muscaria*, Xni= *X. nigrocincta*, Xor= *X. ordinaria*, Xsu= *X. suspecta*.

Família	Restinga			Mata de tabuleiro			
	Nº espécies visitadas	AbRel	<i>Xylocopa</i> visitante	Nº espécies visitadas	AbRel	<i>Xylocopa</i> visitante	Recurso
Anacardiaceae	1	1,7%	Xor	0			N
Apocynaceae	2	10,3%	Xor	0			N
Asteraceae	1	2,6%	Xor	0			N
Bignoniaceae	1	18,8%	Xor, Xmu	5	27,5%	Xor, Xfr, Xsu	N
Boraginaceae	2	4,3%	Xor	0			N
Burseraceae	1	3,4%	Xor	0			N
Cactaceae	1	1,7%	Xor	0			N
Caesalpinaceae	0			1	10%	Xfr, Xni	P
Celastraceae	1	1,7%	Xor	0			N
Clusiaceae	1	1,7%	Xor	0			P
Fabaceae	5	12%	Xor	7	30%	Xor, Xfr, Xmu	N
Lecythidaceae	0			1	5,3%	Xfr	N
Malpighiaceae	1	0,8%	Xor	0			P
Malvaceae	1	1,7%	Xor	1	5%	Xor, Xfr	N
Myrtaceae	2	4,3%	Xor	0			P
Palmae	1	2,6%	Xor	0			P
Passifloraceae	1	9,4%	Xor	3		Xor, Xfr	N
Sapindaceae	1	6,8%	Xor	2	5%	Xor	N
Sapotaceae	2	15,4%	Xor	0			N
Solanaceae	1	0,8%	Xor	2	7,5%	Xor, Xfr	P
Verbenaceae	0			2	2,2%	Xor, Xsu	N
Indeterminada	0			3	7,5%	Xor, Xfr, Xsp	

*Xylocopa frontalis* e *X. ordinaria* apresentam atividade ao longo do ano, não mostrando sazonalidade no forrageamento. No entanto, para *X. ordinaria*, ficam evidenciados períodos de atividade mais intensa em janeiro e entre os meses de julho a setembro, na mata de tabuleiro e na restinga. Este período corresponde

aos meses de maior número de ninhos ativos na restinga (Bernardino & Gaglianone 2008). Para *X. frontalis*, a frequência nas flores oscila bastante ao longo do ano na mata de tabuleiro, o que é provavelmente reflexo da ocorrência de várias gerações. Segundo dados de Camillo (2003), para esta espécie ocorrem duas gerações ao ano.

Nas áreas estudadas, estas abelhas visitam principalmente flores de corola tubular, como Bignoniaceae e Apocynaceae, e do tipo quilha, como flores de Fabaceae (**Figuras 4 e 5**). Visitas a flores destes dois tipos florais corresponderam a 41% e 61% do total observado na restinga e na mata de tabuleiro, respectivamente (**Tabela 5**). Flores de Sapotaceae e Passifloraceae são também importantes fontes de néctar para estas abelhas na restinga. As primeiras representam um recurso abundante em setembro-outubro, devido às inflorescências densas. *Passiflora allieacea* Barb. Rodr. floresce ao longo do ano, com maior intensidade no período chuvoso e são visitadas durante todo o dia. *Passiflora misera* Kunth é muito menos abundante na área e pode representar recurso esporádico. A análise polínica de 17 células fechadas de ninhos naturais de *X. ordinaria* na restinga revelou a existência de 19 tipos polínicos, sendo dois a cinco tipos por célula, corroborando dados de comportamento que mostram caráter generalista no forrageamento.

Na mata de tabuleiro, as abelhas foram também bastante frequentes em flores de Caesalpinaceae e Solanaceae (**Tabela 5**), com anteras poricidas. A coleta de pólen nestas flores é realizada através de vibração, comportamento frequentemente observado por fêmeas de *Xylocopa* durante o forrageio. Espécies de *Xylocopa* representaram 24% das abelhas visitantes de *Lecythis lurida* (Miers) Mori, cuja morfologia complexa restringe o acesso ao recurso às abelhas de maior porte (**Figura 5B**, Aguiar & Gaglianone 2005). Esta planta floresce somente no início do verão, quando representa importante fonte de recurso para fêmeas e machos de *Xylocopa*.

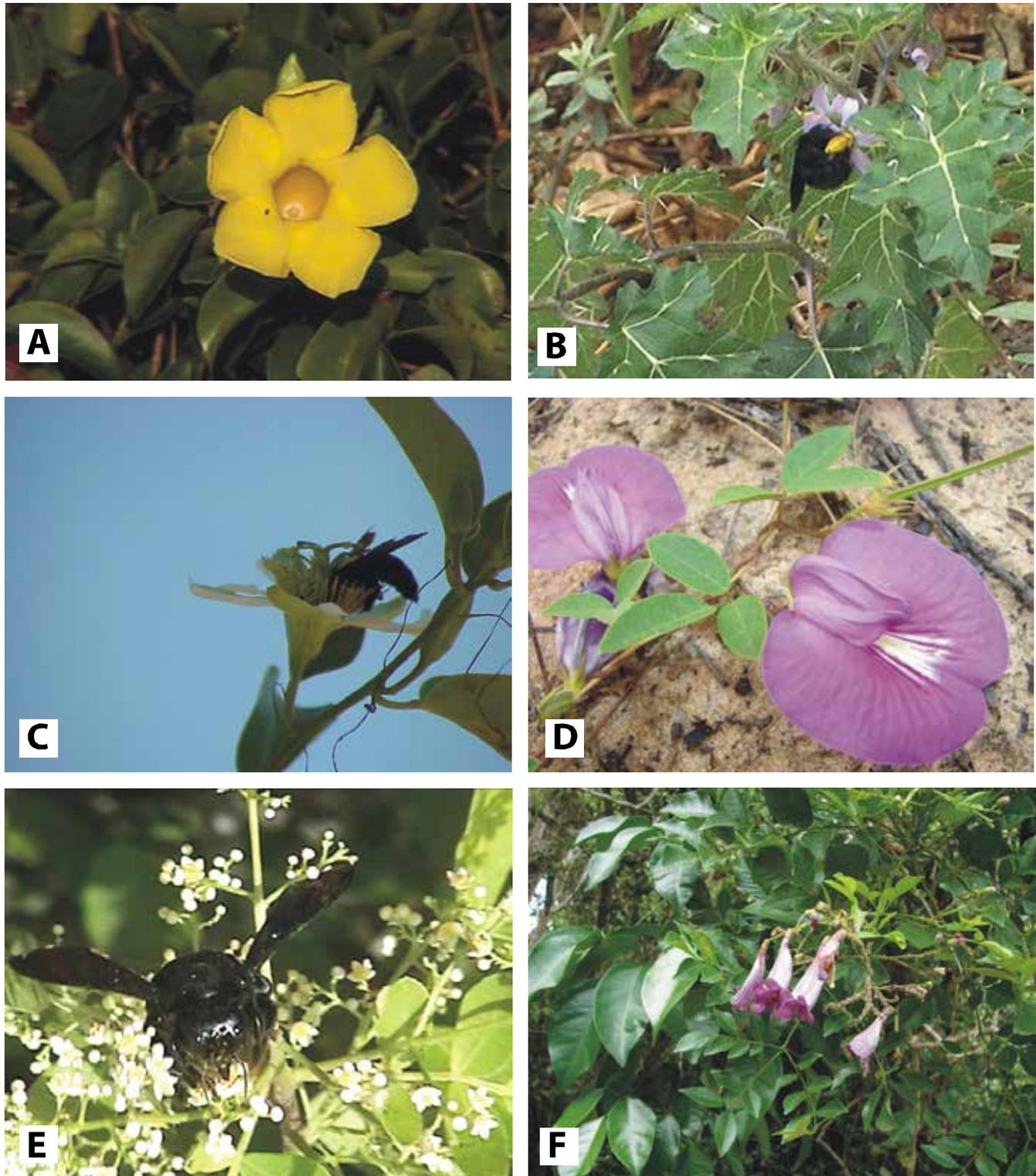
O período de novembro a março corresponde ao florescimento do maior número de plantas melitófilas na mata de tabuleiro (Menezes & Gaglianone 2005). Nesta área, a similaridade na utilização de recursos entre *X. frontalis* e *X. ordinaria* correspondeu a 0,4 (índice qualitativo de Sorensen), sendo que 25% das plantas foram utilizadas pelas duas espécies de abelhas.

Nas áreas estudadas, as espécies de *Xylocopa* destacam-se como polinizadores de plantas poricidas (ex. *Solanum insidiosum* Mart. e *S. curvispitem* Dun, **Figura 4B**), de flores de quilha (ex. *Crotalaria retusa* L. e *Centrosema brasilianum* (L.) Benth) e de flores de *L. lurida* e das Passifloraceae nativas (**Figura 4C**), das quais transportam o pólen na região dorsal do tórax.

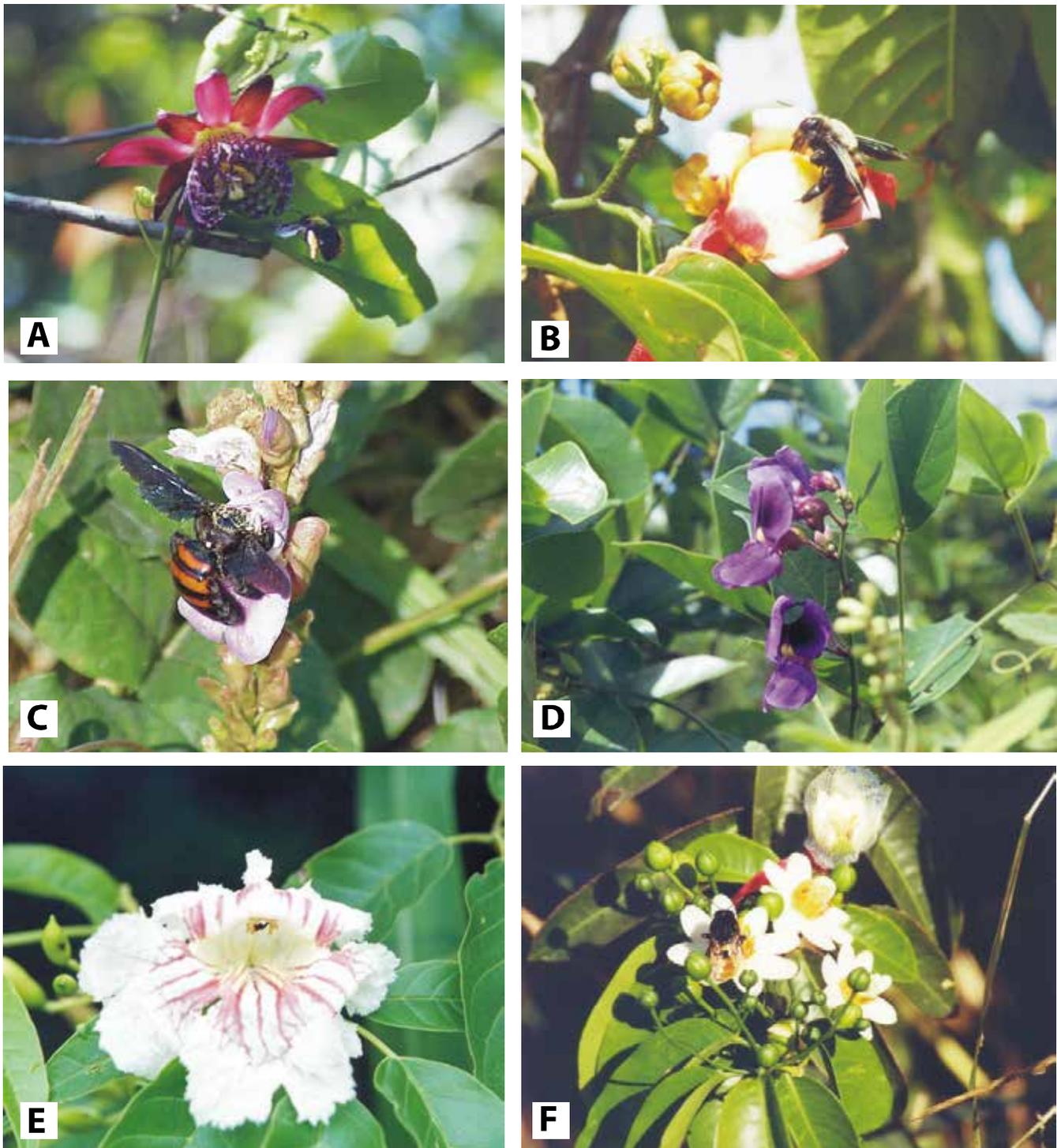
O comportamento das abelhas nas flores do maracujá-amarelo e de outras Passifloraceae é muito semelhante. As abelhas pousam na corona, caminham em direção ao centro da flor e introduzem a glossa na câmara nectarífera para a coleta de néctar. Neste momento, anteras e/ou estigmas curvados atingem a região dorsal das abelhas, onde ficam retidos os grãos de pólen, transferidos para outras flores em visitas subsequentes (**Figura 5**). O porte das abelhas em relação à altura de anteras e estigmas é o fator determinante para a sua ação como polinizador.

Dentre seis espécies de Passifloraceae nativas estudadas em áreas de restinga e mata de tabuleiro durante o ano de 2005, três espécies (*P. alata*, *P. allieacea* e *P. malacophylla* Mast.) têm *Xylocopa* entre os principais polinizadores (**Tabela 6**). Como a floração destas espécies ocorre ao longo do ano (Benevides *et al.* 2009), a sua ocorrência em áreas próximas ao cultivo do maracujá-amarelo pode representar fonte de alimento importante para *Xylocopa*. Em flores de *P. alata* (o maracujá-doce) e de *Mitostemma glaziovii* Mast. (**Figura 5A,F**) a atividade de *Xylocopa* spp. ocorreu até às 13h00. Já em flores de *P. allieacea*, estas abelhas apresentaram atividade ao lon-

go do dia, mas principalmente até às 14h00. O plantio destas espécies vegetais poderia ser consorciado com o maracujá-amarelo em áreas de cultivo, onde as abelhas apresentam atividade mais tarde fornecendo assim fontes de néctar o dia todo. *Passiflora alata* é uma espécie que produz frutos bastante apreciados, cultivada em outras regiões do Brasil, onde atinge alto preço no mercado. *Passiflora alliacea* e *M. glaziovii* têm fruto pequeno, sem importância comercial, porém, com grande potencial paisagístico e importância para animais frugívoros.



**FIGURA 4.** Algumas plantas utilizadas por *Xylocopa* como fontes de pólen e néctar na restinga de Iquipari (São João da Barra, RJ). (A) *Mandevilla funiformis*; (B) *Solanum curvispitem*; (C) *Passiflora alliacea*; (D) *Centrosema brasilianum* (E) *Schinus terebinthifolius*. (F) *Arrabidaea conjugata*.



**FIGURA 5.** Algumas plantas utilizadas por *Xylocopa* como fontes de pólen e néctar em fragmentos de mata de tabuleiro (São Francisco do Itabapoana, RJ). (A) *Passiflora alata*; (B) *Lecythis lurida*; (C) Fabaceae; (D) *Dioclea* sp.; (E) *Sparattosperma leucanthum*; (F) *Mittostema glaziovii*.

Muitas espécies vegetais visitadas por *Xylocopa* são favorecidas por suas visitas pois estas abelhas atuam na polinização. Características como o tamanho corporal grande, a coleta de pólen por vibração, a constância floral e o comportamento de evitar flores previamente visitadas, favorecem a atuação destas abelhas como eficientes polinizadores de vários tipos florais.

Por outro lado, o comportamento pilhador é observado em flores de Bignoniaceae como *Arrabidaea conjugata* (Vell.) Mart e Apocynaceae, como *Mandevilla funiformis* (Vell.) K. Schum (**Figura 4**), onde as abelhas perfuram a corola externamente, de maneira ilegítima, sem tocar nas estruturas reprodutivas da flor. Este comportamento é conhecido para diversas espécies do gênero e é possibilitado pela presença das gáleas bastante conspícuas nestas abelhas (Michener 2000). No entanto, mesmo este comportamento aparentemente pilhador, nem sempre representa prejuízo para as plantas, pois pode resultar na diminuição do tempo de visita e aumento da frequência de visitas dos efetivos polinizadores, favorecendo a polinização, como observado em outras interações (Camargo *et al.* 1984, Menezes 2007).

**Tabela 6.** Espécies nativas de Passifloraceae em ecossistemas de restinga e mata de tabuleiro na região Norte Fluminense e a importância de espécies de *Xylocopa* como polinizadores (Benevides 2006).

	Síndrome floral	Polinizadores	Frequência relativa de <i>Xylocopa</i> spp.
<i>Passiflora alata</i>	melitófila	Euglossini, Centridini, Xylocopini	12%
<i>Passiflora allieacea</i>	melitófila	Xylocopini, Centridini	27%
<i>Passiflora kermesina</i>	ornitófila	Heliconius, Trochillidae	0
<i>Passiflora malacophylla</i>	melitófila	<i>Apis mellifera</i> , Xylocopini	2,4
<i>Passiflora suberosa</i>	melitófila	Anthidiini	0
<i>Mitostemma glaziovii</i>	melitófila / psicófila	Euglossini, Xylocopini Hesperidae	0,7%

## 2.4 - Biologia da Nidificação de *Xylocopa*

As abelhas do gênero *Xylocopa*, conhecidas popularmente como mamangavas ou abelhas carpinteiras, escavam seus ninhos em madeira, e estes podem ser diferenciados em dois tipos: I) Ninhos lineares, com um único canal que pode se estender para ambos os lados da entrada do ninho, construídos geralmente em galhos ocos em madeira leve e macia; II) Ninhos ramificados, com mais de um canal, normalmente construídos em troncos de árvores ou madeiras com maior circunferência (Gerling *et al.* 1989). A construção de ninhos lineares ou ramificados pode representar uma característica espécie-específica, ou estar associada a restrições impostas por fatores ambientais, como características da vegetação ou clima (Hogendoorn & Velthuis 1993, Ramalho *et al.* 2004).

No Brasil, aspectos da biologia de nidificação foram estudados para *X. (Neoxylocopa) frontalis*, *X. (Neoxylocopa) grisescens* (Camillo & Garófalo 1982, Pereira & Garófalo 2010) e *X. (Neoxylocopa) suspecta*, 1988 (Camillo *et al.* 1986), em região de Cerrado no estado de SP, *X. (Monoxylocopa) abbreviatta* Hurd & Moure, 1963, em região semiárida na Bahia (Ramalho *et al.* 2004), *X. (Neoxylocopa) cearensis* Ducke, 1910 em dunas na Bahia (Viana *et al.* 2002) e *X. (Neoxylocopa) ordinaria* em restinga no estado do Rio de Janeiro (Bernardino & Gaglianone 2008). Para *X. frontalis*, *X. grisescens* e *X. suspecta* o padrão mais comum parece ser a construção de ninhos ramificados, enquanto que *X. abbreviatta* e *X. ordinaria* constroem ninhos lineares, associados ao substrato de pequeno diâmetro.

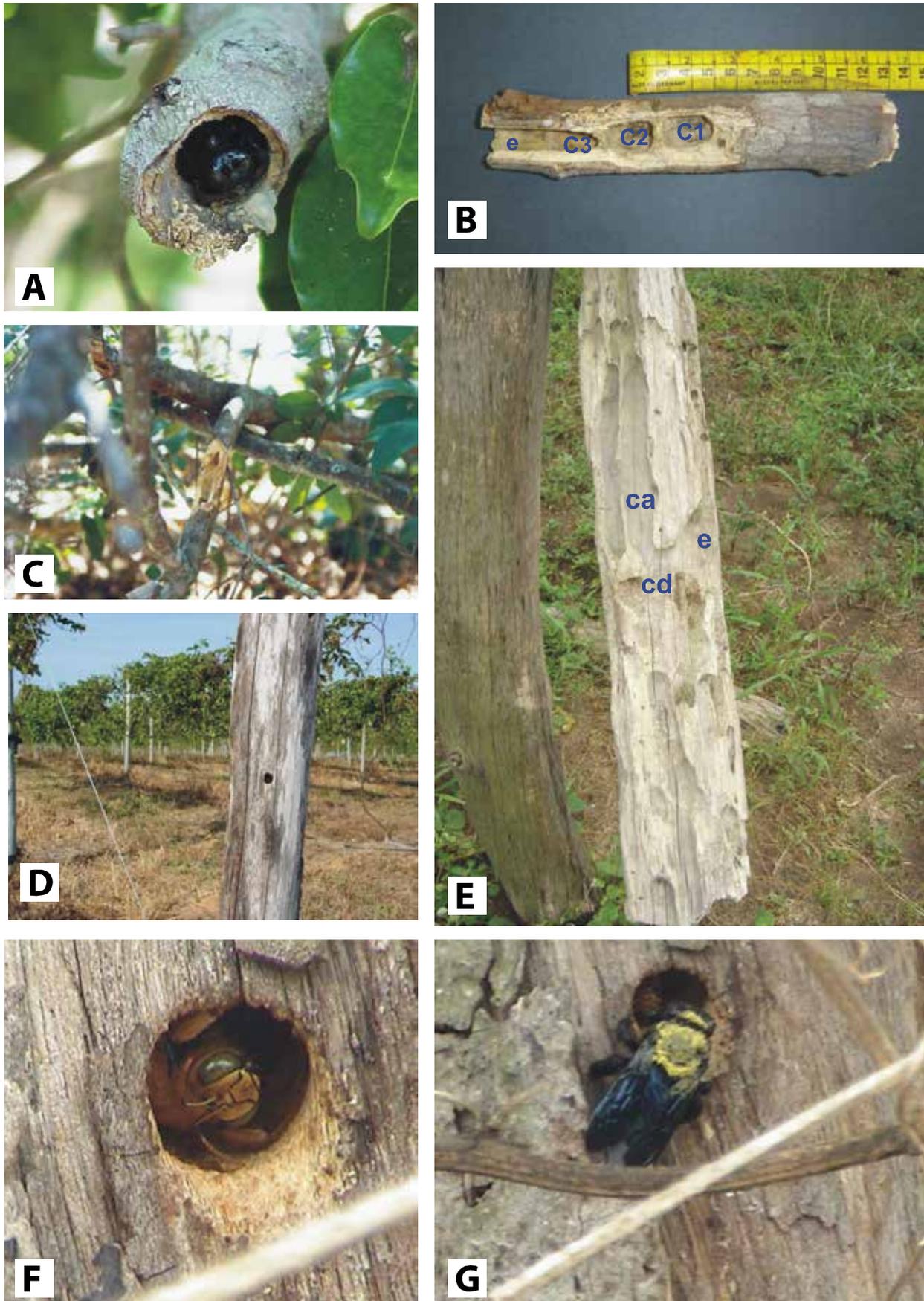
O número de canais (ou galerias) construídos nos ninhos de *X. frontalis*, *X. grisescens* e *X. suspecta* varia de um a dez e o número de células, de dois a 25, sendo que os maiores intervalos de variação foram observados para *X. frontalis*. Em uma agregação de quatro ninhos desta espécie estudados no Norte Fluminense, havia de quatro a nove células por ninho, dispostas em quatro a sete canais, de onde emergiram 18 fêmeas e 7 machos em outubro de 2005 (**Figura 6**). O número de indivíduos produzidos em cada ninho variou entre 4 e 9, com um número de fêmeas sempre maior. Após a emergência dos adultos, as abelhas permanecem nos ninhos por até 30 dias, período no qual ocorre o amadurecimento das gônadas. Durante este período, os machos jovens são alimentados pelas fêmeas, que saem do ninho em busca de alimento. A alimentação de machos por fêmeas de *X. frontalis* foi observada na entrada dos ninhos construídos em mourões em plantio de maracujá-amarelo (**Figura 6**).

Após o tempo de permanência nos ninhos, as fêmeas jovens buscam substrato adequado para a nidificação. A fundação de novos ninhos sempre se dá de maneira solitária e a fêmea que constrói um novo ninho é denominada de fundadora. Uma ou algumas fêmeas podem permanecer no ninho onde emergiram, assim como a fêmea fundadora, construindo novas células, em um processo chamado de reativação do ninho. Neste caso, pode haver a sobreposição de gerações, com a convivência de mãe e filhas; entretanto, a construção e provisionamento das células se dão de maneira independente, sem a divisão de tarefas. O provisionamento é feito com pólen e néctar, formando uma massa sobre a qual é depositado um ovo. O tempo total de desenvolvimento, desde a oviposição até a emergência dos adultos, varia de 45 a 65 dias.

A escolha do substrato está relacionada a características da madeira e não a especificidades a grupos taxonômicos. Esta característica amplia a gama de possíveis substratos a serem utilizados como atrativos para a nidificação de *Xylocopa*. Mourões de cercas, vigotas de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. têm sido utilizados com sucesso (Camillo 2003).

Em ambiente natural, os ninhos de *X. ordinaria* apresentaram-se agrupados em densidade de 7,6 ninhos/ha (Bernardino & Gaglianone 2008) na mata de restinga, onde *Pera glabrata* (Schott) Poepp. (Euphorbiaceae) apresenta o maior índice de cobertura vegetal (Assumpção & Nascimento 2000). Esta planta foi a mais utilizada por *X. ordinaria* como local de nidificação, correspondendo a 76% dos ninhos encontrados. Além da alta frequência de ocorrência e grande cobertura relativa, *P. glabrata* apresenta grande taxa de perfilhamento, que propicia maior ocorrência de galhos secos e que, juntamente com características da madeira, leve e macia, favorecem a escavação pelas fêmeas de *Xylocopa*. Outras espécies vegetais, como *Sideroxylon obtusifolium* (R. & S.) P. (Sapotaceae) e *Eugenia ovalifolia* Cambess (Myrtaceae) foram utilizadas com menor frequência. Essas espécies também apresentam características consideradas favoráveis à nidificação por *Xylocopa*, como madeira leve e macia e grande abundância na área. Os ninhos estudados na restinga sempre estavam localizados em galhos secos, em plantas vivas ou mortas, ou ainda em galhos quebrados, soltos sobre a vegetação. Em todos os casos, não havia sinal de rachaduras, característica também observada para outras espécies do gênero (Camillo & Garófalo 1982).

Os ninhos estavam dispostos em alturas que variaram de 30cm e 3,5m, sendo as maiores alturas encontradas somente na mata de restinga, onde o porte das espécies arbustivas e arbóreas é maior. Assim, a distribuição vertical dos ninhos parece estar diretamente relacionada com a altura da vegetação na fisionomia considerada (Bernardino & Gaglianone 2008). A arquitetura dos ninhos de *X. ordinaria* depende em grande parte do substrato utilizado. Ninhos construídos em galhos finos (cerca de 73% do total analisado) apresentam um único canal, enquanto que em substratos com maior diâmetro, foram encontrados até 4 canais.



**FIGURA 6.** Ninho de *Xylocopa ordinaria* em galho de *Pera glabrata* na restinga: **(A)** Fêmea à entrada do ninho; **(B)** Ninho aberto mostrando células. (c=célula, e=entrada); **(C)** ninho aberto em galho no ambiente natural. *Xylocopa frontalis* em mourão de plantio de maracujá: **(D)** Entrada do ninho; **(E)** Ninho aberto; **(F)** Macho à entrada do ninho; **(G)** Fêmea alimentando macho, com pólen de maracujá no tórax.

Atividades de construção de ninhos e forrageamento de *X. ordinaria* ocorrem ao longo do ano, com maior frequência de fundações e maior atividade nos ninhos entre julho e setembro, período coincidente com a maior frequência de fêmeas nas flores (item 2.3). Ninhos encontrados neste período estavam ocupados por uma a quatro fêmeas. A permanência de fêmeas jovens nos ninhos, já descrita para outras espécies, foi verificada para *X. ordinaria*, sendo interpretada como um tempo de maturação dos jovens.

## 2.5 - Populações de abelhas *Xylocopa*

Estimativas da representatividade das populações de abelhas são feitas comumente através de medidas indiretas como abundância e frequência das abelhas em visita às flores. Estimativas populacionais diretas são muito menos frequentes devido a diversos fatores, inclusive dificuldade de marcação dos insetos. Neste estudo, aplicamos a técnica de captura-marcação-recaptura (Brower *et al.* 1997) para avaliação do tamanho populacional de *Xylocopa* em duas áreas de cultivo do maracujá-amarelo de tamanho semelhante com cerca de 1,4ha e distantes 1km entre si. As abelhas foram capturadas e marcadas com tinta acrílica colorida no tórax. Para a marcação, as abelhas foram submetidas a baixas temperaturas, em frascos com gelo, para provocar a diminuição da atividade e possibilitar o seu manuseio. A primeira estimativa foi feita em uma das áreas, em junho de 2005. Foram estimadas populações de 43 *X. ordinaria* e 142 *X. frontalis*, em um total de 185 abelhas. Um censo realizado em agosto do mesmo ano nesta área revelou a presença de 96 ninhos ativos. Na segunda área, a estimativa populacional foi feita em novembro e resultou em um total de 184 indivíduos de *Xylocopa*. A contagem de ninhos nos mourões nesta última área no mesmo período indicou 95 ninhos em 1,4ha ou 68 ninhos/ha. Considerando todas as abelhas em atividade na área como residentes, estes dados indicariam uma relação média de aproximadamente duas abelhas em atividade para cada ninho. Através deste exercício, pode-se ter um parâmetro para avaliar o tamanho da população de abelhas em atividade através da contagem das entradas de ninhos ativos em uma área. No entanto, essa relação pode ser variável dependendo do período no ciclo reprodutivo das abelhas na ocasião da avaliação.

## 3. Manejo e Conservação

### 3.1 - Manejo de ninhos de *Xylocopa* em agroecossistemas

A fácil adaptação de algumas espécies de *Xylocopa* a ecossistemas agrícolas é um dos fatores que favorecem a utilização destas abelhas em programas de manejo sustentável de polinizadores.

Foi realizado um estudo da distribuição de ninhos de *Xylocopa* construídos nos próprios mourões utilizados na implantação dos cultivos de maracujá. Os resultados indicaram ninhos de *X. frontalis* e *X. ordinaria* neste substrato. Os diâmetros das entradas dos ninhos foram, em média,  $1,7\text{cm} \pm 0,27$  ( $n=32$ ) para *X. frontalis* e  $1,2\text{cm} \pm 0,14$  ( $n=42$ ) para *X. ordinaria*. Em uma área de 1ha foram contados 96 ninhos de *Xylocopa*. Em outra área de 1,5ha, a contagem foi feita em duas épocas: agosto e novembro de 2005. Em agosto, foram mapeados 74 ninhos, sendo 42 de *X. frontalis* e 32 de *X. ordinaria*. Em novembro, nesta mesma área, havia 92 entradas de ninhos ativos em 52 mourões. Dentre os mourões ocupados, 89% eram de eucalipto não tratado. O padrão de distribuição foi agregado e o número de ninhos por mourão variou de 1 a 3, sendo que ninhos das duas espécies foram escavados no mesmo mourão. A densidade de ninhos encontrada foi de 35 ninhos de *X. frontalis* e 31 de *X. ordinaria* por hectare. Estes resultados indicam aumento de 24% no número dos ninhos entre agosto e novembro. A taxa de frutificação nesta mesma área chegou a 50%, maior valor encontrado ao longo do estudo

em todas as áreas. Este fato parece estar relacionado à grande densidade de ninhos verificada. Fato que deve ser destacado é que esta área estava no seu primeiro ano de produção de maracujá-amarelo, sem problemas de pragas e o controle com inseticidas foi efetuado somente esporadicamente.

O estabelecimento destes ninhos ocorreu naturalmente, sem a introdução de substrato, exceto os próprios mourões utilizados na plantação. A utilização de mourões de madeira adequada, em estado seco e não tratado, e ainda a reutilização de mourões quando possível, pode ser a maneira mais simples de fornecer substrato para a nidificação e assim manter as populações de *Xylocopa* nas áreas de cultivo. No entanto, não deve ser aconselhada em áreas onde o controle de pragas através de agrotóxicos pulverizados seja intenso. Esta prática pode levar à morte todos os ninhos.

Neste caso, uma alternativa é a introdução e monitoramento de substratos adequados à nidificação, em área próxima ao cultivo. Iniciativas de criação e de manutenção de ninhos de *Xylocopa* tem tido sucesso, principalmente através do uso de ninhos-isca e caixas racionais na região Nordeste do Brasil (Oliveira Filho & Freitas 2003).

No primeiro caso, substratos para nidificação como tocos secos ou mourões antigos ou ainda gomos de bambus são oferecidos às abelhas para construção dos ninhos. A introdução de troncos apodrecidos ou secos na área de cultivo do maracujá é uma prática simples que pode ser aconselhada aos agricultores, a fim de manterem populações residentes de mamangavas na sua área, sem grandes custos à produção. No entanto, o uso racional e acompanhamento destes ninhos exigem informações básicas da espécie polinizadora para um manejo adequado.

A introdução de ninhos em tocos de madeira foi realizada com sucesso por Camillo (2003) em experimento que visava o aumento da densidade populacional de *Xylocopa* em área de cultivo de maracujá.

Gomos de bambus também têm sido sugeridos como uma técnica de ninhos-armadilha, pela praticidade no manuseio e facilidade de aquisição. Neste caso, os ninhos podem ser facilmente transportados entre áreas ou para estudos no laboratório. Esta técnica vem sendo utilizada em inventários da comunidade de Hymenoptera em ecossistemas nativos, além de estudos de comportamento, com grande sucesso (Morato 2000). A obtenção de ninhos de *Xylocopa* em gomos de bambus foi relatada por Camillo (2003).

Em novembro de 2004, foram dispostos feixes compostos de gomos de bambus de diâmetros variados até 3cm, em um total de 16 sítios de amostragem em fragmentos de mata de tabuleiro, mata de baixada e restinga. Em área de cultivo do maracujá-amarelo, a instalação dos ninhos foi feita em agosto de 2005 e os bambus foram dispostos em feixes presos a mourões de plantação e em um rancho construído próximo a uma área de cultivo de 2ha, onde os ninhos ficavam abrigados da chuva e sol intenso. O objetivo era avaliar a utilização do bambu como substrato de nidificação de *Xylocopa* em diferentes ambientes e o estabelecimento destes ninhos nas áreas de cultivo. As secções de bambu consistiam de gomos com 15 a 25cm de comprimento e paredes grossas, com no mínimo 2mm, conforme indicação de Camillo (2003). Além dos gomos de bambu, foram dispostos no rancho ninhos de *X. ordinaria* e *X. frontalis* estabelecidos em troncos cortados ou em galhos secos. Neste local, foram introduzidos também tocos de *Eucaliptus* sp. secos, na tentativa de atração das abelhas para nidificação.

Os resultados indicaram que ninhos-armadilha de bambu não foram eficientes para atração de *X. frontalis* nas áreas de vegetação nativa. O estudo dos ninhos naturais na restinga e na mata de tabuleiro indica que neste ambiente a disponibilidade de substrato autóctone é grande, o que faria provavelmente outros substratos menos atrativos. Nas áreas de maracujá, é possível que ajustes sejam necessários para o sucesso desta metodologia, já que um agricultor relatou a ocupação por *X. frontalis* de dois gomos de bambu que havia introduzido na plantação e temos observado a ocupação destes ninhos por *X. frontalis* em área antrópica. Estudos desenvolvidos em um rancho de nidificação nesta área (*Campus* da UENF) têm mostrado que ninhos trazidos em troncos têm se mantido pelo menos ao longo de quatro meses e novos ninhos foram construídos em troncos e gomos de bambu. Estas observações indicam que os ninhos podem ser mantidos nos ranchos em áreas de cultivo.

A distribuição agregada dos ninhos e atração das abelhas fundadoras a substratos onde já existam ninhos construídos foi uma característica observada também em ninhos naturais de *X. ordinaria*. Esta característica pode ser resultante da filopatria, comum em outras espécies do gênero, onde fêmeas tendem a construir seus ninhos nos mesmos locais onde emergiram (Camillo & Garófalo 1989). A marcação de abelhas à entrada dos ninhos instalados permitiu a observação individual em comportamentos de coleta de néctar nas flores do maracujá-amarelo na área de cultivo. Este dado indica que as fêmeas de ninhos introduzidos utilizam o maracujá como fonte de recursos.

Os dados sugerem que a introdução de ninhos em ranchos é uma técnica viável para a manutenção e reprodução dos ninhos nas áreas de cultivo. Além disso, é de baixo custo (cerca de R\$ 180,00 para a construção de um rancho de 2m de comprimento x 0,6 de largura e 2,0 de altura, para abrigo dos ninhos de *Xylocopa*). Este fator é fundamental, principalmente considerando que o tempo de permanência do plantio do maracujá-amarelo na mesma área na região tem diminuído, em função dos ataques constantes de pragas da lavoura. Em vista disso, o manejo de polinizadores nestas áreas deve prever instalações de baixo custo e que possam ser remanejadas entre áreas.

As caixas racionais são adaptações de caixas utilizadas na criação de *Apis mellifera*, consistindo de quadros dispostos pendurados verticalmente dentro de uma caixa de madeira resistente aberta no fundo. Segundo o modelo adaptado por Oliveira Filho & Freitas (2003), os quadros são construídos de madeira macia, que é escavada pelas fêmeas de *Xylocopa*, envolvidos cada um por duas lâminas de vidro que permitem a observação dos estágios de desenvolvimento dos ninhos e o estudo do comportamento das abelhas. Embora dados de Oliveira Filho & Freitas (2003) tenham indicado grande eficiência desta técnica em áreas de cultivo do maracujá-amarelo no Ceará, a construção destas caixas tornou-se inviável conforme custos obtidos na região de Campos dos Goytacazes-RJ. Uma estimativa indicou o valor mínimo de R\$250,00 por caixa (R\$100,00 de material e R\$150,00 de mão de obra). O custo elevado é devido principalmente à mão de obra, que exige grande precisão, habilidade e tempo. A inexistência de atividade apícola expressiva na região gera a ausência da prática na construção de tais materiais e a impossibilidade de adaptação a partir de caixas apícolas, devido à inexistência no mercado local. Outro fator de impedimento foi a grande dificuldade encontrada para obter no mercado madeira suficientemente macia e seca para a construção dos quadros. Mediante esta realidade, as caixas não seriam uma alternativa viável imediata para o manejo na região. Entretanto, o sucesso na obtenção de ninhos nestas caixas favorecerá o estudo do comportamento e acompanhamento individual das abelhas, além de estudos do ciclo de vida de *X. ordinaria* que trarão informações relevantes sobre esta espécie de importância na região.

### 3.2 - A pressão antrópica sobre os polinizadores e medidas para sua conservação

Originalmente cobrindo cerca de 15% do território nacional, a Mata Atlântica está atualmente restrita a 7% da sua cobertura original (Fundação SOS Mata Atlântica, 2008), distribuídos em remanescentes florestais relativamente isolados. No estado do Rio de Janeiro está restrita a 17% da sua cobertura original, distribuídos principalmente em pequenos remanescentes florestais. Destes, aproximadamente 4.300Km<sup>2</sup> estão protegidos em unidades de conservação, sob jurisdição federal e estadual.

Os ecossistemas de restinga têm sofrido intenso processo de degradação desde a colonização europeia, sendo o primeiro ecossistema a sofrer os impactos antrópicos, que somente muito tempo depois começaram a afetar os ecossistemas interioranos (Esteves & Lacerda, 2000). Atualmente as restingas continuam sendo submetidas a processos de degradação, que têm reduzido suas áreas continuamente, sendo mais graves a expansão imobiliária, a deposição de lixo sobre a vegetação e a remoção clandestina de areia (Rocha *et al.* 2003).

Igualmente, as florestas de baixada no Domínio Atlântico estão entre os ecossistemas mais ameaçados no estado (Rocha *et al.* 2003). Dentre elas, as matas estacionais de tabuleiro foram intensamente atingidas pelo extrativismo madeireiro e a ampliação da fronteira agropecuária, que a reduziram a cerca de 0,5% no norte-noroeste do Rio de Janeiro. A peroba-do-campo (*Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhl) é um exemplo deste extrativismo, que vem sendo registrado nos remanescentes de mata de tabuleiro há décadas. Como resultado desta exploração, esta espécie encontra-se em risco de extinção, sendo que em alguns fragmentos estudados já não é mais encontrada.

Um inventário da comunidade de abelhas realizado entre novembro de 2004 e novembro de 2005 em fragmentos de mata de tabuleiro de tamanhos diferentes e condições da vegetação revelou importantes diferenças com relação à riqueza e composição de espécies de abelhas. O fragmento menor (Mata do Funil) apresenta número de espécies e abundância de indivíduos menor do que o fragmento de maior tamanho (Mata do Carvão). Principalmente grupos de abelhas especializadas, como abelhas coletoras de óleos da tribo Centridini, apresentam grande redução de espécies. Dentro do maior fragmento observa-se também alteração na composição e riqueza entre áreas em diferentes condições de preservação, sendo que a área mais preservada apresenta maior riqueza e diversidade de espécies (Gaglianone 2006).

Com relação às espécies de *Xylocopa*, este mesmo levantamento indicou maior riqueza de espécies na Mata do Carvão (5 espécies), quando comparada a Mata do Funil (três espécies), de menor tamanho e pior estado de conservação. Deve-se levar em conta, entretanto, que o levantamento realizado com rede entomológica de alcance de até 2,5m de altura, é restrito não sendo possível a amostragem de visitantes de espécies arbóreas de porte médio e grande presentes, principalmente, na área mais conservada e de muitas lianas que abrem suas flores em alturas maiores. Isto significa que o resultado encontrado pode estar aquém da realidade, e especialmente a Mata do Carvão pode conter outras espécies não amostradas no estudo.

A comparação de riqueza e composição de espécies de visitantes florais entre as áreas de cultivo de maracujá-amarelo estudadas indica que áreas mais próximas de fragmentos florestais apresentam maior riqueza de espécies, com a ocorrência de maior número de potenciais polinizadores. Estes dados corroboram a importância dos fragmentos florestais para a preservação da biodiversidade e manutenção dos serviços ambientais, inclusive nas áreas agrícolas.

Além da riqueza e composição de espécies, a fragmentação e seus efeitos (alterações na incidência de luz e vento, aumento na densidade de espécies exóticas, extinção local de espécies) podem levar à redução na disponibilidade de recursos florais e locais de nidificação. Na restinga de Iquipari, a grande abundância de *X. ordinaria* está relacionada à alta densidade das espécies vegetais utilizadas para nidificação. Alterações na densidade de *P. glabrata* (veja item 2.4) certamente influenciariam na disponibilidade de substrato de nidificação para estas abelhas.

### 3.3 - O impacto da *Apis mellifera*

O impacto de *A. mellifera* na polinização do maracujá-amarelo foi registrado em trabalhos anteriores (Hoffmann *et al.* 2000). O principal atrativo para *A. mellifera* é o pólen, que é coletado até mesmo antes da antese, quando as pétalas ainda fechadas são afastadas por estas abelhas alcançando as anteras. Experimentos de exclusão de visitantes realizados nas áreas de cultivo (Vidal 2006) indicaram a total ineficiência de *A. mellifera* como polinizadores, indicando estas abelhas como pilhadores de pólen (**Tabela 2**). O pólen torna-se escasso após visitas desta abelha, impossibilitando a polinização, mesmo na presença de alta frequência de polinizadores. A retirada do pólen é muito rápida, sendo que a maior parte das visitas (cerca de 70%) não leva mais do que 10 segundos, tempo suficiente para a retirada de mais de 20% do pólen de uma antera. Este comportamento leva à rápida diminuição do pólen disponível à polinização e mesmo que o polinizador continue visitando as flores para coleta de néctar, o pólen torna-se escasso para a transferência entre as flores. Até mesmo a polinização manual fica prejudicada, pois não é possível conseguir quantidade suficiente de pólen para a transferência entre flores. Camillo (2003) sugere, inclusive, que seja feita uma coleta de flores em pré-antese como reserva de pólen para a polinização manual.

Embora a atividade de apicultura não seja de grande relevância na região, a presença das abelhas *A. mellifera* foi observada em todas as áreas de cultivo do maracujá-amarelo estudadas. Sua frequência acentuou-se no período de novembro a dezembro, quando chegou a representar mais de 90% das visitas às flores. Neste período, as taxas de frutificação não ultrapassaram 15% nos plantios. Este panorama mostra a importância de medidas de controle de *A. mellifera* na região, para a polinização do maracujá, no período de novembro a dezembro.

### 3.4 - Propostas para o manejo sustentável de *Xylocopa* em plantios de maracujá-amarelo

Tendo em vista os resultados apontados no presente plano, são aqui propostas práticas de manejo para espécies de *Xylocopa* em áreas de cultivo do maracujá-amarelo que visam ao uso sustentável destes polinizadores através da manutenção e incremento das suas populações nas áreas de cultivo e de sua conservação em fragmentos de vegetação natural, assim como dos recursos necessários a sua sobrevivência, o que deve também beneficiar outras espécies de polinizadores nativos.

A estratégia principal proposta é o estabelecimento de ranchos de nidificação na área de cultivo, com a introdução e adensamento de ninhos e oferta de substratos adequados em ranchos instalados. A proximidade a fragmentos florestais é desejada, em função de que não somente a densidade, mas a riqueza de espécies polinizadoras é maior nestas áreas, além da oferta de outros recursos necessários ao ciclo biológico dos polinizadores, como fontes de pólen. Propõe-se também que estas plantas nativas sejam utilizadas nas áreas de cultivo, assim como fontes alternativas de néctar em períodos de baixo florescimento (**Tabela 5**). Medidas de controle de *A. mellifera* devem ser tomadas como oferta de recursos alternativos e manejo de espécies vegetais invasoras próximas às áreas de cultivo.

Com relação ao maracujazeiro, as propostas baseiam-se no controle preventivo de pragas e supressão da utilização de agrotóxicos. A conservação dos ecossistemas nativos é essencial para a manutenção da diversidade biológica e dos serviços ambientais prestados e medidas são necessárias para a criação e implementação de unidades de conservação, além da fiscalização efetiva das unidades já existentes.

Estas propostas estão descritas a seguir.

#### 3.4.1 - Implantação de núcleos de nidificação nas áreas de cultivo

Recomenda-se a construção de ranchos cobertos, com a disposição agregada dos ninhos. O local de instalação é importante, devendo-se atentar para a instalação em local próximo ao cultivo, porém evitando áreas que sejam pulverizadas com inseticidas. A região estudada tem apresentado nos últimos anos um número crescente de problemas relacionados à fitossanidade, como doenças provocadas por fungos, bactérias e insetos, que levam o produtor ao uso de inseticidas com ação prejudicial às abelhas. A sugestão de uso destes produtos somente no período da manhã ou após às 16h00 diminui o risco de contaminação das abelhas, visto que estas não se encontram em atividade nas flores neste horário. No entanto, continua a ser um problema para ninhos escavados nos próprios mourões utilizados nas plantações. Estes mourões são muito utilizados quando não há outro substrato adequado disponível na área e a localização deste núcleo evitaria os riscos de contaminação de ninhos por agrotóxicos. De toda forma, o uso restrito destes agrotóxicos e a busca de alternativas ao seu uso, através do controle biológico e medidas de prevenção, são altamente recomendáveis. O ideal é que não sejam utilizados agrotóxicos durante o período das floradas.

O estabelecimento de núcleos pode beneficiar não somente um único produtor, mas vários pequenos produtores em áreas próximas. O plantio em pequenas áreas, de até 2ha constitui a realidade da maioria dos produtores de maracujá na região Norte Fluminense. Várias áreas estudadas estão dentro de assentamentos rurais, onde ocorre a diversificação em pequenas culturas. Por outro lado, alguns poucos agricultores detêm grandes áreas de plantio. Nestas áreas, a prática atual é a polinização natural em períodos de baixa floração e a utilização intensa de polinização manual em períodos de pico de floração. No entanto, dependendo da dis-

tância a qualquer fragmento florestal, a frequência de abelhas pode ser insuficiente mesmo em períodos de poucas flores. Estas áreas também podem se beneficiar da introdução de núcleos, através do incremento das populações de polinizadores, diminuindo a necessidade de polinização manual.

Os ninhos devem ser instalados tão logo haja recursos na área capazes de manter a população de polinizadores. O período de final da estação seca e início da chuvosa é o de maior abundância de *X. ordinaria* em populações naturais. Tanto esta espécie quanto *X. frontalis* apresentam mais de uma geração por ano e suas populações podem ser mantidas na área de cultivo, desde que preservadas as fontes de alimento.

Áreas mais próximas de fragmentos de restinga têm grande possibilidade de apresentarem alta abundância relativa de *X. ordinaria*. A instalação de caixas-isca ou outros substratos para nidificação devem levar em conta os substratos preferenciais desta espécie, evitando-se, porém, a retirada de substrato das áreas nativas. O plantio de *P. glabrata* na área de cultivo pode ser uma alternativa. A proximidade a áreas de vegetação nativa é recomendada devido a maior riqueza de potenciais polinizadores e oferta de plantas fontes de pólen. A implantação de áreas de cultivo distantes de fragmentos florestais implica na necessidade de suprir os polinizadores com recursos localmente. Deve-se, então, levar em conta as plantas de pólen preferenciais para as espécies polinizadoras, como plantas de anteras porcidas, como *Solanum* spp. e *Cassia* spp., e de fontes alternativas de néctar, em períodos de ausência de floração do maracujá. Outras espécies de *Passiflora* com antese em horário diferente, como *P. alata* (maracujá-doce) e *M. glaziovii*, podem ser utilizadas em consórcio com o maracujá-amarelo a fim de manter as abelhas o dia todo na área de cultivo.

### 3.4.2 - Manejo das plantas

O principal problema enfrentado atualmente nas áreas de cultivo do maracujá-amarelo no Norte Fluminense é a ação de pragas e doenças, que têm levado à baixa produtividade e redução do ciclo produtivo da lavoura. Períodos produtivos de três anos na década de 90, têm se reduzido a 1-2 anos, principalmente devido a doenças como fusariose, e à baixa rentabilidade da cultura. Tratos na implantação da cultura, como adubação, correção do solo, aração e cuidados fitossanitários resultam em alto rendimento na primeira produção. O ataque de pragas, comum a partir do segundo ano, leva ao desânimo por parte dos pequenos produtores, que em muitos casos abandonam a área ou mudam de cultura. A falta de cuidados gera ainda grande impacto em outras áreas através da disseminação das doenças e pragas. Medidas de controle são urgentes para que se mantenham controladas as populações de pragas e o desenvolvimento de fungos e bactérias. O controle é feito atualmente com o uso de agrotóxicos, altamente prejudiciais às populações de polinizadores. Parte desta utilização pode ser evitada se o controle preventivo for realizado com frequência, mantendo-se a cultura sadia, evitando o desgaste e uso do solo por tempo curto. O uso de controle biológico e outras medidas que visem à supressão da utilização de agrotóxicos são recomendados, evitando a contaminação não só das flores, mas também dos ninhos das abelhas na área.

O plantio em espaldeira vertical com um fio de arame é o usualmente adotado na região. Embora algumas iniciativas de cultivo em parreiras (tipo latada) tenham sido feitas em outras regiões, este sistema não foi aceito no Norte Fluminense principalmente em função da impossibilidade de polinização manual. A prática atual exige a polinização manual, bastante custosa ao pequeno produtor. O aumento das populações de polinizadores na área de cultivo e a proximidade a fragmentos florestais podem aumentar as taxas de frutificação diminuindo a necessidade de polinização manual, principalmente em pequenas áreas. Neste caso, o sistema de plantio em latada pode vir a ser empregado devido a vantagens observadas em outras regiões,

como facilidade para realizar os tratamentos culturais, proteção do solo e proteção dos frutos. A cultura do maracujá não é compatível com a atividade apícola. Embora não seja de tradição na região, a criação de *A. mellifera* deve ser evitada junto às áreas de cultivo do maracujá. A interferência desta espécie pode ser altamente prejudicial e são necessárias medidas que diminuam sua presença nas flores do maracujá, como a oferta de fontes alternativas de pólen para estas abelhas. A manutenção de plantas ruderais nas proximidades do cultivo e entre fileiras de plantio é uma prática recomendável, por conter fontes usualmente atrativas para *A. mellifera*, como diversas espécies invasoras de guanxuma (*Sida* spp., Malvaceae), evitando a pilhagem do pólen do maracujá. Outra espécie que se mostrou altamente atrativa para as abelhas melíferas é a aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), utilizada por *A. mellifera* como fonte de pólen e néctar (Cesário 2005). Esta espécie tem grande potencial paisagístico, medicinal e em programas de reflorestamento atua como facilitadora na recuperação de áreas degradadas (Kageyama & Gandara 2000). Além disso, seus frutos, conhecidos como “pimenta-rosa” são apreciados como condimento alimentar na cozinha nacional e internacional (Lenzi & Orth 2004), sendo explorados em áreas de restinga, inclusive nas restingas do Norte Fluminense como Grussaí/Iquipari (São João da Barra, RJ).

### 3.5 - Manejo dos ecossistemas associados (remanescentes florestais), fornecedores de alimento e habitat às espécies polinizadoras

Os ecossistemas no entorno da cultura do maracujá-amarelo no Norte Fluminense são, principalmente, remanescentes florestais de restinga e de mata de tabuleiro. Estas áreas estão atualmente bastante restritas e em estado precário de conservação. O Parque Nacional Restinga de Jurubatiba é a única área de restinga sob proteção federal no estado. A restinga de Grussaí/Iquipari é um exemplo de área de grande valor ambiental, que tem sofrido enormemente com a especulação imobiliária. A única unidade de conservação de mata de tabuleiro na região é a Estação Estadual Ecológica de Guaxindiba, criada em 2002, sob responsabilidade do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ). Este ecossistema também sofre forte pressão devido à expansão agropecuária e de exploração madeireira.

A manutenção de áreas florestais na propriedade agrícola é altamente recomendável, visando à manutenção de espécies polinizadoras nativas e espécies vegetais que forneçam recursos para estes polinizadores. Esforços governamentais são imprescindíveis para a manutenção das áreas protegidas através da fiscalização e rigoroso cumprimento da legislação, criação de novas unidades de conservação visando à conservação e recuperação dos ecossistemas de restinga e mata de tabuleiro na região Norte Fluminense, programas de recuperação das áreas nativas, iniciativas de educação ambiental, promovendo a conscientização da população local quanto ao valor ambiental das áreas protegidas e a importância da sua manutenção e proteção dos recursos naturais.

### 3.6 - Mensuração dos custos das práticas de manejo dos polinizadores

Os custos das práticas propostas envolvem a implantação e manutenção de núcleos de nidificação, o plantio de fontes de pólen para *Xylocopa* e alternativas de pólen para *A. mellifera* e a manutenção de áreas protegidas.

A implantação de núcleos de nidificação gera um custo de aproximadamente R\$ 180,00 por rancho instalado. A manutenção destes núcleos é também relativamente de baixo custo, relativo à troca de cobertura ou reparos esporadicamente. Considerando que as áreas tendem a ser utilizadas por no máximo dois anos, deve-se prever também a transferência destes núcleos para novas áreas.

Outros custos referem-se ao plantio de fontes de pólen para os polinizadores, assim como de plantas alternativas de pólen para *A. mellifera*. Este custo deve ser calculado em função da espécie escolhida. Além disso, a manutenção das plantas ruderais, como proposto neste plano, para utilização pelas abelhas de mel, pode diminuir o gasto com roças periódicas.

A polinização manual é prática usual na região e foi indicada por agricultores locais como uma das atividades de maior gasto relativo a custos de operação. A produtividade média na região em áreas que utilizam a polinização manual pode chegar a 35 t/ha/ano, enquanto que a produtividade em áreas que não a realizam não ultrapassa 12 t

/ha/ano. O gasto com a polinização manual é de cerca de 15% sobre os custos sem o uso desta prática. Na região Norte Fluminense o valor pago para a atividade de polinização manual está em torno de R\$ 10,00 a R\$ 15,00 dia/pessoa, com um custo total de R\$ 1.050,00/ha durante todo o ciclo de cultivo, sendo R\$ 450,00 no primeiro ano e R\$ 600,00 no segundo (N.J. Ponciano, comunicação pessoal). O uso de polinização manual gera um aumento de 192% na produtividade com um aumento de custo de cerca de 15%. Esta aparente vantagem apresenta vários pontos negativos, como o custeio da atividade e o uso de mão de obra não especializada, com necessidade de fiscalização.

Comparativamente, o custo de implantação de um rancho de nidificação é de cerca de R\$ 180,00, e pode aumentar a taxa de frutificação natural de 17 para 30%, sob condições médias de florescimento (até 50 flores abertas por dia por metro linear de espaldeira), se o número de abelhas em atividade nas flores chegar a 180.

### 3.7 - Avaliação dos impactos do manejo do(s) polinizador(es)

#### 3.7.1 - Impacto econômico sobre a produção agrícola

A utilização dos núcleos de nidificação deverá favorecer o aumento da população de polinizadores nas áreas de cultivo, aumentando a produtividade do maracujá-amarelo. Esta cultura tem sofrido com ataque de pragas e o desestímulo dos produtores frente aos altos custos de manutenção e mão de obra. O incremento da polinização natural deve favorecer principalmente o pequeno agricultor, em áreas menores e com resposta mais rápida. No entanto, espera-se que também áreas de grandes plantações sejam favorecidas, com a melhoria das condições locais para o estabelecimento dos ninhos dos polinizadores.

#### 3.7.2 - Impacto sobre o meio ambiente

Há expectativa de que as práticas propostas venham não só a aumentar a frequência de polinizadores, principalmente espécies de *Xylocopa*, nas áreas de cultivo do maracujá-amarelo, mas também favorecer o aumento da riqueza de espécies de abelhas nestas áreas. Além deste manejo sustentável de polinizadores, as propostas incluem também a utilização sustentável dos recursos naturais, auxiliando na própria mudança de atitude da população local, frente à importância de medidas ecologicamente sustentáveis.

A vegetação na região Norte Fluminense apresenta-se altamente fragmentada e a lista de espécies ameaçadas vem crescendo, sem ao menos se ter uma noção da diversidade real na região. Este fato é alarmante e medidas que visem à conservação da diversidade biológica são imprescindíveis.

O benefício da conservação dos polinizadores vai muito além das vantagens econômicas imediatas. A manutenção de populações de polinizadores e de áreas protegidas que constituem o hábitat destas espécies implica na manutenção da biodiversidade como fonte de polinizadores para outras plantas, de inimigos naturais de pragas, manutenção de recursos hídricos e outros serviços ecológicos vitais para a sustentabilidade das atividades econômicas e para a vida humana. Neste sentido, mais do que aumentar a produtividade, as práticas de manejo de polinizadores e de conservação da diversidade biológica são medidas urgentes e necessárias para a utilização sustentável dos recursos naturais.

### 3.7.3 - Impacto social do uso dos polinizadores na cultura do maracujá-amarelo

A dispensa de mão de obra para polinização não deve representar impacto social local, pois a realidade da região Norte Fluminense trata com áreas de tamanho muito pequeno (de até 1 ha), onde muitas vezes este serviço é desempenhado pelos próprios agricultores ou arrendatários, que não têm condições financeiras para o emprego desta mão de obra. Quando o fazem, é somente em períodos de intenso florescimento, contribuindo para a ocupação altamente sazonal deste pessoal. Além disso, a polinização manual gera problemas como a utilização de mão de obra não qualificada e sazonal, não oferecendo uma perspectiva de trabalho formal para os trabalhadores envolvidos nesta atividade.

O envolvimento da comunidade no estabelecimento e manutenção dos núcleos de polinizadores será essencial para o sucesso do manejo. Principalmente nas pequenas áreas de cultivo e nas áreas de assentamento rural, as pessoas diretamente envolvidas são os proprietários, que terão uma ação direta para a conservação dos polinizadores. Espera-se que este envolvimento venha difundir a importância de práticas que visam à manutenção da diversidade biológica.

## 3.8 - Estratégias para a implementação do Plano de Manejo

Para a implementação deste plano, propõe-se a instalação de núcleos de nidificação em três áreas inicialmente, abrangendo um raio de 40Km ao redor da Mata do Carvão. Uma delas seria em pequenos cultivos, com área de até 2 ha, em assentamentos rurais na região de Campos dos Goytacazes. Outra seria em áreas de cultivo maiores na região de Praça João Pessoa, em São Francisco de Itabapoana. Os produtores mostraram-se interessados em iniciativas visando à melhoria da polinização nas suas áreas. A terceira área seria a Fazenda Experimental da UENF, em plantios experimentais.

O acompanhamento do estabelecimento e reprodução dos ninhos nestas três áreas permitirá a comparação entre distintas realidades. Além disso, uma infra-estrutura montada nestas áreas permitirá observação e manutenção dos ninhos, análise das plantas e pólen coletado pelas abelhas, podendo também ser um local de encontro de produtores para divulgação de tecnologias.

Propõem-se cursos para orientação das pessoas diretamente envolvidas com o manejo, com o envolvimento de pesquisadores da UENF e técnicos da Emater-RJ. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro dispõe de uma área experimental e de infra-estrutura para os estudos e análises laboratoriais, além de corpo técnico para realização dos cursos de capacitação.

O manejo proposto é baseado nas experiências obtidas através do desenvolvimento do projeto Polinizadores do maracujá no Norte Fluminense. A replicação desta tecnologia em área maior deve ser ajustada, no sentido de que o manejo deve visar às espécies polinizadoras autóctones. Na nossa região, *X. ordinaria* mostrou-se um importante polinizador, com alta frequência, além de *X. frontalis*, que apresenta distribuição muito mais ampla.

O uso dos núcleos de nidificação, com aproveitamento dos mourões utilizados nas plantações também deve ser adequado a cada região. Embora a utilização de ninhos armadilha com bambu não tenha tido o sucesso esperado, o tempo de experimentação foi considerado curto e esta técnica deve ser testada juntamente com outros substratos nos núcleos.

#### 4. Referências Bibliográficas

AGUIAR, D.R.D., SANTOS, C.C.F. 2001. Importância econômica e mercado. In Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado (C.H. Bruckner & M.C. Picanço, eds.), Porto Alegre. Editora Cinco Continentes.

AGUIAR, W.M, GAGLIANONE, M.C. 2005. Floral visitors of Lecythidaceae in the Northern Rio de Janeiro. In Handbook of the Association for Tropical Biology and Conservation Meeting- Frontier in tropical biology and conservation. Uberlândia, MG. p.117.

AKAMINE, E. K. & GIROLAMI, G. 1957. Problems in fruit set in yellow passion fruit. Hawaii Farm Science 5:3-5.

ASSUMPÇÃO, J. & NASCIMENTO, M.T. 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no Complexo Lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. Acta Botânica Brasilica 14:301-315.

BENEVIDES, C.R. 2006. Biologia Floral e Polinização do maracujá-amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e de outras Passifloraceae da região Norte Fluminense, RJ. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

BENEVIDES, C.R., GAGLIANONE, M.C. & HOFFMANN, M. 2009. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. Revista Brasileira de Entomologia 53: 15–421.

BERNARDINO, A.S. & GAGLIANONE, M.C. 2008. Bernardino A.S., Gaglicone M.C. 2013. Comparisons in nesting biology of two sympatric carpenter bee species (Apidae: Xylocopini). Journal of Natural History, DOI: 10.1080/00222933.2012.763054 Nest distribution and nesting habits of *Xylocopa ordinaria* Smith (Hymenoptera, Apidae) in a restinga area in the northern Rio de Janeiro State, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia 52:434-440.

Bernardino A.S., Gaglianone M.C. 2013. Comparisons in nesting biology of two sympatric carpenter bee species (Apidae: Xylocopini). Journal of Natural History, DOI: 10.1080/00222933.2012.763054

BROWER, J.E., ZAR, J.H. & VON ENDE, C.N. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. WCB McGraw-Hill.

BRUCKNER, C.H. & PICANÇO, M.C. 2001. Maracujá tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado. Editora Cinco Continentes.

CAMARGO, J.M.F., GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER -GOTTSBERGER, I. 1984. On the phenology and flower visiting behavior of *Oxaea flavescens* (Klug) (Oxaeinae, Andrenidae, Hymenoptera) in São Paulo, Brazil. Beitrage Biology Pflanzen 59:159-179.

CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1982. On The binomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) In Southern Brazil. I - Nest construction and biological cycle. Revista Brasileira de Biologia 42:571-582.

- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1989. Social organization in reactivated nests of three species of *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae) In Southeastern Brazil. *Insectes Sociaux* 36:92-105.
- CAMILLO, E. 2003. Polinização do maracujá. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- CAMILLO, E., GARÓFALO, C.A. & MUCCILLO, G. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) In the Southern Brazil: Nest construction and biological cycle (Hymenoptera, Anthophoridae). *Revista Brasileira de Biologia* 46:383-393.
- CESÁRIO, L.F. 2005. Ecologia da polinização e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em área de restinga no Norte Fluminense. Monografia de bacharelado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- CORBET, S.A. & WILLMER, P.G. 1980. *Passiflora* and *Xylocopa*: Economic and evolutionary considerations. *Acta Botanica neerlandica* 29: 55.
- ESTEVEZ, F.A. & LACERDA, L.D. 2000. Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras. Nupem/UFRJ.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2008. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 2000-2005. Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, São Paulo.
- GAGLIANONE, M.C. 2005. An overview of the *Passiflora* projects of the PROBIO. In Handbook of the Association for Tropical Biology and Conservation Meeting- Frontier in tropical biology and conservation. Uberlândia, MG, Simpósio.
- GAGLIANONE, M.C. 2006. Centridini em remanescentes de Mata Atlântica: diversidade e interações com flores. In Anais do Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, v.7, simpósio 12:6-11.
- GERLING, D., VELTHUIS, H.H.W. & HEFETZ, A. 1989. Bionomics of the large carpenter bees (*Xylocopa*). *Annual Review of Entomology* 34:163-190.
- HOFFMANN, M., PEREIRA, T.N.S., MERCADANTE, M.B. & GOMES, A.R. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. *Iheringia Série Zoologia* 89:149-152.
- HOGENDOORN, K. & VELTHUIS, H.H.W. 1993. The sociality of *Xylocopa pubescens*: does a helper really helps? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 32:247-257.
- KAGEYAMA, P. & GANDARA, F.B. 2000. Revegetação de áreas ciliares. In *Matas Ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.): Editora Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, Brasil, p.1-40.
- LENZI, M. & ORTH, A.I. 2004. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Revista Biotemas* 17:67-89.
- MARCHI, P. & MELO, G.A.R. 2010. Biologia de nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, PR. *Oecologia Australis* 14:193-209.
- MENEZES, G.B. & GAGLIANONE, M.C. 2005. Recursos florais utilizados por *Xylocopa* spp. (Hymenoptera, Apidae) e sua importância como polinizador em matas estacionais de tabuleiro na região Norte Fluminense. In 10º Encontro de Iniciação Científica/Uenf, Campos Dos Goytacazes.

- MENEZES, G.B. 2007. Aspectos da biologia floral e do comportamento de forrageio dos visitantes de *Sparattosperma leucanthum* (vell.) Schum. (Bignoniaceae). Monografia de Bacharelado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos do Goytacazes.
- MICHENER, C.D. 2000. The bees of the world. John Hopkins University Press.
- MORATO, E.F. 2000. A técnica de ninhos-armadilhas no estudo de comunidades de Aculeata solitários. In Anais do Encontro Sobre Abelhas, Ribeirão Preto, v.4, p.111-117.
- MOURE, J.S. & J.M.F. CAMARGO. 1998 Uma nova espécie de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) do Brasil (Hymenoptera, Apoidea). Revista Brasileira de Entomologia 32:209-214.
- MOURE, J.S. 2008. Xylocopini Latreille, 1802. In Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region (J.S. Moure, D. Urban, & G.A.R Melo, orgs.). <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. (Acesso em 22 set 2010).
- OLIVEIRA-FILHO, J.H. & FREITAS, B.M. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de mamangavas em um modelo de ninho racional. Ciência Rural 33:693-697.
- PEREIRA, M. & GARÓFALO, C.A. 2010. Biologia de nidificação de *Xylocopa frontalis* e *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos armadilha. Oecologia Australis 14:193-209.
- RAMALHO, M., BATISTA, M.A. & SILVA, M. 2004. *Xylocopa* (*Monoxylocopa*) *abbreviata* Hurd & Moure (Hymenoptera:Apidae) e *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae): Uma associação estreita no Semiárido do Brasil Tropical. Neotropical Entomology 33:417-425.
- ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., ALVES, M.A.S. & SLUYS, M.V. 2003. A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. São Carlos, Editora Rima.
- RUGGIERO, C., SÃO JOSÉ, A.R., VOLPE, C.A., OLIVEIRA, J.C., DURIGAN, J.F., BAUMGARTNER, J.G., SILVA, J.R., NAKAMURA, K., FERREIRA, M.E., KAVATI, R. & PEREIRA, V.P. 1996. Maracujá para exportação: Aspectos técnicos da Produção. Brasília, Embrapa.
- SCHLINDWEIN, C., SCHLUMPBERGER, B., WITTMAN, D. & MOURE, J.S. 2003. O gênero *Xylocopa* Latreille no Rio Grande do Sul, Brasil (Hymenoptera, Anthophoridae). Revista Brasileira de Entomologia 47:107-118.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA E.A.B. 2002. Abelhas Brasileiras: Sistemática e identificação. Ed. dos Autores. Belo Horizonte.
- SOUSA, J.S.I., MELETTI, L.M.M. 1997. Maracujá: espécies, variedades e cultivos. Piracicaba: Editora FEALQ.
- SOUZA, M.M., PEREIRA, T.N.S. & MARTINS, E.R. 2002. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). Ciências Agrotécnicas Lavras 26:1209-1217.
- TEIXEIRA, C.G. 1994. Maracujá: Cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- VIANA B.F., KLEINERT, A.M.P. & SILVA, F.O. 2002. Ecologia de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) nas dunas litorâneas de Abaeté, Salvador, Bahia. Iheringia Série Zoologia 92:47-57.
- VIDAL, E.M.F. 2006. Forrageamento de *Apis mellifera* L. em flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região norte fluminense. Monografia de conclusão do curso. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos do Goytacazes.

### Proposta de manejo de polinizadores em espécies de Passifloraceae no Vale do Submédio do São Francisco

Kátia Maria Medeiros de Siqueira<sup>1</sup>; Lúcia Helena Piedade Kiill<sup>2</sup>; Francisco Pinheiro de Araújo<sup>3</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

A produção de maracujá é importante para o Brasil pela economia, pelo emprego intensivo de mão-de-obra, pela geração de renda com entrada de fluxo de caixa em intervalos curtos, por meio da colheita continuada da safra ao longo do ano e, ainda, por ser esta frutífera cultivada em quase todos os estados brasileiros.

O Brasil, com uma produção anual de cerca de 492.000 toneladas, ocupa a posição de maior produtor mundial de maracujá, sendo a região Nordeste responsável por cerca de 45% deste total, com destaque para os Estados da Bahia, Ceará e Sergipe (Agrianual 2006, IBGE 2006). Nas áreas cultivadas predominam as espécies *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., *P. edulis* Sims e *P. alata* Curtis, sendo que a primeira ocupa 95% do plantio comercial brasileiro (Araújo 2007).

O Vale do São Francisco, pólo de produção de fruticultura irrigada, conta hoje com cerca de 1.000 hectares cultivados de maracujá-amarelo, presentes principalmente nos municípios de Juazeiro–BA e Petrolina–PE (Araújo *et al.* 2005). Nessa região, os cultivos do maracujazeiro estão concentrados nos perímetros de irrigação, e são praticados principalmente, por pequenos produtores.

A análise dos custos de produção do maracujá na região revela que os gastos com insumos correspondem a 66,24% dos custos operacionais totais, sendo o conjunto dos adubos químicos o item mais oneroso. Os serviços, que correspondem a 33,76% dos custos operacionais totais, têm na polinização artificial a operação mais dispendiosa (16,09%) (Araújo *et al.* 2005).

1 Universidade do Estado da Bahia, Campus III DTCS, Juazeiro. Av. Egard Chastinet s/n, São Geraldo, 48905-680 - Juazeiro, BA. [katiauneb@yahoo.com.br](mailto:katiauneb@yahoo.com.br)

2 Embrapa Semiárido, Br 428, Km 152, s/n, zona rural, Petrolina-PE, C.P. 23, CEP 56.302-970, [kiill@cpatsa.embrapa.br](mailto:kiill@cpatsa.embrapa.br).

3 Embrapa Semiárido, Br 428, Km 152, s/n, zona rural, Petrolina-PE, C.P. 23, CEP 56.302-970, [pinheiro@cpatsa.embrapa.br](mailto:pinheiro@cpatsa.embrapa.br).

Atualmente, com o interesse do governo em dinamizar a pequena produção, o cultivo do maracujazeiro desponta como uma das culturas mais incentivadas nas áreas de colonização dos perímetros irrigados do semiárido, pelos relevantes impactos socioeconômicos que gera tanto dentro da unidade de produção como no entorno.

Além da produção de frutos, vem crescendo o interesse por produtos farmacêuticos e de cosméticos devido às qualidades farmacodinâmicas de diversas espécies de *Passiflora*. A floricultura é outro mercado em expansão, onde diversas variedades e híbridos vêm sendo desenvolvidos para fins ornamentais, despertando o interesse de muitos produtores.

No Vale do São Francisco, estudos com o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), o maracujá-doce (*Passiflora alata*) e o maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) foram feitos em áreas de cultivos comerciais e em campos experimentais da Embrapa Semiárido, detalhando-se as diferenças encontradas entre as três espécies, com ênfase ao maracujá do mato, por este ainda não ter sido abordado nos capítulos anteriores desse livro.

Dentro do gênero *Passiflora*, cerca de 200 espécies são originárias do Brasil, das quais 50 a 60 produzem frutos comestíveis (Martin & Nakazone 1970, Lima & Cunha 2004, Bernacci *et al.* 2003), sendo *P. edulis* a espécie mais cultivada em todo mundo, seguida de *P. alata* e *P. quadrangularis*. Para o Semiárido brasileiro são descritas 10 espécies, onde *P. cincinnata* é indicada como uma nova espécie de interesse agrônomo (Giuliette *et al.* 2006, Araújo 2007).

Esta espécie é descrita como de ampla distribuição na América do Sul, sendo registrada do leste do Brasil até o oeste da Bolívia, ocorrendo em campo rupestre, Caatinga, floresta estacional e Cerrado, sendo freqüente em ambientes perturbados (Killip 1938, Nunes & Queiroz 2001, 2006). No Brasil, há registro de ocorrência nos Estados do Pará, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Pernambuco, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (Lima & Cunha 2004).

O maracujá do mato apresenta potencial de mercado e, de forma particular, para a industrialização em pequenas fábricas caseiras, por se constituir em um produto diferenciado, de sabor característico, em comparação ao maracujá-amarelo. A vantagem do cultivo de *P. cincinnata* é sua natureza perene e sua resistência à seca, pois se desenvolve nos mais diversos solos da região semiárida, em condições absolutas de sequeiro. Esses frutos, isentos de agrotóxicos e sabor exótico, já são comercializados nas pequenas feiras livres em vários municípios do semiárido. O produto processado, na forma de geléia já começa a ser exportado para a Alemanha e Itália, sendo também consumido na merenda escolar dos municípios de Uauá, Curaçá e Canudos, na Bahia (Araújo *et al.* 2006).

Atualmente essa espécie vem sendo explorada apenas para subsistência e de forma extrativista. A integração da fruticultura às atividades de pequenas indústrias de beneficiamento e o processamento dos frutos em doces, geléias, mousse e sucos, sinalizam o mercado promissor para esse tipo de frutífera.

Além disso, essa espécie, por ser tolerante a doenças e pragas, por apresentar longevidade, período de florescimento ampliado e maior concentração de componentes químicos destinados à indústria farmacêutica, tem contribuído de forma importante em programas de melhoramento vegetal (Meletti *et al.* 2005).

### 1.1 - Conhecimento sobre a biologia floral das espécies de Passifloraceae

De modo geral, as flores são isoladas, hermafroditas, de simetria radial e apresentam estruturas reprodutivas que ficam posicionadas no centro da flor. O androceu é composto por cinco estames e o gineceu é formado por um ovário com muitos óvulos, três estiletos e três estigmas. Comparando as flores das três espécies estudadas, nota-se que estas diferem, principalmente, quanto à coloração e posicionamento das pétalas e dos filamentos da coroa (**Figura 1**).



**FIGURA 1.** Detalhe das flores de maracujá-amarelo (A), doce (B) e do mato, voltada para cima (C) e inclinada (D).

As características florais das três espécies estão na **Tabela 1**, foi observado que há variação quanto ao número de estigmas/flor, sendo esta observada principalmente em *P. cincinnata* (**Figura 2**). Fato similar foi registrado por Araújo (2007), que em um dos acessos estudados, observou que 75% das flores apresentavam 4 estigmas. Em relação ao posicionamento da flor na planta, somente em *P. cincinnata* observaram-se flores voltadas para cima e inclinadas (**Figura 1C, D**), sendo que neste último caso, os visitantes florais apresentavam dificuldade em pousar na flor.

A floração das espécies de maracujazeiro ocorre praticamente ao longo de todo o ano, tanto para as espécies cultivadas nas áreas irrigadas, como no caso do maracujá do mato em condições de sequeiro, podendo ser considerada como uma fonte constante de néctar e pólen para as abelhas. Quanto à abertura das flores, diferenças também são encontradas entre as espécies de maracujazeiro (**Tabela 1**). No maracujá doce e do mato, a abertura das flores ocorre no início da manhã, estando as flores totalmente abertas por volta das 5h00 e 6h00, respectivamente. A diferença observada entre essas espécies é que nas flores do maracujá doce

os filamentos da coroa permanecem erguidos, conferindo um formato tubular à flor (**Figura 1B**). Nas flores do maracujá-amarelo, a antese floral ocorre no início da tarde (13h00) e, nesta fase os filetes iniciam o movimento de curvatura para baixo, as anteras se abrem e ficam voltadas em direção à coroa. Comparando as três espécies, *P. alata* é a que apresentou maior tempo para a curvatura dos estiletes (**Tabela 1**).

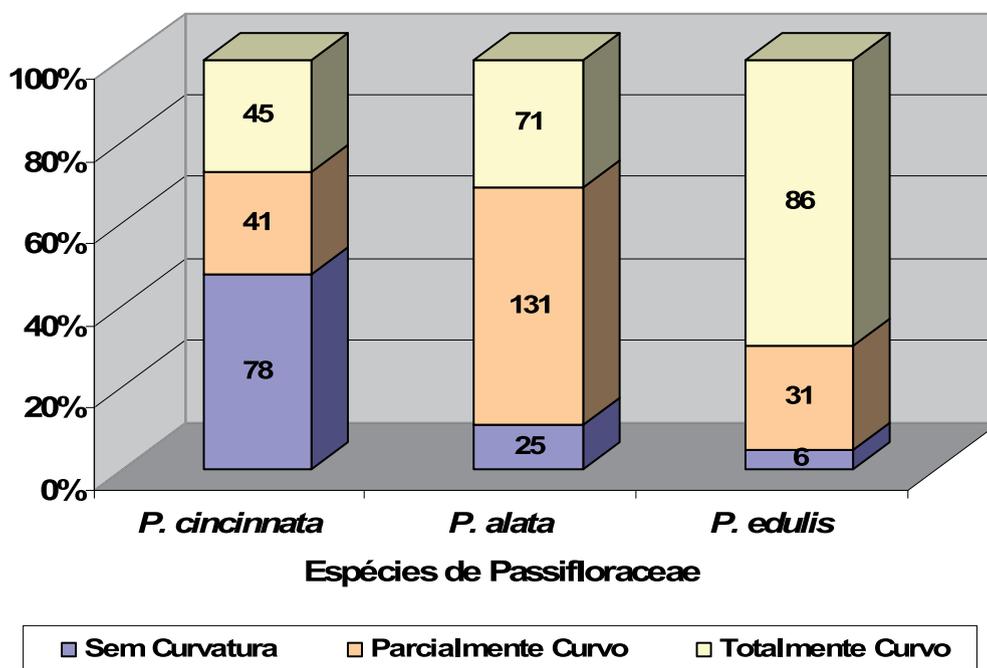


**FIGURA 2.** Flores de *Passiflora cincinnata* com dois, três, quatro e cinco estiletes.

**Tabela 1.** Características florais de *Passiflora cincinnata*, *P. alata* e *P. edulis* no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.

Características florais	<i>P. cincinnata</i>	<i>P. alata</i>	<i>P. edulis</i>
No. médio de óvulos	411	339	462
Diâmetro dos grãos de pólen (µm)	76,39	74,34	70,23
Viabilidade dos grãos de pólen (%)	98,8	94,1	98,9
No. de estigmas/flor (mínimo-máximo)	2-5	3	3-4
Volume médio de néctar/flor (µL)	196	222	100
Concentração média de açúcares (° brix)	40,64	33,16	46,54
Antese floral	6h00	5h00	13h00
Tempo de curvatura dos estiletes	2h	4h	1h10

Após o tempo normal para a curvatura dos estiletes, nota-se que *P. cincinnata* e *P. alata* apresentam mais de 65% de flores com estiletes parcialmente curvos (PC, cf. Ruggiero 1973, 1987) e sem curvatura (SC, cf. Ruggiero 1973, 1987), indicando que um número considerável de flores produzidas não forma frutos, porém serve como doadora de pólen. O inverso é observado no maracujá-amarelo, onde somente 30% das flores não estão aptas para a polinização (**Figura 3**).



**FIGURA 3.** Percentuais e números totais de tipos florais quanto à curvatura dos estiletos em flores de *P. cincinnata*, *P. alata* e *P. edulis* f. *flavicarpa*.

O tempo de vida da flor é de 12 horas no maracujá-amarelo e de nove horas no maracujá doce. No maracujá do mato, sendo que o murchamento das pétalas caracteriza o início da senescência floral. Fato semelhante foi registrado para cinco espécies de maracujazeiro em Campinas-SP (Koschnitzke 1983). Segundo Semir & Brown (1975) a duração das flores em Passifloraceae é curta, raramente se estendendo além de oito horas, indicando que esta característica pode estar adaptada ao período necessário para que os visitantes adequados consigam realizar a polinização.

Quanto ao sistema de reprodução, as maiores taxas de frutificação foram obtidas com polinização cruzada, indicando a ocorrência de sistema de incompatibilidade e que para isso o papel das abelhas é fundamental para a formação de frutos nas espécies de maracujazeiro (**Tabela 2**).

**Tabela 2.** Porcentagem de frutificação em maracujazeiro de acordo com o tipo de polinização.

Tratamentos	Porcentagem de frutificação	
	<i>P. edulis</i>	<i>P. cincinnata</i>
Controle (polinização natural)	10*	56
Autopolinização espontânea	0	0
Autopolinização manual	0	0
Polinização cruzada	73	30

\* Resultados obtidos na estação seca.

Comparando os valores das porcentagens de polinização obtidos em condições naturais, verifica-se que *P. cincinnata*, embora com altos percentuais de flores não aptas a polinização (estiletos parcialmente curvos e sem curvatura), apresentou valores superiores ao de polinização natural de *P. edulis*. Esta diferença pode ser atribuída às características da própria espécie e às condições locais do cultivo. No primeiro caso, destacam-se atrativos visuais (coloração da flor), olfativos (emissão de odor) e oferta de néctar em quantidades supe-

riores à de *P. edulis* (**Tabela 1**). No que se refere ao cultivo, *P. cincinnata* se apresentava cercado por vegetação nativa e, por se tratar de área experimental, a aplicação de agrotóxicos era reduzida e realizada no final da tarde, horário que não comprometia a visitação dos insetos.

Segundo Ruggiero (1987), as taxas ideais de frutificação sob condições naturais devem variar de 40 a 50%. Assim, verifica-se que nas áreas de cultivo comercial de maracujá-amarelo há déficit de polinizadores, fato não observado com o maracujá do mato. Deve-se ressaltar, ainda, que o sucesso reprodutivo encontrado na polinização natural para *P. edulis* pode estar subestimado, uma vez que não houve distinção entre os tipos florais durante a realização dos experimentos. Porém, em estudo realizado em Cruz das Almas (BA), verificou-se que há variação nas taxas de sucesso reprodutivo encontrado na polinização natural, indicando que mesmo sob condições ambientais semelhantes, o percentual de frutificação pode variar (Rojas & Medina 1996).

Quanto ao desenvolvimento e características morfológicas dos frutos, diferenças também foram encontradas nas três espécies (**Tabela 3**). No maracujá do mato, os frutos levam cerca de 280 dias para completar seu desenvolvimento, enquanto no doce e no amarelo, são necessários 110 e 60 dias, respectivamente. De acordo com Oliveira & Ruggiero (2005), por ser o período de desenvolvimento e maturação dos frutos de *P. cincinnata* mais demorado do que as espécies comerciais, isso permite que uma planta possa apresentar frutos de safras diferentes simultaneamente, indicando uma produção contínua de frutos ao longo do ano.

Comparando os parâmetros morfológicos, verifica-se que os frutos do maracujá-amarelo são maiores e mais pesados, apresentando o maior percentual de sementes viáveis. Já os frutos do maracujá do mato são menores, globosos e apresentam maior número de sementes/fruto e maiores porcentagens de sólidos solúveis totais (**Tabela 3**).

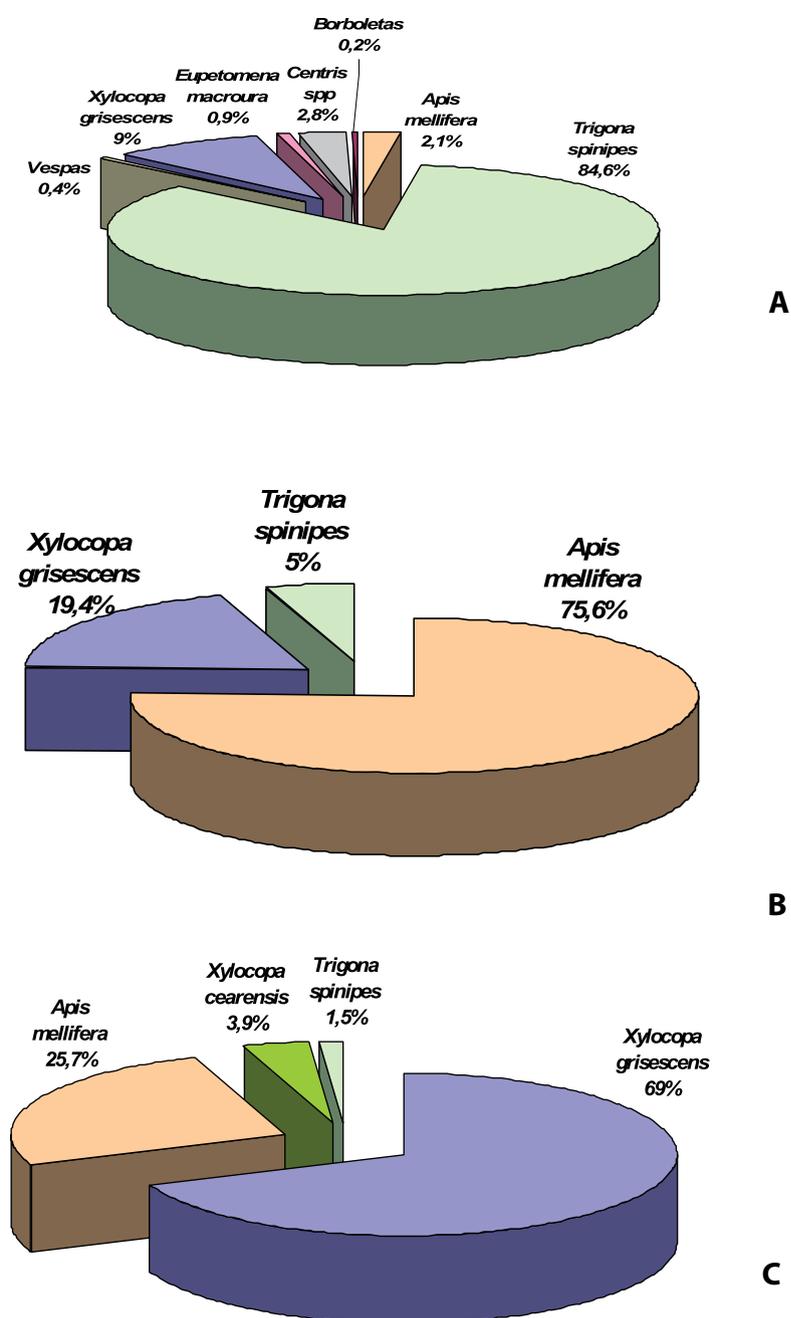
Dada a crescente demanda por frutíferas alternativas para a região Semiárida, o maracujá do mato se apresenta como uma opção viável por ser tolerante à seca, apresentar potencial produtivo, sabor exótico, resistência à doenças e ser valorizado no mercado de frutos orgânicos. Assim, são necessários estudos de prospecção genética para identificar ecótipos que apresentem tolerância às doenças-chaves, maior porcentagem de flores aptas à polinização (flores com estiletos deflexos) e menor tempo de desenvolvimento dos frutos.

**Tabela 3.** Valores médios do peso, comprimento, diâmetro, espessura, concentração de açúcares e número de sementes encontrados para os frutos de *P. cincinnata*, *P. alata* e *P. edulis* no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.

Características florais	<i>P. cincinnata</i>	<i>P. alata</i>	<i>P. edulis</i>
Peso (g)	131,34	82,03	164,17
Comprimento (mm)	64,52	86,32	81,95
Diâmetro (mm)	63,53	60,63	71,15
Espessura da casca (mm)	4,78	8,80	9,39
Concentração de açúcares (°brix)	11,15	5,84	8,81
No. de sementes/fruto	430,8	152,3	284,5
% de sementes viáveis	90,90	75,67	94,03

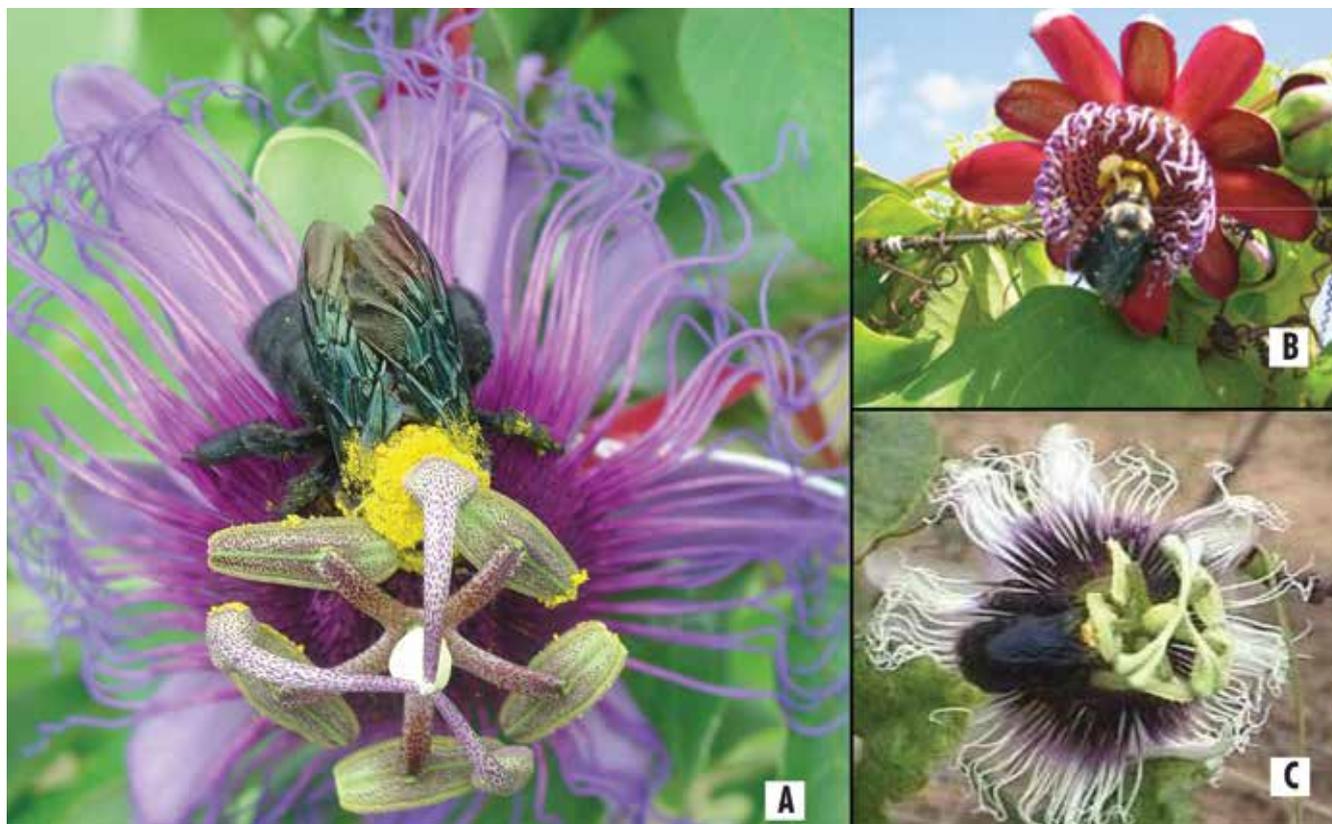
## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

No Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, as flores das espécies de maracujazeiro estudadas foram visitadas por abelhas, vespas, borboletas e beija-flor, sendo a maior diversidade de visitantes registrada no maracujá do mato (**Figura 4**).



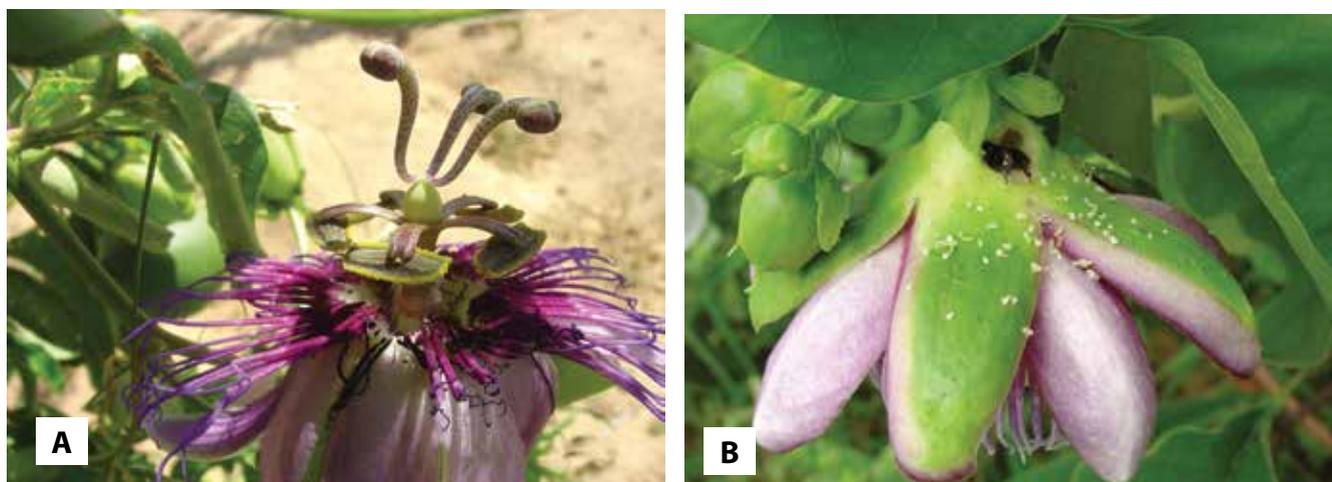
**FIGURA 4.** Visitantes florais das espécies de maracujazeiro e seus respectivos percentuais de visitas em (A) *P. cincinnata*, (B) *P. alata* e (C) *P. edulis*.

Entre os visitantes, somente *Xylocopa grisescens* apresentou comportamento e porte compatível ao tamanho das flores, sendo considerada como polinizador efetivo dessas passifloráceas (**Figura 5**). Comparando as três espécies, verificou-se que o maior número de visitas dessa abelha foi registrado nas flores de *P. edulis* f. *flavicarpa* (69%), seguido por *P. alata* e *P. cincinnata* com respectivamente 19,4% e 9,0% (**Figura 3**). Visitas de *X. cearensis* foram observadas somente em *P. edulis*, porém em consequência do porte inadequado da abelha em relação ao tamanho da flor, esta abelha pode ser considerada como polinizador eventual do maracujá-amarelo.



**FIGURA 5.** *Xylocopa grisescens* em visita as flores de *P. cincinnata* (A), *P. alata* (B) e *P. edulis* (C).

Dois comportamentos distintos de *Trigona spinipes* foram observados para o roubo de néctar. No primeiro caso, esta abelha dirigia-se para a câmara nectarífera, onde com o auxílio das peças bucais fazia pequenos orifícios, por onde coletava o néctar. Este comportamento foi observado nas três espécies de maracujazeiro estudadas. No segundo caso, foi observado que essas abelhas cortavam partes florais, principalmente os filamentos da coroa, para ter acesso à câmara nectarífera e, conseqüentemente, deixavam as flores danificadas e pouco atrativas para a visita (Figura 6). Este comportamento foi observado exclusivamente em *P. cincinnata*. Relatos de *T. spinipes* causando danos às flores de Passifloraceae foram registradas por outros autores (Lima *et al.* 1994; Sazima & Sazima 1989, Fandini & Santa-Cecília 2000), mostrando que esta abelha pode ser considerada como uma das principais “pragas” do maracujazeiro.



**FIGURA 6.** Danos causados por *Trigona spinipes* nas flores de *P. cincinnata* (A), *P. alata* (B).



A



B



C

**FIGURA 7.** *Apis mellifera* coletando pólen em *P. edulis* (A), néctar em *P. cincinnata* (B) e pólen em *P. alata* (C).

Além dos danos causados, essas abelhas apresentaram comportamento agressivo em relação aos outros visitantes florais, principalmente com as espécies de *Xylocopa*, impedindo que estes visitassem as flores das passifloráceas estudadas, fato também observado em *P. edulis* por Sazima & Sazima (1989).

Dada a alta frequência, *T. spinipes* pode ser considerada como um dos principais problemas para *P. cincinnata* no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, pois além de roubar o néctar, estas abelhas danificam as flores tornando-as pouco atrativas e inibindo a visita do agente polinizador.

Quanto à *Apis mellifera*, verificou-se que o maior número de visitas ocorreu nas flores de *P. alata*, seguida por *P. edulis* (**Figura 4**). Durante as visitas, essa abelha coletou néctar e pólen, sendo que no primeiro caso utilizava os orifícios já feitos por *T. spinipes*, caracterizando assim o roubo secundário deste recurso floral. Já em *P. cincinnata*, a coleta de néctar era realizada diretamente via opérculo, comportamento incomum em Passifloraceae (**Figura 7B**).

Quanto à coleta de grãos de pólen, esta foi realizada diretamente nas anteras de botões em pré-antese e flores recém-abertas das passifloráceas estudadas (**Figura 7A-C**). A comparação entre a carga de pólen retirada por *A. mellifera* e a presente em uma antera de *P. edulis* indicou que estas abelhas podem retirar, em uma única visita, o equivalente ao pólen disponibilizado por duas anteras (**Figura 8**). Lembrando que estas abelhas começam a visitar as flores mesmo antes da sua antese, a quantidade de pólen disponível estaria drasticamente reduzida no momento em que os estiletes estivessem totalmente flexionados, diminuindo assim a disponibilidade de grãos de pólen para a polinização natural e manual.

Fato semelhante é registrado em flores de *P. edulis* em outras regiões do Brasil, sendo *A. mellifera* considerada nociva para a polinização do maracujazeiro, uma vez que reduz drasticamente o suprimento de pólen que seria levado às outras flores no processo de polinização (Carvalho & Teófilo Sobrinho 1973, Camilo 2003).

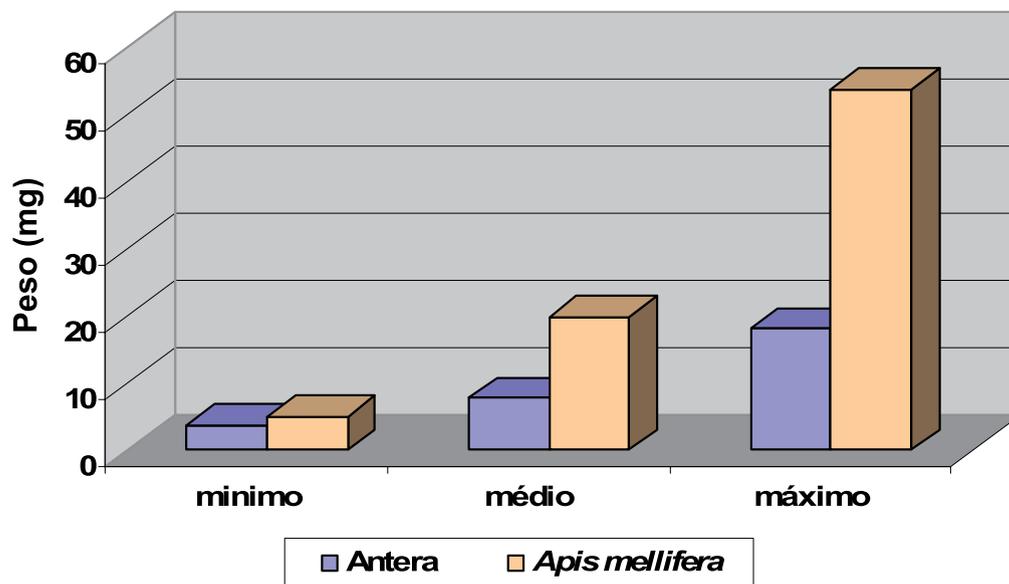


FIGURA 8. Comparação entre os valores mínimo, médio e máximo do peso da carga polínica de uma antera de *P. edulis* f. *flavicarpa* e da encontrada no corpo de *A. mellifera*.

Diante do impacto causado pelos pilhadores na cultura do maracujá, substâncias atrativas têm sido utilizadas para afastar esses insetos das flores (Malerbo-Souza & Nogueira-Couto 1996, Ribeiro & Nogueira-Couto 2000). No Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, experimento realizado com substâncias naturais e de fácil preparação em *P. cincinnata* indicou que a solução de café com açúcar foi a mais atrativa para os dois principais pilhadores (Figura 9), com redução em até 8 vezes no número médio de visitas de *T. spinipes* às flores do cultivo. Fato semelhante foi registrado para *A. mellifera*.

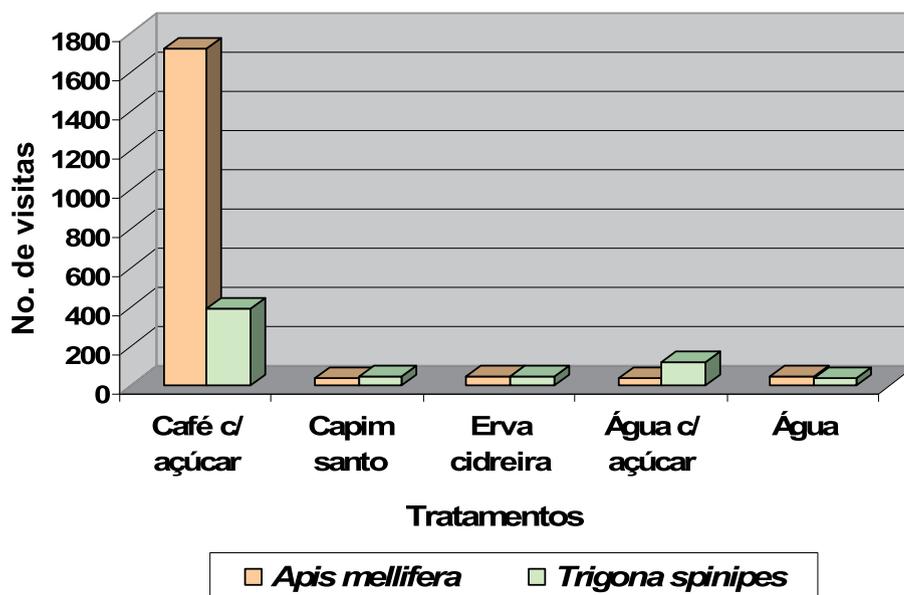
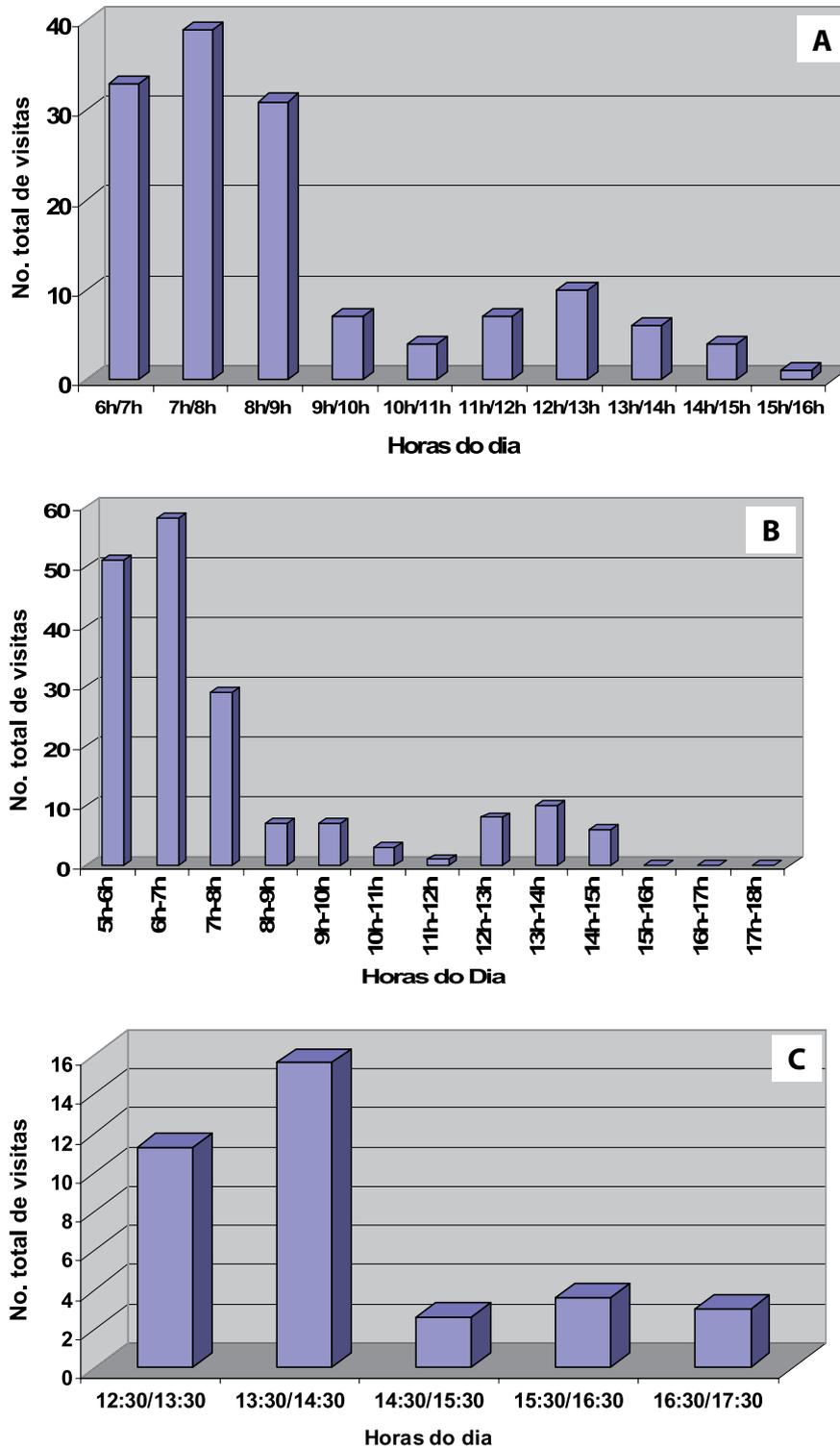


FIGURA 9. Número de visitas dos pilhadores de *P. cincinnata* em diferentes atrativos.

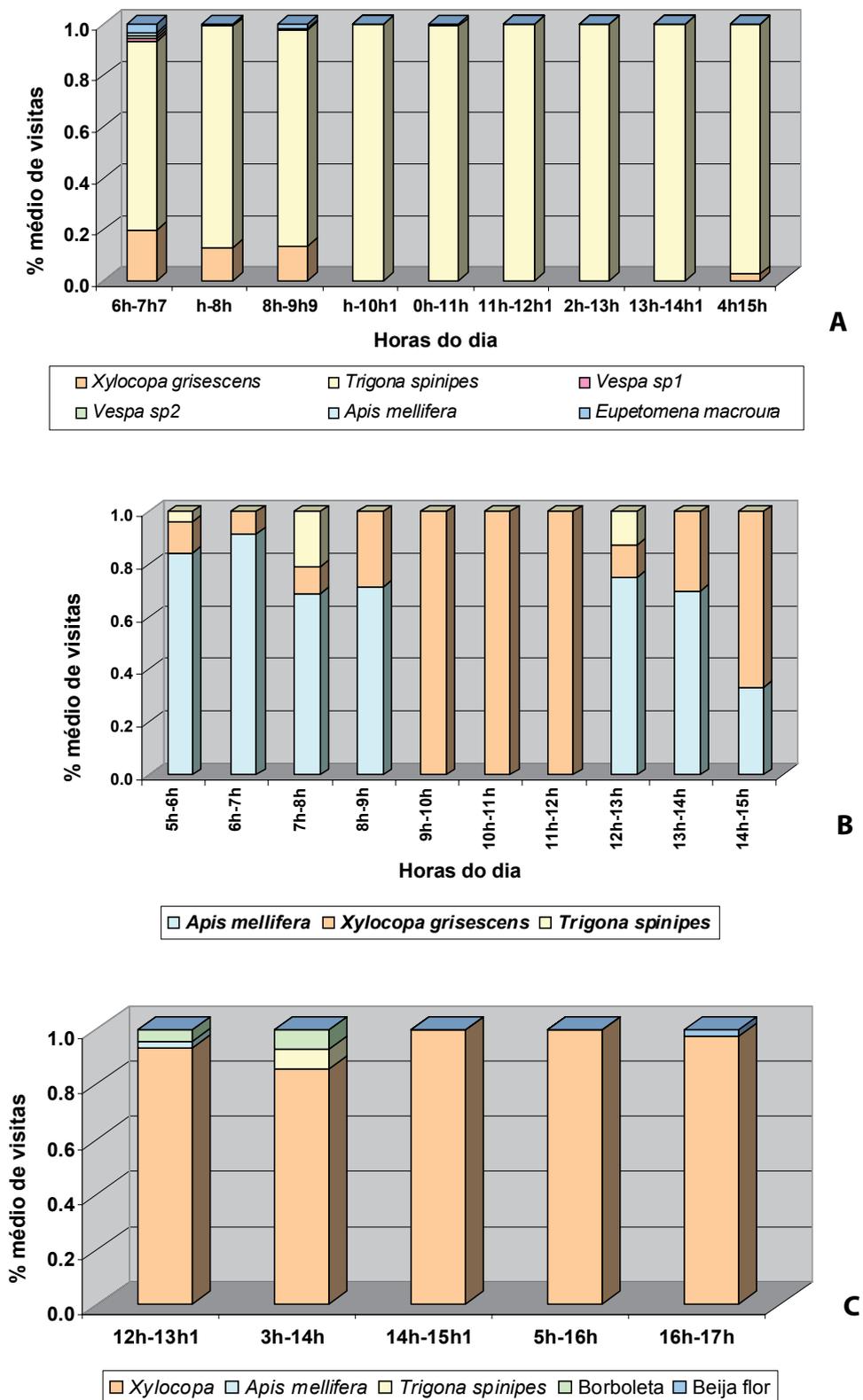
Assim, em áreas com problemas de pilhagem por *A. mellifera* e *T. spinipes* recomenda-se a colocação de atrativos nas proximidades da área de cultivo. Porém, estudos complementares são necessários para estimar a quantidade de recurso que deve ser colocada para minimizar a visitação dos pilhadores.

Com relação ao horário de visitas das abelhas, verificou-se que, nas espécies com antese no período da manhã, as visitas se concentram entre 5h00 e 9h00 (**Figura 10A-B**). Já nas flores de *P. edulis*, cuja antese é vespertina, verificou-se que o maior número de visitas ocorreu entre 13h30 e 14h30, concordando com o observado por Corbert & Willmer (1980). Assim, verifica-se que, independente do horário de abertura das flores, as visitas ocorrem com frequências maiores nas primeiras horas após a antese.



**FIGURA 10.** Número total de visitas por intervalo de tempo nas flores de *P. cincinnata* (A), *P. alata* (B) e *P. edulis* (C) no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.

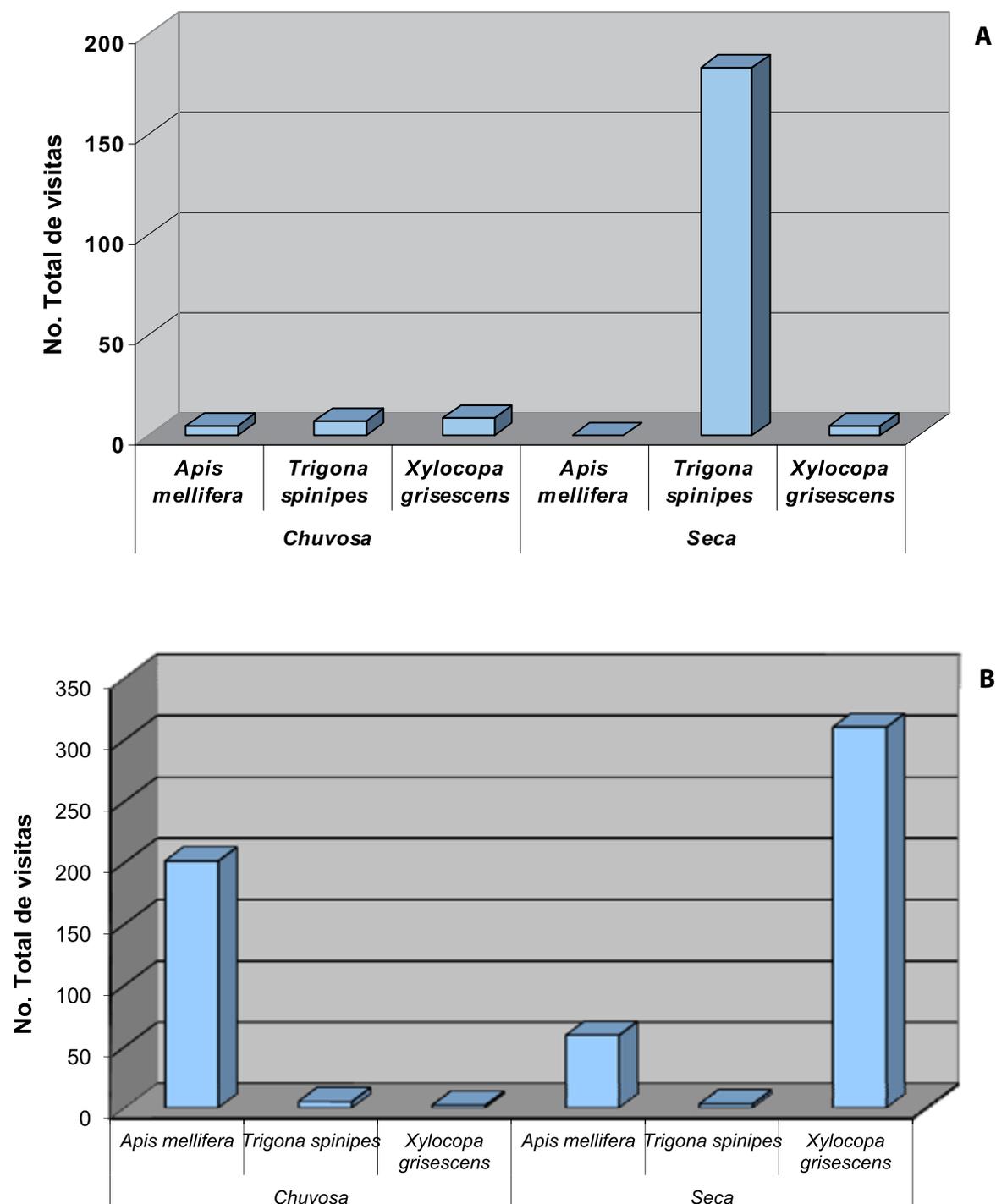
Analisando a frequência de visitação para as três espécies, verificou-se que em *P. edulis* a interferência dos agentes pilhadores foi menor, refletindo em maior visitação de *Xylocopa* em todos os horários. Já em *P. cincinnata* e *P. alata*, o inverso foi observado, com predominância de visitação dos pilhadores em quase todos os horários, o que alterou o padrão de visitação dos agentes polinizadores, comprometendo assim a eficiência dos serviços de polinização (**Figura 11**).



**FIGURA 11.** Percentual médio de visitas por intervalo de tempo dos visitantes florais de *Passiflora cincinnata* (A), *P. alata* (B) e *P. edulis* (C) no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.

Quanto à coleta de pólen, verificou-se que *A. mellifera* realizou este comportamento nas primeiras horas da manhã (**Figura 11B**) e da tarde (**Figura 11C**). Segundo Malerbo-Souza *et al.* (1998), esta abelha prefere coletar pólen no período matutino, sendo que a ocorrência de visitas vespertinas pode indicar uma escassez desse recurso no período da manhã.

Comparando as observações feitas na estação seca e chuvosa para *Passiflora cincinnata* e *P. edulis f. flavicarpa*, verificou-se que há sazonalidade na frequência de visitas. Na estação chuvosa, as visitas das abelhas nativas (*Xylocopa* spp e *T. spinipes*) foram baixas, sendo observado um aumento expressivo na estação seca. Este fato pode estar relacionado com a baixa oferta de alimento disponível na vegetação nativa do tipo Caatinga hiperxerófila na estação seca (**Figura 12**).



**FIGURA 12.** Número total de visitas das principais abelhas em *P. cincinnata* (A) e *P. edulis f. flavicarpa* (B) na estação chuvosa e seca, no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.

Entre as espécies nativas da Caatinga (**Figura 13**), há registros das visitas dessas abelhas em flores das famílias Bignoniaceae, Sterculiaceae, Leguminosae, Convolvulaceae e Capparaceae (Machado 1990, Piedade 1998, Silva 2004).

Nos ecossistemas agrícolas, *Mangifera indica* (manga) e *Psidium guava* (goiaba) se destacam como fontes de néctar e pólen, respectivamente. No que se refere às invasoras de cultivo, são citadas *Senna alata*, *S. occidentalis*, *Crotalaria retusa*, *Macroptilium martii* e *Waltheria rotundifolia* (Siqueira 2007, Kiill *et al.* 2000). Das espécies exóticas cultivadas na região, a gliricídia (*Gliricidia sepium*, Leguminosae) e a moringa (*Moringa oleifera*, Moringaceae) também são visitadas por essas abelhas (Kiill & Drumond 2001).

Na Caatinga, as abelhas do gênero *Xylocopa* constroem os ninhos em árvores mortas, fazendo galerias ramificadas, em troncos e moirões, e ninhos não ramificados em ramos delgados ou em caules ocos, principalmente de umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*, Burseraceae) (Zanella & Martins 2003).



**FIGURA 13.** *Xylocopa* sp. em visita às flores de espécies nativas. (A)- *Canavalia brasiliensis*; (B)- *Dioclea grandiflora* (Leguminosae); (C)- Bignoniaceae e (D)- *Ipomoea longistaminea* (Convolvulaceae).

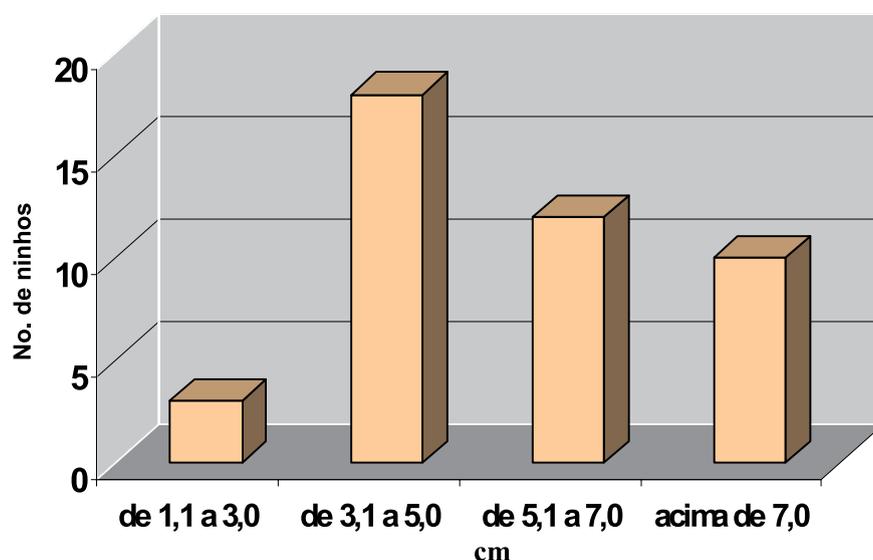
Em levantamento feito em área degradada no entorno de cultivo de *P. edulis* f. *flavicarpa* localizadas no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, registrou-se cerca de 44 plantas/ha de *C. leptophloeos*, nas quais duas espécies de *Xylocopa* (*X. grisescens* e *X. frontalis*) foram observadas, sendo que deste total, 65% eram de *X. grisescens*. Porém, em levantamento realizado em área nativa conservada, Siqueira (2007) registrou densidade superior desta planta (212 plantas/ha), indicando que as áreas do entorno estão sob forte ação antrópica.

Quanto à localização dos ninhos nas plantas, observou-se que o maior número foi encontrado em troncos com 3,0 a 5,0cm de diâmetro (**Figura 14**), numa altura que variou de 130cm a 290cm do solo, com uma média de um ninho/ha (**Figura 15**).

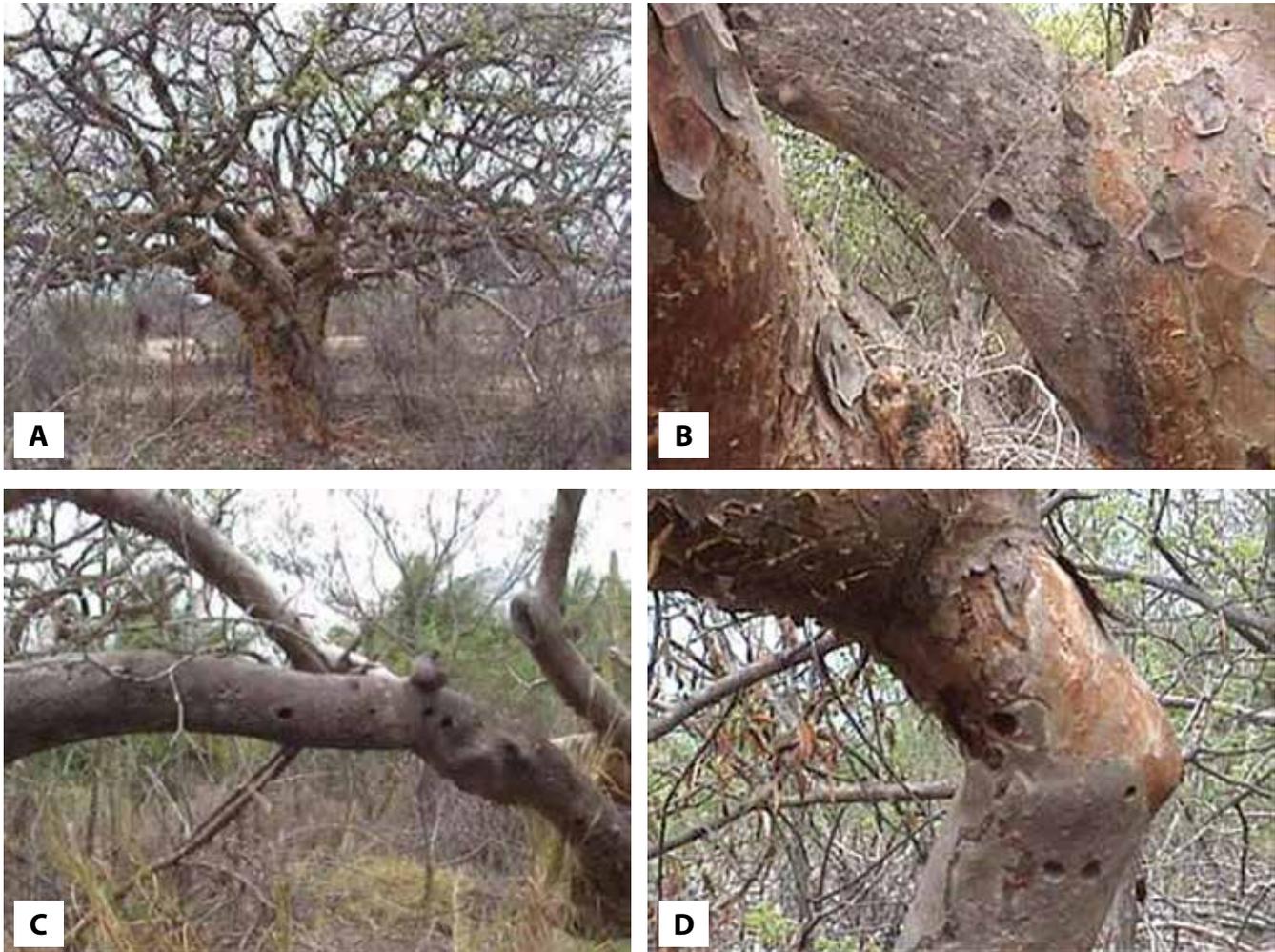
Em observações feitas em áreas com outras frutíferas, registrou-se a presença de ninhos de *Xylocopa* em troncos de mangueira (*Mangifera indica*), coqueiro (*Cocos nucifera*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), nas estacas e espaldeiras usadas nos cultivos de uva e maracujá (**Figura 16**).

Em tentativa feita com o objetivo de atrair a população de abelhas em plantio de maracujazeiro, colméias racionais para mamangavas (cf. Freitas & Oliveira Filho 2001) foram introduzidas em plantios de *P. cincinnata*, *P. alata* e *P. edulis* f. *flavicarpa*. Porém os resultados não foram satisfatórios, uma vez que não houve povoamento das caixas. Cerca de 6 meses após a instalação das colméias, foram registrados indicativos de que as abelhas visitaram os ninhos por meio da presença de grãos de pólen depositado na entrada. Este fato discorda das observações feitas por Oliveira-Filho & Freitas (2003) no Ceará, que em menos de um ano obtiveram de 18 a 52% de povoamento dos ninhos racionais, o que pode estar relacionado com a disponibilidade de substrato para nidificação nas áreas do entorno do cultivo.

Assim, a limitação dos serviços de polinização nos plantios comerciais no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA pode estar associada a vários aspectos como a rápida redução da vegetação nativa nas proximidades dos plantios, aumento do número de plantios próximos, aumento das áreas cultivadas (terra contínua), aplicação de agrotóxicos nos horários de visitação, competição com outros visitantes florais e por apresentar organização parassocial.



**FIGURA 14.** Frequência do diâmetro do tronco de umburana de cambão (*Commiphora leptophloeos*, Burseraceae) utilizado para nidificação de *Xylocopa* spp., em área de Caatinga, no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA.



**FIGURA 15.** Ninhos naturais de *Xylocopa* spp. encontrados na Caatinga. (A)- vista geral da árvore, (B, C, D)- detalhe da entrada do ninho.



**FIGURA 16.** Registro de ninhos naturais de *Xylocopa* em áreas cultivadas. (A, B) - fêmeas de *X. grisea* na entrada do ninho; (C)- macho na entrada do ninho.

### 3. Manejo e Conservação

#### 3.1 - Propostas de manejo

Diante dos estudos de ecologia da polinização feitos para os cultivos de maracujazeiros no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, as abelhas *X. grisescens* e *X. frontalis* são consideradas como os principais agentes polinizadores dessas passifloráceas. Vale ressaltar que os impactos causados pelos pilhadores devem também ser considerados, uma vez que, além dos danos causados às flores, os mesmos interferem no comportamento de visita das mamangavas. Com base nessas informações, algumas propostas de manejo são apresentadas tendo em vista a facilidade de adoção das mesmas e sua implementação pelos produtores.

##### 3.1.1 - Oferta de recursos alimentares alternativos para os polinizadores

A oferta de fonte alimentar suplementar é um aspecto que deve ser priorizado para atrair e manter as mamangavas nas áreas de cultivo. Neste sentido, uma opção seria conciliar o cultivo do maracujá-amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa*) com o maracujá do mato (*P. cincinnata*), uma vez que no primeiro a antese das flores ocorre no período da tarde e, no segundo, no período da manhã. Com esse consórcio, haveria uma oferta contínua de recursos florais para as mamangavas ao longo do dia, evitando que as mesmas necessitassem se afastar do local para complementar sua dieta.

Outra vantagem do cultivo do maracujá do mato é sua natureza perene, sua resistência à seca, necessitando de poucos tratos culturais. Essa passiflorácea, em condições irrigadas, apresentou floração constante, podendo ser considerada como uma fonte contínua de néctar para as abelhas ao longo do ano.

Por outro lado, o agricultor teria a possibilidade de diversificar sua produção, uma vez que seus frutos apresentam sabor exótico e já vêm sendo comercializados nas feiras-livres de vários municípios da região. Os estudos conduzidos até o momento pela Embrapa semiárido revelam que sua produtividade pode chegar a 9 t/ha, sendo essa produtividade considerada bem menor do que a do maracujá-amarelo. Porém, lembrando que cerca de 70% das flores dessa espécie não são aptas para a polinização em virtude da não deflexão dos estiletos, a busca por acessos que apresentem maior número de flores aptas pode contribuir para aumentar a produtividade da espécie.

Outra alternativa que pode ser adotada pelo produtor como fonte complementar de recursos para as mamangavas seria associar o cultivo do maracujá-amarelo com outras frutíferas perenes, como a mangueira e a goiabeira (*Psidium guajava*), ou então com hortaliças, como abóbora (*Cucurbita* sp.) e tomate (*Lycopersicon esculentum*), que servem como fonte néctar e/ou pólen. Dessa maneira, o produtor ofertaria outras fontes de recursos para as mamangavas, ao mesmo tempo em que poderia diversificar sua produção, aproveitando melhor a área de cultivo e, conseqüentemente, melhorando sua rentabilidade, o que seria importante uma vez que, no Pólo Pretolina-PE/Juazeiro-BA, o cultivo do maracujá é praticado principalmente por pequenos produtores.

A manutenção da vegetação nativa é outro ponto relevante, visto que as flores de inúmeras plantas são fontes importantes de pólen e néctar para as mamangavas. Assim, medidas devem ser tomadas no sentido de reforçar a manutenção da Caatinga, aumentando as áreas de preservação no entorno dos perímetros irrigados, como também no monitoramento dos lotes, no sentido de se manter as áreas de sequeiro e Reserva Legal

dentro dos limites estabelecidos pelo código florestal e demais instrumentos legais. A conservação dessas áreas deveria ser mais valorizada uma vez que as mesmas servem como corredores ecológicos, que seriam de fundamental importância para a formação de mosaicos e manutenção do fluxo entre populações.

A criação de formas de incentivos fiscais por meio de leis e decretos municipais e estaduais, para propriedades que mantenham essas áreas com vegetação nativa também deve ser avaliada na forma de políticas públicas a serem adotadas para a região.

### 3.1.2 - Oferta de locais para nidificação para polinizadores

A oferta de substrato para nidificação é outro ponto que deve ser considerado entre as estratégias de manejo de mamangavas para o Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, dada a pressão antrópica que as áreas nativas vêm sofrendo.

Nos perímetros irrigados, o avanço das áreas cultivadas tem levado ao desmatamento das áreas de sequeiro, bem como à diminuição das áreas de reserva. Com essa alteração da paisagem, as áreas de vegetação nativa têm ficado reduzidas a pequenas manchas, cercadas por culturas. Essas ilhas de vegetação ainda são alvo de extrativismo para diversos fins, seja para retirada de lenha, carvão, madeira, entre outros.

Entre as espécies nativas exploradas encontra-se a umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*, Burseraceae), cujas cascas e sementes são utilizadas pela medicina popular no tratamento das vias respiratórias e afecções da bexiga e a madeira é utilizada em marcenaria e no artesanato local, sendo empregada na confecção das carrancas, pela facilidade do manuseio da madeira pelo artesão. Além disso, por estar associada com abelhas nativas, esta espécie tem sido alvo de meleiros, que geralmente queimam os troncos das árvores para coletar o mel. Assim, a pressão desorientada de exploração tem levado a uma redução do tamanho das populações dessa espécie e, conseqüentemente reduzindo os locais de abrigo e nidificação para abelhas.

Desta forma recomenda-se que um levantamento cuidadoso de outras plantas associadas com ninhos de abelhas, principalmente do gênero *Xylocopa*, seja feito e que, baseado neste levantamento, medidas sejam adotadas para que essas espécies sejam consideradas como imune ao corte, a exemplo do que foi recentemente recomendado para a umburana-de-cambão (Recomendação GT-Caatinga nº 01, de 30 de agosto de 2006). Com essa medida, espera-se garantir a manutenção dos locais de reprodução e abrigo nas proximidades da cultura, com oferta de alimento e substrato para nidificação das abelhas.

No caso específico dos polinizadores de frutíferas, outro ponto importante é a manutenção dos agentes polinizadores nas áreas de cultivo. Nesse sentido, algumas estratégias poderiam ser utilizadas, destacando-se entre elas a oferta de substrato para a nidificação (ninhas naturais ou racionais), aproveitando os troncos de árvores mortas, áreas que foram desmatadas ou restos de culturas, como por exemplo, troncos de mangueira e de coqueiro. Outra alternativa que poderia ser adotada pelo produtor seria a utilização de estacas de umburana-de-cambão para confecção de cercas. Estas estacas frequentemente enraízam, produzindo novas plantas, formando cercas vivas, que poderiam servir como substrato para nidificação das abelhas.

A introdução de ninhos naturais já vem sendo praticada por alguns produtores de maracujá da região, indicando que os serviços de polinização já começam a ser valorizados, principalmente na época em que a polinização manual não é economicamente viável. Porém, a forma como vem sendo praticada é preocupante. A retirada de troncos de umburana-de-cambão da vegetação nativa, já ocupados por mamangavas (*Xylocopa* spp.), está sendo feita de forma extrativista e desordenada, comprometendo a sobrevivência das árvores. Por

outro lado, o desconhecimento do ciclo reprodutivo das abelhas e da forma adequada de manejo tem levado à morte dos indivíduos adultos, causando perdas significativas nas populações. Assim, torna-se evidente a necessidade de cursos informativos e da sensibilização dos produtores quanto ao manejo desses insetos.

### 3.1.3 - Alternativas para minimizar o impacto de pilhadores

A oferta de atrativos florais para pilhadores é outro ponto que deve ser destacado, em virtude dos danos que essas abelhas podem causar à cultura do maracujazeiro, seja pela retirada dos grãos de pólen (no caso de *A. mellifera*) ou pela pilhagem de néctar (no caso *T. spinipes*). Além de reduzir o suprimento de pólen essencial para a reprodução, à retirada de néctar e os danos causados às flores, bem como o comportamento agressivo desses pilhadores, podem levar à uma redução do número de visitas do agente polinizador.

A utilização de repelentes para *A. mellifera* é uma prática comum, podendo-se utilizar o extrato de alho (*Allium sativum* L.), cânfora (*Artemisia camphorata*) e citronela (*Cymbopogon nardus* L.), sendo o óleo desta última considerado como o repelente mais eficiente (Ribeiro & Nogueira-Couto 2000, Malerbo-Souza & Nogueira-Couto 1998).

Outra prática que também pode ser adotada seria a oferta de alimento protéico, no período da manhã, horário preferencial de coleta de pólen por *A. mellifera*. Desta forma, o alimento poderia ser oferecido em bandejas, que podem ser colocadas nas proximidades da área cultivada. Entre as várias misturas utilizadas pelos apicultores, a combinação de trigo (3 partes), fubá (3 partes) e mel (3 a 6 partes) é uma opção de baixo custo (aproximadamente R\$ 0,50 por 200 gr.) e que tem dado resultado na atração dessas abelhas.

Como fonte alimentar energética, “café com açúcar” e “água com açúcar” são atrativos recomendados para *A. mellifera* e *T. spinipes*, sendo esta estratégia considerada como uma opção de baixo custo e de fácil adoção pelo produtor.

### 3.1.4 - Sensibilização dos produtores

A sensibilização dos produtores é um ponto fundamental no processo, visto que a maioria ainda tem pouca informação a respeito dos serviços de polinização oferecidos pelas abelhas. Esse desconhecimento leva a adoção de manejos culturais inadequados para atrair, manter e conservar os polinizadores nas áreas de cultivos.

Neste sentido, cursos, dias-de-campo, palestras e outras formas de divulgação devem ser realizadas em associações, nos distritos de irrigação, nas escolas, orientando os produtores na adoção de medidas que venham incrementar a permanência das abelhas na área. Uma dessas medidas é incentivar a manutenção das plantas invasoras de cultivos, que são fontes alternativas de néctar e pólen para as mamangavas.

Orientações no uso e aplicação de agrotóxicos também devem ser feitas no sentido de alertar os produtores para evitar que esses produtos sejam utilizados nos horários de pico de visitação, causando a morte de muitas abelhas. Assim, a recomendação é orientar os produtores para a aplicação de produtos no final da tarde, quando as flores já estão fechadas e, conseqüentemente a frequência de visitas é menor.

A sensibilização para a utilização de produtos orgânicos que não prejudiquem as abelhas é outro ponto que deve ser adotado. Além disso, deve ser valorizada a aplicação de inseticidas e fungicidas específicos para a cultura, e estes devem ser aplicados quando as plantas manifestarem níveis de danos significativos.

A conscientização dos produtores de que os serviços de polinização prestados pelas abelhas são de uso coletivo é outro ponto que deve ser discutido e, se não houver um trabalho conjunto nos perímetros irrigados, adotando técnicas e manejos mais sustentáveis, esses serviços podem ficar prejudicados. Neste sentido, a produção de materiais de divulgação, como “folders”, cartilhas, vídeos, bem como a realização de cursos de sensibilização e capacitação são imprescindíveis para reverter o processo.

### 3.1.5 - Perspectivas futuras: criação de abelhas em ninhos racionais

Alternativas de locais de nidificação e fontes de alimento usados na intenção de aumentar o número de mamangavas nos plantios podem não ser suficientes para recuperar e manter níveis de polinização ao longo dos anos. Segundo Freitas & Oliveira-Filho (2001), um grande problema destas técnicas é que não permitem o criatório racional das mamangavas e, conseqüentemente o produtor não possui meios de controlar o número de abelhas na área, de inspecionar o interior dos ninhos para acompanhar o desenvolvimento das larvas, de combater doenças, predadores e parasitas e de identificar as condições do grupo de abelhas que habita um determinado ninho, que são fatores importantes para assegurar que a população de mamangavas seja adequada às necessidades de polinização da cultura e da área em questão.

Testes preliminares feitos no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA mostraram que o nível de ocupação dos ninhos racionais pelas abelhas foi nulo, sendo que a ausência de abelhas nos ninhos racionais pode ser atribuída a oferta de substrato (alta frequência de umburana de cambão- *Commiphora leptophloeos*) nas proximidades e vegetação de entorno.

Porém, esta alternativa deve ser considerada, e estudos complementares devem ser feitos para ajustar a metodologia às condições locais. Além disso, incentivos devem ser dados aos pequenos produtores para que estes possam adotar tal estratégia, uma vez que os custos com a implantação dos ninhos racionais são superiores àquele dos ninhos naturais.

Desta forma, para o cenário encontrado no Pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA em relação às Passifloraceae aqui abordadas, é necessário levar em conta não só os aspectos inerentes a esta frutífera, mas também ao agroecossistema nos quais estes cultivos estão inseridos. Assim, alternativas propostas devem integrar as diversas atividades produtivas para que as necessidades dos serviços de polinização sejam otimizados de forma sustentável.

## 4. Referências Bibliográficas

AGRIANUAL. 2006. São Paulo: FNP, 2006. p. 359-365.

ARAÚJO, F. P. 2007. Caracterização da variabilidade morfoagronômica de maracujazeiro (*Passiflora cincinnata* Mast.) no semiárido brasileiro. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 94p.

ARAÚJO, F. P., KIILL, L. H. P. & SIQUEIRA, K. M. M. 2006. Maracujá do mato: alternativa agroindustrial para o semiárido. Petrolina, PE. Embrapa – CPATSA, folder.

ARAÚJO, J. L. P., ARAÚJO, E. P. & CORREIA, R. C. 2005. Análise do Custo de Produção e Rentabilidade do Maracujá Explorado na Região do Submédio São Francisco. Petrolina, PE: Embrapa –CPATSA, 4p. (EMBRAPA CPATSA, Circular Técnica 122).

- BERNACCI, L. C., MELETTI, L. M. M. & SOARES-SCOTT, M. D. 2003. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 25(2).
- CAMILO, E. 2003. Polinização do maracujá. Ribeirão Preto: Holos editora. 44p.
- CARVALHO, M. & TEOFILSO SOBRINHO, J. 1973. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. na produção do maracujazeiro. IN: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Viçosa-MG, 2: 421-424.
- CORBET, S. & WILLMER, P. G. 1980. Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. Journal Agricultural Science Cambridge, 95: 655-666.
- FANDINI, M. A. M. & SANTA-CECÍLIA, L. V. C. 2000. Manejo integrado de pragas do maracujazeiro. IN: A cultura do maracujazeiro. Informe Agropecuário, 21: 29-33.
- FREITAS, B. M. & OLIVEIRA FILHO, J. H. 2001. Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas. Fortaleza, Banco do Nordeste, 96p.
- GIULIETTI, A. M.; CONCEIÇÃO, A. A. & QUEIROZ, L. P. 2006. Instituto do Milênio do semiárido – Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido Brasileiro. 1. ed. Recife. Associação Plantas do Nordeste. 488p.
- IBGE 2005. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Produção Agrícola Municipal, 2005, disponível no site: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) consultado em 14.07.2007.
- KIILL, L. H. P. & DRUMOND, M. A. 2001. Biologia floral e reprodutiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae-Papilionoidae) na região de Petrolina. Ciência Rural 312 : 597-601.
- KIILL, L. H. P.; HAJI, F. N. P. & LIMA, P. C. F. 2000. Visitantes florais de plantas invasoras de fruteiras irrigadas. Scientia Agrícola 57: 575-580.
- KILLIP, E. P. 1938. The American species of Passifloraceae. Publications of the Field Museum of Natural History, Botanical Series 19: 1-613.
- KOSCHNITZKE, C. 1993. Morfologia e Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae). Dissertação de Mestrado. Campinas-SP, Instituto de Biologia Vegetal, UNICAMP. 81p.
- LIMA, A. de A. & CUNHA, M. A. P. da. [Ed.]. 2004. Maracujá: produção e qualidade na passicultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 396 p. il.
- LIMA, A. A.; SANTOS FILHO, H. P.; FANCELLI, M.; SANCHES, N. F. & BORGES, A. L. 1994. Controle de pragas, p. 37-55. In: ANDREOTTI, C.M. (ED.), Maracujá, EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 74p.
- MACHADO, I. C. 1990. Biologia floral de espécies da caatinga no município de Alagoinha (PE). Tese de Doutorado. Instituto de Morfologia e Sistemática Vegetais, UNICAMP, 245p.
- MALERBO-SOUZA, D. P.; TOLEDO, V. A. A.; COUTO, L. A. & NOGUEIRA-COUTO, R. H. 1998. Uso de tela excludora de rainha no alvado e seus efeitos na atividade de coleta e no desenvolvimento de colônias de *Apis mellifera*. Acta Scientiarum 20: 383-386.
- MALERBO-SOUZA, D. T. & NOGUEIRA-COUTO, R. H. 1996. Uso de repelentes para abelhas *Apis mellifera* em cana-de-açúcar picada para gado bovino confinado. Anais do II Encontro sobre Abelhas de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP, p. 305.

- MALERBO-SOUZA, D. T. & NOGUEIRA-COUTO, R. H. 1998. Efeitos de atrativos e repelentes sobre o comportamento da abelha (*Apis mellifera* L.). *Scientia Agricola* 55: 388-394.
- MARTIN, F. W. & NAKASONE, H. Y. 1970. The edible species of *Passiflora*. *Economic Botany*, New York, 24: 333-343.
- MELETTI, L. M. M., SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C. & PASSOS, I. R. da S. 2005. Melhoramento genético: passado e futuro. IN: FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N.T.V. & BRAGA, M.F. (ed.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, cap. 3: 55-78.
- NUNES, T. S. & QUEIROZ, L. P. de. 2001. A família Passifloraceae na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitientibus –Serie Ciências Biológicas* 1: 33-46.
- NUNES, T. S. & QUEIROZ, L. P. 2006. Flora da Bahia: Passifloraceae. *Sitientibus –Serie Ciências Biológicas* 6: 194-226.
- OLIVEIRA, J. C. & RUGGIERO, C. 2005. Espécies de maracujá com potencial agrônomo. IN: FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V. & BRAGA, M. F. (ed.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina: Embrapa Cerrados, cap. 6: 143-158.
- OLIVEIRA-FILHO, J. H. & FREITAS, B. M. 2003. Colonização e biologia reprodutiva de *Xylocopa frontalis* em um modelo de ninho racional. *Ciência Rural* 33: 693-697.
- PIECADE, L. H. 1998. Biologia da polinização e reprodutiva de sete espécies de Convolvulaceae na caatinga do sertão de Pernambuco. Campinas, 108p. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas - Instituto de Biologia, Unicamp
- RIBEIRO, A. M. F. & NOGUEIRA-COUTO, R. H. 2000. Atrativos e repelentes para *Apis mellifera*. . In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, Ribeirão Preto, 4: 343.
- ROJAS, G. G., MEDINA, V. M. 1996. Vingamento de frutos do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 18: 283-288.
- RUGGIERO, C. 1987. Cultura do maracujazeiro. Ribeirão Preto, Editora Legis Summa. 250p.
- RUGGIERO, c. 1973. Estudos sobre floração e polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Tese (Doutorado em Ciências) Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. 92p.
- SAZIMA, I. & SAZIMA, M. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 33: 109-118.
- SEMIR, J. & BROWN JR., K. S. 1975. Maracujá: a flor da paixão. *Revista Geográfica Universal* 2: 40-47.
- SILVA, V. C. 2004. Biologia floral e sistema de reprodução de duas espécies de *Chamaecrista* (Leguminosae) ocorrentes em Buíque-PE. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 72p.
- SIQUEIRA, K. M. M. 2007. Ecologia da polinização de frutíferas na região do Vale do Submédio do São Francisco. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 210p.

ZANELLA, F. C. V. & MARTINS, C. F. 2003. Abelhas da Caatinga: Biogeografia, Ecologia e Conservação. In: Leal, I.R.; Tabarell, M.; Silva, J.M.C.. (Org.). Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife: Editora Universitária, UFPE, p. 75-134.



### Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomates

Maria José de Oliveira Campos<sup>1</sup>; Marcos Aparecido Pizano<sup>1</sup>; José Chaud Neto<sup>1</sup>; Osmar Malaspina<sup>1</sup>; Gleiciani Burger Patrício<sup>1</sup>; Elizandra Goldoni Gomig<sup>1</sup>; Roberto Leung<sup>2</sup>; Luceli de Souza<sup>3</sup>; Lucilia do Carmo Giordano<sup>4</sup>; Jerônimo Kahn Villas-Boas<sup>5</sup>; Eduardo Magalhães Borges Prata<sup>1</sup>; Bruno Ferreira<sup>1</sup>; Thais Essington Brown<sup>1</sup>; Huang Shih Fang<sup>1</sup>; Diana Leb Sasaki<sup>1</sup>; Elisa Silva Soares Souza<sup>1</sup>

#### 1. Caracterização da espécie polinizada

##### 1.1 - Origem, distribuição geográfica, uso e produção, com referência especial para o Brasil

O tomate é originário da região andina da América Latina, ocorrendo originalmente desde o sul da Colômbia até o sul do Chile. Seu cultivo para uso na alimentação humana teve início no México e durante o século XVI já era empregado na alimentação na Espanha e na Itália.

Hoje o tomate figura como um dos principais produtos no mercado internacional, sendo produzidos cerca de 125 milhões de toneladas de frutos anualmente, que geraram, em 2005, cerca de três bilhões de dólares (FAO 2006).

No Brasil, o tomate é uma das principais culturas olerícolas em importância econômica, graças à flexibilidade de seu uso. O cultivo de tomates assume importância significativa tanto em termos de área cultivada como em termos de produtividade e de retorno econômico. Dados da FAO (2006) colocam o Brasil como nono produtor no ranking mundial, com produção de cerca de 3 milhões de toneladas por ano. As regiões Sudeste e Centro Oeste respondem por 74% da produção nacional. Os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás abrigam 56% da área plantada e produzem 66% de todo o tomate colhido nessas regiões. O comércio do tomate orgânico movimentou em 2003, 250 milhões de reais com a produção de 50 mil toneladas (Carvalho da Silva *et al.* 2003).

1 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia. Caixa postal: 192, Av. 24A; N. 1515, Bela Vista, 13506-900 - Rio Claro, SP. mjoc@rc.unesp.br

2 Universidade Federal de Mato Grosso

3 Universidade Federal do Espírito Santo

4 Faculdade Municipal Professor Franco Montoro

5 Universidade Federal da Paraíba

## 1.2 - Características dos sistemas agrícolas onde se cultiva a espécie

O tomate produzido para consumo “in natura” é cultivado mediante tutoramento, enquanto aquele destinado à industrialização pode ser cultivado sem estaqueamento. Quando produzido em pequena escala, como parte da produção em pequenas propriedades, é comum o cultivo aberto. Mais raro é o emprego de estufas abertas lateralmente ou completamente fechadas. As **Figuras 1-3** ilustram essas diferentes formas de condução do cultivo.



**FIGURA 1** – Tomate cultivado em estufa semi-aberta, manejado de acordo com os princípios do cultivo orgânico na região de Araraquara.



**FIGURA 2** – Tomate em cultivo aberto, com tutoramento, manejado de acordo com as técnicas de cultivo convencional, na região de Araraquara.

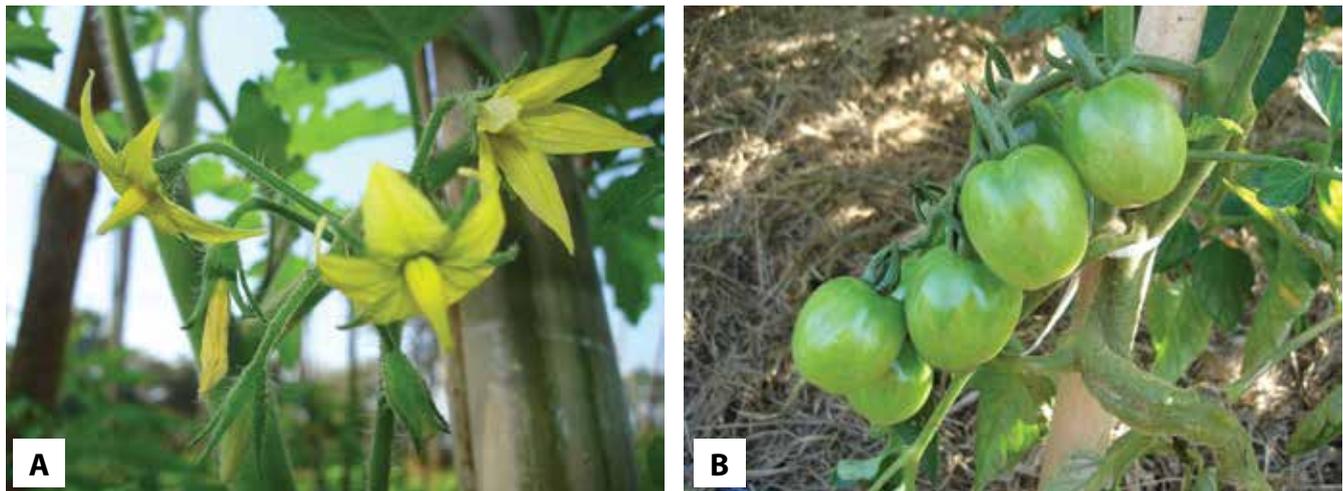


**FIGURA 3** - Tomate em cultivo aberto sem tutoramento, manejado de acordo com as técnicas de cultivo convencional, na região de Araraquara.

### 1.3 - Conhecimentos sobre a biologia floral e polinização

O tomate é uma cultura de ciclo relativamente curto. A colheita de frutos se inicia de 50 a 60 dias após o florescimento, ou de 90 a 120 dias após a semeadura. O período de floração se estende por cerca de cinco a seis semanas, assim como a frutificação.

A flor do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é hermafrodita e autopolinizada. Os estames formam um tubo em torno do pistilo (**Figura 4**) sendo que um leve movimento na flor é suficiente para que o pólen caia dos estames sobre os estigmas. No entanto, a polinização espontânea é altamente dependente de fatores climáticos, que podem interferir na liberação, dispersão e viabilidade dos grãos de pólen. Uma maior eficiência no processo de polinização é conseguida quando abelhas vibram as flores e as anteras, em busca de pólen, e, por movimento da musculatura torácica (**Figura 5**), liberam uma nuvem de pólen que recobre seus corpos e os estigmas. A ausência de polinização pode ser, pelo menos em parte, responsável pela grande porcentagem de queda de botões, com prejuízo da produção (Greenleaf & Kremen 2006).



**FIGURA 4** – (A) Flores de tomateiro mostrando a disposição das anteras em torno do estilete. (B) Frutos formados mostrando a uniformidade de forma e tamanho em cultivos intensamente visitados por abelhas.



**FIGURA 5** – Abelha do gênero *Bombus* visitando flores de tomateiros em cultivo orgânico, aberto.

Ikeda & Tadauchi (1995), avaliando a qualidade dos frutos do tomateiro obtidos a partir de polinização por *Bombus*, no Japão, encontraram uma maior uniformidade e maior teor de vitamina C em relação àqueles produzidos a partir de outras formas de polinização.

## 2. Caracterização das espécies polinizadoras

Em países de clima temperado, tradicionalmente, a polinização de tomate cultivado em estufas é feita mecanicamente ou com a ajuda de polinizadores. A polinização mecânica foi utilizada nos Estados Unidos e Canadá até meados da década de noventa, quando *Bombus terrestris* L., importado da Europa, passou a ser utilizado mais intensamente. Hoje, colônias de *B. occidentalis* Greene e *B. impatiens* Cresson produzidas nos Estados Unidos, principalmente, mas também no Canadá vêm sendo utilizados com maior frequência (Dodson *et al.* 2002). Segundo Keneman (1995 *apud* Dodson *et al.* 2002), uma única forrageira de *Bombus* pode visitar até 30 flores por minuto, não raramente garantindo 100% de polinização.

Além do uso de espécies de *Bombus* para a polinização de tomates em estufa, a busca por polinizadores alternativos foi intensificada em tempos recentes. Para as condições de cultivo em estufa, o interesse voltou-se para espécies de Meliponini. Heard (1999) cita esse grupo como polinizador efetivo de cerca de nove cultivos e como participante da polinização de pelo menos outros 60. Os Meliponini brasileiros são relatados como eficientes no cultivo de morango (Maeta *et al.* 1992, Malagodi–Braga *et al.* 2002) e pepino (Santos 2004), em estufas

O uso e a eficiência de *Melipona* na polinização de tomates foram investigados em um plantio experimental, em sistema aberto, por Capelari–Naxara *et al.* (2002). Estes autores demonstraram que as espécies deste gênero não visitavam as flores do tomateiro e mesmo abelhas do gênero *Paratrigona* que visitaram as flores com mais frequência, roubavam pólen. Nesse mesmo estudo, as espécies dos gêneros *Bombus* foram citadas como polinizadores efetivos.

Recentemente, um estudo desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa avaliou o desempenho de *Melipona quadrifasciata* Lepelletier na polinização de tomateiros cultivados em estufa. A escolha da espécie foi baseada em características como ampla distribuição geográfica, biologia bem conhecida, facilidade de criação e manejo e estabelecimento de colônias perenes. Os experimentos demonstraram que tomateiros submetidos a visitas de abelhas produziram frutos mais pesados e com maior número de sementes que aqueles submetidos apenas à vibração manual ou sem qualquer tratamento (Campos *et al.* 2006). A eficiência e a adequação de diferentes espécies de *Xylocopa* na polinização de tomate cultivado em estufas foram estudadas em sistema de hidroponia nos Estados Unidos (Buchmann 2004).

Estudos e experimentos desenvolvidos em condições controladas, em ambientes de estufa, são fundamentais para fornecer dados sobre as necessidades dos diferentes cultivos no que diz respeito à polinização e sobre a eficiência de diferentes polinizadores. Também é importante que esses estudos sejam complementados por estudos em áreas agrícolas, pois permitem avaliar os efeitos das diferentes práticas de cultivo sobre a abundância e a riqueza de espécies de polinizadores e responder questões fundamentais ainda não abordadas, como, por exemplo, como os polinizadores respondem à fragmentação, à modificação, e à destruição dos habitats naturais, em que escala essas modificações são sentidas pelas diferentes espécies, qual a importância do manejo das áreas agrícolas e a importância da estrutura das paisagens na manutenção de guildas de polinização particulares?

Em cultivos de tomate, algumas espécies de abelhas da família Halictidae têm sido relatadas como polinizadores eficientes em situação de campo. Entretanto, a alta sensibilidade dessas abelhas à perda de sítios de nidificação e aos agrotóxicos, definem sua presença ou ausência em áreas com diferentes manejos.

Os dados aqui apresentados referem-se a um estudo realizado em cinco áreas de cultivo de tomates nas regiões de Rio Claro e Araraquara - SP, sendo que três delas eram manejadas segundo os princípios do cultivo orgânico e duas outras, do cultivo convencional. Em todas as propriedades o tomate era cultivado em sistema aberto, em espaldeiras e em duas delas, ambas de cultivo orgânico, eram utilizadas estufas de cobertura com laterais abertas, permitindo o livre trânsito de polinizadores.

As **Figuras 6-8** ilustram aspectos diversos dessas propriedades e de áreas em torno das mesmas, que podem ter influência sobre a diversidade e a composição da fauna de abelhas associadas às flores de tomateiros.



**FIGURA 6** – Vista geral de duas propriedades de cultivo de tomate. (A) Cultivo orgânico inserido em paisagem diversificada mostrando a presença de várias espécies de plantas ruderais crescendo junto aos canteiros de tomates. (B) Propriedade de cultivo convencional mostrando áreas desocupadas com solo exposto, cercas de madeira e crescimento de vegetação ruderal, fatores importantes para o estabelecimento de espécies de abelhas, principalmente aquelas que nidificam no solo e em cavidades preexistentes, como as espécies de Halictidae e Apidae, respectivamente.



**FIGURA 7** - Área em torno de propriedade de cultivo orgânico de tomates mostrando grandes extensões de cultivo de cana-de-açúcar, laranja e pastagens, gerando uma paisagem mais homogênea. Salienta-se a ausência fontes de recursos alimentares para abelhas nativas e de sítios de nidificação.



**FIGURA 8** - Área em torno de propriedade de cultivo orgânico de tomates mostrando grandes extensões de terra arada e plantada com gramíneas exóticas, circundadas por plantio de eucaliptos, gerando uma paisagem mais homogênea.

## 2.1 - Identificação dos polinizadores, comportamento nas flores e uso de recursos florais

Foram identificadas 51 espécies de abelhas coletadas nas propriedades estudadas, pertencentes às famílias Apidae, Halictidae e Andrenidae (**Tabela 1**). Entre essas espécies destacam-se aquelas que são capazes de vibrar anteras com deiscência poricida para a coleta de pólen, o único recurso oferecido pelas flores do tomateiro, e que seriam, portanto, polinizadores em potencial de tomate: *Augochloropsis* spp. (9 espécies), *Augochlora* spp. (2 espécies), *Pseudaugochlora* sp. (Halictidae), *Melipona* sp., da qual foi obtido apenas um registro, mas que de qualquer forma é um indício da presença da espécie no local, *Exomalopsis* spp. (6 espécies), *Centris similis* Fabricius, *C. nitens* Lepeletier, *C. tarsata* Smith, *C. thygaster* Lepeletier, *C. fuscata* Lepeletier, *Epicharis* sp., *Paratetrapedia* spp. (2 espécies), *Tetrapedia* sp., *Bombus pauloensis* Friese, *B. morio* Swederus, (Apidae) e *Oxaea flavescens* Klug e *Anthrenoides* sp. (Andrenidae).

Abelhas dos gêneros *Apis*, *Trigona*, *Scaptotrigona*, *Plebeia*, e *Nannotrigona*, visitantes frequentes das flores de tomateiros, coletam pólen mordendo as anteras ou catando pólen exposto pela ação das abelhas vibradoras; estas abelhas também podem promover a polinização, uma vez que movimentam as flores.

A **Tabela 1** apresenta a lista de espécies de abelhas coletadas, considerando apenas aquelas observadas visitando flores de tomateiro durante o período de estudo.

**TABELA 1** – Número total de indivíduos coletados nas propriedades de cultivos orgânicos e convencionais. Os números entre parênteses referem-se ao número de abelhas coletadas em flores de tomateiros.

Família	Subfamília Tribo Subtribo	Espécie	N° indivíduos (cultivo orgânico)	N° indivíduos (cultivo convencional)
APIDAE	Apinae Apini Meliponina	<i>Trigona</i> sp.	61 (7)	31 (4)
		<i>Scaptotrigona</i> sp.	26 (2)	20 (1)
		<i>Plebeia</i> sp.	95 (82)	6 (3)
		<i>Nannotrigona</i> sp.	119 (76)	
	Apina	<i>Apis mellifera</i> L.	191 (13)	109 (19)
	Bombina	<i>Bombus morio</i> (Swederus)	3 (3)	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis analis</i> Spinosa	11 (9)	4 (2)
		<i>E. (Megomalopsis) fulvofasciata</i> Smith	11 (9)	28 (20)
		<i>Exomalopsis auripilosa</i> Spinola	81 (50)	46 (23)
		<i>Exomalopsis</i> sp. 1	17 (10)	4 (2)
		<i>Exomalopsis</i> sp. 2	1 (1)	3 (1)
		<i>Exomalopsis</i> sp. 3	3 (2)	
	ANDRENIDAE	Oxaeinae	<i>Oxaea flavescens</i> Klug	
Panurginae		<i>Anthrenoides</i> sp.	11 (8)	
HALICTIDAE	Halictinae Augochlorini	<i>Augochlora</i> sp.	2 (2)	
		<i>Augochloropsis</i> spp.	2 (2)	
		<i>Augochloropsis</i> sp. 1	1 (1)	3 (3)
		<i>Augochloropsis</i> sp. 2	2 (2)	11 (5)
		<i>Augochloropsis</i> sp. 3	3 (3)	11 (3)
		<i>Augochloropsis</i> sp. 4	4 (2)	2 (1)
		<i>Augochloropsis</i> sp. 5	2 (2)	
		<i>Pseudaugochlora</i> sp.	2 (1)	
		<i>P. cf graminea</i> Fabricius	6 (5)	43 (38)
	Halictini	<i>Dialictus</i> sp.	7 (2)	

Quando se consideram as abelhas coletadas, no conjunto nas cinco propriedades, pode-se observar que aquelas de cultivo orgânico apresentaram maior riqueza de espécies associadas às flores de tomateiros (23) que as de cultivo convencional (15).

A análise da distribuição dessas espécies entre as propriedades com diferentes práticas de manejo e inseridas em diferentes contextos de paisagem, entretanto, apontou para aspectos interessantes que indicam uma maior complexidade dos fatores que determinam a composição da fauna local, que não apenas o manejo, como:

1. propriedades de cultivo orgânico, inseridas em uma paisagem diversificada despontaram como áreas de maior diversidade de espécies de visitantes de flores de tomateiros. Algumas espécies como aquelas do gênero *Centris* e *Melipona* foram encontradas exclusivamente nessas propriedades.
2. duas propriedades de cultivo convencional inseridas em paisagens diversificadas apresentaram maior riqueza de espécies que aquelas de cultivo orgânico inseridas em paisagens homogêneas. Nessas propriedades foi encontrada a maioria das espécies de Halictidae. Cabe ressaltar que se tratava de propriedades pequenas, de manejo familiar, nas quais, embora fosse empregado controle químico de pragas e doenças, grande parte da área era deixada sem qualquer tipo de manejo, o que resultava em disponibilidade de habitats de nidificação e forrageamento para espécies solitárias.
3. As propriedades de cultivo orgânico, inseridas em paisagem homogênea, apresentaram a menor riqueza de espécies de visitantes florais.
4. A similaridade na composição da fauna de abelhas, coletadas nas diferentes propriedades, avaliada pelo índice de Morisita, foi bem baixa, chegando a 33% entre as propriedades de cultivo orgânico. Esse resultado salienta a grande diversidade de espécies com forte potencial como polinizadores de tomates, bem como indica a possibilidade de que fatores diversos assumam importância na determinação da composição de faunas locais. Além do tipo de manejo, se orgânico ou convencional, e do contexto da paisagem, o histórico de perturbações, a adoção de práticas agrícolas que garantam a tolerância a plantas ruderais, e a presença de fragmentos de vegetação nativa, podem ser elementos importantes. Esses fatores são determinantes da memória ecológica e, portanto, determinantes da capacidade de recomposição da fauna de polinizadores diante do dinamismo dos ecossistemas agrícolas.

## 2.2 - Comportamento de nidificação dos principais polinizadores

As abelhas nidificam em uma grande variedade de substratos. A maioria das espécies solitárias constrói ninhos escavados no solo, tanto em substrato plano quanto em barrancos (cerca de 70% das espécies); nessa categoria se enquadram as espécies de Colletidae, Andrenidae e Halictidae, e a maioria dos Apidae solitários.

A nidificação no solo plano ou em barrancos é típica dos Augochlorini, embora algumas espécies possam nidificar em madeira parcialmente decomposta. No solo, as células são construídas em agregados (*Augochloropsis* e *Pseudaugochlora*) ou isoladamente, muitas vezes a poucos centímetros de profundidade.

Os ninhos dos Centridini (*Centris* e *Epicharis*) geralmente são construídos no solo. Diferentes espécies demonstram preferência por substratos mais ou menos arenosos, horizontais ou verticais. As células são revestidas com resinas e óleo coletado de Malpighiaceae (Michener 2000).

As demais espécies (cerca de 30% das espécies solitárias), nidificam em ramos e troncos de madeira em vários estágios de decomposição.

As abelhas do gênero *Xylocopa* (cerca de 50 espécies no Brasil), constroem seus ninhos em madeira e, eventualmente em bambu (Camillo & Garófalo 1982, Camillo *et al.* 1986). Em áreas rurais são frequentes em mourões de cerca, esteios de trepadeiras, postes de eletrificação, etc.

As espécies de *Bombus* de ocorrência mais frequente, *B. morio* e *B. pauloensis*, constroem ninhos no solo, superficialmente, associados a touceiras de gramíneas, particularmente bambus, ou de bananeiras, por exemplo, ou ainda, e frequentemente, em locais protegidos sob troncos caídos e serapilheira, associados a cupinzeiros ou a cavidades abandonadas por animais

Os Meliponini podem utilizar diversos substratos para nidificação. As abelhas do gênero *Melipona* ocupam ocos em troncos de árvores vivas, o que contribui para a escassez desse grupo em áreas fortemente alteradas para o uso agrícola.

Além de substratos variados, as abelhas utilizam uma grande variedade de materiais para a construção de seus ninhos, que devem ser providos pelo ambiente e podem limitar o estabelecimento de uma espécie em uma determinada área. Entre esses materiais destacam-se resinas e óleos para revestimento de células, ou para a agregação de partículas de solo, folhas, flores e água para moldagem de células.

### 2.3 - Uso de outros recursos fora do período de floração dos tomateiros

A inclusão da qualidade e diversidade dos recursos presentes nos habitats em torno dos campos cultivados nas discussões sobre a possibilidade de manutenção de uma fauna diversificada e funcionalmente ampla, não é tarefa fácil, uma vez que esses habitats estão em constante mudança e assim sua influência muda temporalmente. Essa dinâmica amplifica os efeitos da própria dinâmica das áreas cultivadas, moldada pela rotação de cultivos, diferentes técnicas de manejo, e calendário de tratamentos culturais.

A natureza do entorno quanto à disponibilidade de recursos define o padrão de movimentação de polinizadores entre diferentes habitats de nidificação, forrageamento, áreas cultivadas ou fragmentos de vegetação nativa. Deve-se salientar, entretanto, que a permeabilidade dos habitats aos movimentos dos polinizadores guarda relação direta com as características biológicas do polinizador, como tamanho e autonomia de voo.

Com relação às fontes de pólen e néctar utilizadas por espécies solitárias no Brasil bem como com relação a informações biológicas e ecológicas sobre essas diferentes espécies, os dados encontram-se dispersos em um grande número de relatos de levantamentos faunísticos que abrangem ecossistemas variados como Mata Atlântica, Cerrados, Caatinga, Campos rupestres, Campos de Altitude, Campos Sulinos, e em artigos sobre biologia da polinização de espécies particulares. De qualquer forma, os levantamentos que envolvem áreas agrícolas ainda são escassos no Brasil, de modo que poucas informações são disponíveis sobre espécies de plantas que comumente crescem nessas áreas e que poderiam assumir importância como recursos alimentares.

Neste estudo, a amostragem de abelhas nas propriedades se deu tanto durante o período de florescimento dos tomateiros como nos períodos entre safras. Dessa forma, puderam ser registradas as espécies de plantas em florescimento que cresciam em torno dos canteiros de tomates e eram visitadas na busca de néctar e pólen, quer como fonte alternativa, quer como fonte complementar.

A **Tabela 2** apresenta a lista dessas espécies tanto para as propriedades manejadas segundo os princípios do cultivo orgânico como do cultivo convencional.

**TABELA 2** – Espécies de plantas ruderais observadas em florescimento durante o período de amostragem das abelhas nas propriedades estudadas.

FAMÍLIA	Espécie	Cultivo orgânico	Cultivo convencional
CUCURBITACEAE	<i>Momordica charantia</i> L. *	X	
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea cynanchifolia</i> Meisn. *	X	
	<i>I. quamoclit</i> L. *	X	X
	<i>I. hederifolia</i> L. *		X
	<i>I. aristolochiifolia</i> L. *		X
COMPOSITAE	<b><i>Emilia sonchifolia</i></b> DC. *	X	X
	<b><i>Bidens pilosa</i></b> L. *	X	X
	<i>Cosmos caudatus</i> Kunth *	X	
	<i>Erechtites valerianaefolia</i> DC. *	X	
	<b><i>Erigeron linifolius</i></b> Willd. *	X	
	<i>Eupatorium pauciflorum</i> H.B.K. *	X	
	<i>Sonchus oleraceus</i> L. *	X	X
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L. *	X	
	<i>Porophyllum ruderale</i> Jacq. *	X	
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. *	X	
	<i>Eclipta alba</i> Hassk. *	X	
	<b><i>Ageratum conyzoides</i></b> L. *	X	X
	<i>Tagetes minuta</i> L. *		X
	<i>Blainvillea rhomboidea</i> DC. *		X
SOLANACEAE	<b><i>Nicandra physaloides</i></b> (L.) Pers. *	X	
	<i>Solanum americanum</i> Mill. *	X	X
	<i>S. sisymbriifolium</i> Lam. *	X	
	<i>S. paniculatum</i> L. *	X	
	<i>Cestrum sendtnerianum</i> L. *	X	
AMARANTHACEAE	<b><i>Amaranthus spinosus</i></b> L. *	X	X
	<i>A. hybridus</i> L. var. <i>paniculatus</i> (L.) Thell *	X	
	<i>A. retroflexus</i> L. *	X	
	<i>A. viridis</i> L. *		X
	<i>Gomphrena celosioides</i> Mart. *	X	
	<i>Alternanthera ficoidea</i> L. *	X	
LABIATAE	<i>Leonotis nepetaefolia</i> (L.) R.Br. *	X	
	<b><i>Leonurus sibiricus</i></b> L. *	X	
	<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntz *	X	

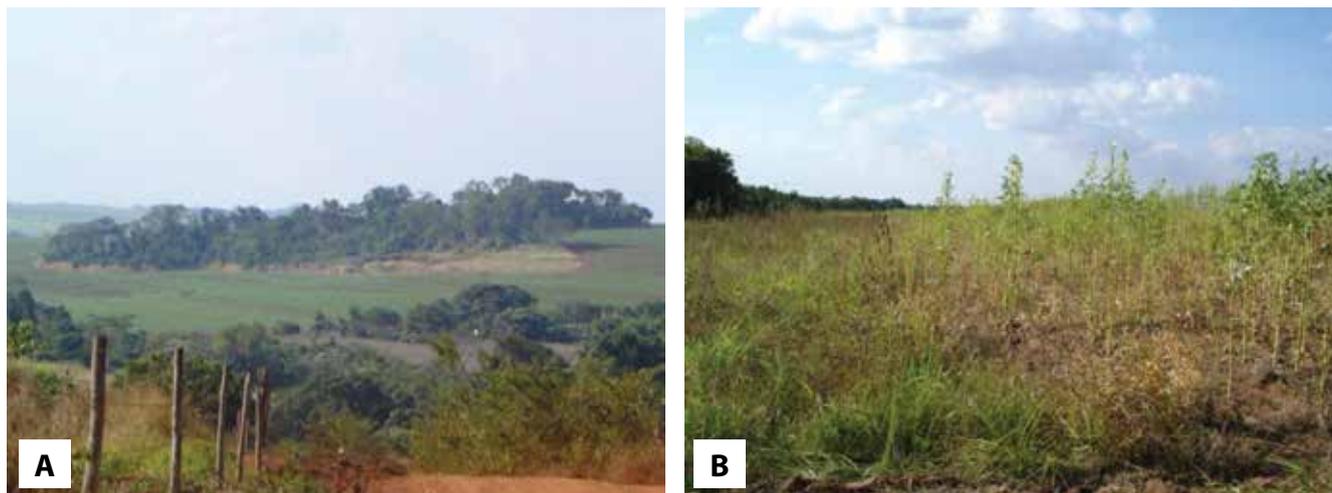
**TABELA 2** – Espécies de plantas ruderais observadas em florescimento durante o período de amostragem das abelhas nas propriedades estudadas. (Continuação)

FAMÍLIA	Espécie	Cultivo orgânico	Cultivo convencional
	<i>Hyptis suaveolens</i> Poit. *		X
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens balsamina</i> L. *	X	
PORTULACACEAE	<i>Talinum patens</i> L. *	X	
BIGNONIACEAE	<i>Pyrostegia venusta</i> Ker-Gauler–Miers *	X	
BRASSICACEAE	<i>Cardamine bonariensis</i> Pers. *	X	
	<i>Lepidium ruderales</i> L. *	X	
	<i>Sinapis arvensis</i> L. *	X	
ASCLEPIADACEAE	<i>Asclepias curassavica</i> L. *	X	
GRAMINAE	<i>Rhynchelytrum repens</i> Willd. *	X	
	<i>Chloris polydactyla</i> (L.) Sw. *	X	
	<i>Cenchrus echinatus</i> L. *	X	
MALVACEAE	<i>Sida glaziovii</i> K. Sch. *	X	
	<i>S. micrantha</i> St. Hil. *	X	
ASTERACEAE	<i>Gnaphalium spicatum</i> Lam. *	X	
EUPHORBIACEAE	<i>Croton glandulosus</i> (L.) Muell. *	X	
	<i>Euphorbia hirta</i> L. *	X	
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L. *	X	
LYTHRACEAE	<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) Macbr. *	X	
COMMELINACEAE	<i>Commelina benghalensis</i> L. *	X	
LEGUMINOSAE	<i>Vigna sinensis</i> Endl. *	X	
	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Mill. **	X	
	<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth *	X	
	<i>C. incana</i> L. *		X
RUBIACEAE	<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC *	X	X
	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomez *	X	
CYPERACEAE	<i>Cyperus distans</i> L. *	X	
ANARCADIACEAE	<i>Mangifera indica</i> L. **	X	
RUTACEAE	Não identificada **	X	
MALPHIGHIACEAE	Malpighia sp. **	X	
LAURACEAE	Não identificada **	X	
MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i> L. **	X	
STERCULIACEAE	<i>Melochia pyramidata</i> L. *		X
	<i>Waltheria indica</i> L. *		X

\* = planta herbácea anual \*\* = planta perene. Em negrito estão assinaladas as espécies visitadas por um maior número de espécies de abelhas.

Pode-se observar que, de modo geral, as plantas ruderais que floresceram na área de estudo são espécies herbáceas anuais, predominando aquelas com longos períodos de florescimento, apenas poucas espécies são arbustivas ou arbóreas ou mesmo herbáceas perenes.

A composição de espécies de plantas ruderais encontradas nas propriedades estudadas (**Figuras 9-11**) não diferiu segundo o manejo ou o contexto da paisagem. A riqueza em espécies, entretanto, foi significativamente diferente, resultado da prática de manter ou não o entorno imediato dos canteiros livre de plantas ruderais. De um modo geral, as duas propriedades de cultivo convencional abrigavam tantas espécies quanto a propriedade de cultivo orgânico inserida em paisagem mais diversificada.



**FIGURA 9** – Canteiros de tomate orgânico com vegetação ruderal no entorno. A. Vista geral da área cultivada. B. Detalhe da vegetação no entorno.

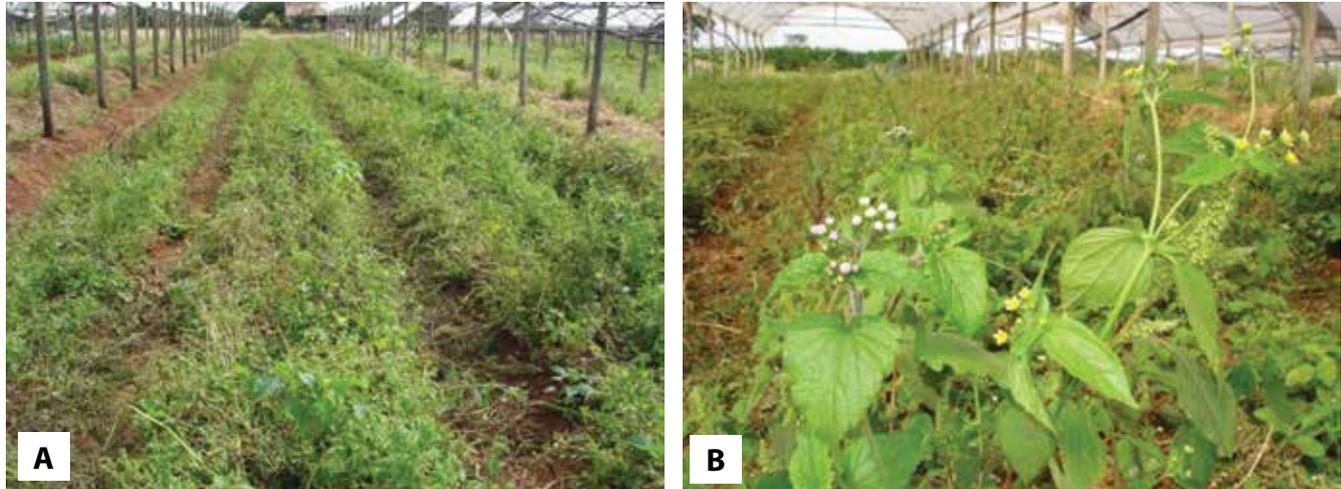
Nas propriedades de cultivo convencional a presença de plantas ruderais aparentemente seria resultado da dificuldade de controle por parte dos proprietários.



**FIGURA 10** – Presença de vegetação ruderal crescendo em torno de cercas e em pastagens abandonadas nas propriedades de cultivo convencional. A. plantas ruderais no entorno dos tomateiros. B. Vista do entorno dos plantios.

Embora as propriedades de cultivo orgânico inseridas em paisagem mais homogênea mantivessem plantas ruderais em canteiros de espera, estas estavam agrupadas em um só local e, de um modo geral apresentavam baixa riqueza de espécies.

A preferência por determinada espécie de planta variou a cada mês. Assim, *Nicandra physaloides* foi visitada preferencialmente nos meses de setembro e outubro; *Bidens pilosa*, de outubro a março, e outras em períodos mais restritos, como *Leonurus sibiricus* em setembro, *Emilia sonchifolia* em outubro, *Amaranthus spinosus* em dezembro, *Erigeron linifolius* em novembro e *Ageratum conyzoides* em março. É interessante destacar que todas essas plantas apresentam flores abertas durante o ano todo; a concentração de visitas em um tempo determinado pode sugerir que se tratam de recursos secundários para as abelhas.



**FIGURA 11** – Canteiros de vegetação ruderal em propriedade de cultivo orgânico. A. Canteiro abandonados com vegetação natural. B. Detalhes de plantas ruderais nestas áreas.

#### 2.4 - Capacidade de deslocamento, raio de vôo e forrageamento

A manutenção de populações viáveis de abelhas em áreas agrícolas depende, em grande parte de sua habilidade de deslocamento, uma vez que os sítios de forrageamento, de nidificação e as fontes de materiais para construção de ninhos podem ocorrer em fragmentos isolados uns dos outros em uma paisagem altamente fragmentada, como é comum em áreas de cultivo.

Entretanto, são poucas as espécies para as quais se conhece a capacidade de deslocamento; os estudos já realizados sobre esse tema empregam métodos variados como treinamento em alimentadores, marcação nos ninhos, liberação e acompanhamento nas flores, acompanhamento de vôo desde os ninhos até as flores e entre flores visitadas, mapeamento de transporte de pólen, etc. Embora todos esses métodos apresentem limitações quer pela dificuldade de aplicação, quer pela qualidade e abrangência da informação fornecida, os estudos já desenvolvidos permitem o delineamento de um padrão geral. Greenleaf (2005) apresenta uma compilação dos trabalhos sobre raio de vôo de diferentes espécies.

De um modo geral, abelhas de pequeno porte, apresentam raio de vôo de 200 a 600 metros em torno dos ninhos, como algumas espécies de Meliponini (Wille 1983), enquanto abelhas de médio a grande porte apresentam distâncias de deslocamento de mais de 1 quilômetro podendo chegar a 2 ou 3 quilômetros para algumas espécies de *Bombus*, *Xylocopa*, *Melipona* e *Trigona*.

A distância de deslocamento de uma forrageira a partir do ninho é influenciada por diversos fatores, incluindo fatores climáticos, disponibilidade de recursos, presença de uma fonte altamente rica em pólen ou néctar nas redondezas, necessidade de recursos espacialmente muito dispersos. Assim sendo, o deslocamento esperado a partir dos estudos já desenvolvidos pode ser até certo ponto alterado.

Esta flexibilidade de deslocamento depende da capacidade da espécie em responder às alterações do meio, impostas pelas atividades antrópicas e seu sucesso como polinizadora; há evidências de que a produtividade de espécies cultivadas varia de acordo com a distância dos cultivos de fragmentos de vegetação nativa (Steffan-Dewenter & Tschardt 1999, Klein *et al.* 2003a, b, Ricketts 2004).

O padrão de deslocamento entre as flores é também um outro fator na determinação da eficiência das abelhas como polinizadoras de plantas cultivadas. Esse padrão é bastante variado entre as espécies, predominando vôos curtos entre flores de mesma espécie. Esta informação é importante para subsidiar planos de cultivo de plantas que demandam polinização cruzada por abelhas.

### 3. Manejo e conservação

#### 3.1 - Manejo dos polinizadores para uso na polinização de plantas cultivadas

Garófalo *et al.* (2004) apontam que no Brasil além de abelhas do gênero *Xylocopa*, nenhuma outra espécie de abelha solitária foi manejada para uso como polinizadora. A principal dificuldade está no desconhecimento de aspectos da biologia das espécies o que impede o desenvolvimento de técnicas de criação.

Embora a grande maioria das espécies de *Xylocopa* ainda seja muito pouco conhecida quanto aos aspectos biológicos relevantes para sua criação e manejo, algumas espécies vêm sendo estudadas e criadas (Camillo & Garófalo 1982, Camillo *et al.* 1986) e mais recentemente manejadas para a polinização em cultivos de maracujá, com emprego de substratos de nidificação artificiais, enriquecimento do entorno com ninhos trazidos de outras áreas e plantio de espécies de plantas com boa produção de néctar em torno das áreas de cultivo (Gaglianone & Hoffman 2006, Melo *et al.* 2006, Oliveira *et al.* 2006)

Espécies de *Xylocopa* também têm sido relatadas como polinizadoras de tomate cultivado em estufas nos Estados Unidos (Buchman 2004, Hogendoorn 2004), aumentando em até 10% o peso do produto. A relativa facilidade de criação, inclusive em substrato artificial, o bom conhecimento da biologia de algumas espécies, o fato de serem poliléticas, a longevidade prolongada e o fato de serem capazes de vibrar as anteras são algumas vantagens apontadas para a utilização dessas abelhas como polinizadoras em estufa. Por outro lado, algumas desvantagens são também assinaladas, como o pequeno tamanho populacional, as dificuldades de se reproduzir em ambiente fechado, longos períodos de inatividade e a necessidade de retirada de ninhos de ambientes naturais.

Para as condições de estufa, sugere-se o fornecimento de xarope, uma vez que as flores de tomateiros não produzem néctar, e o emprego de ninhos em diferentes fases de estabelecimento, de modo a aumentar como um todo o período de atividade nas flores.

Outras espécies de abelhas solitárias, principalmente Centridini, apresentam-se com forte potencial de manejo e uso na polinização de espécies frutíferas de ocorrência natural e de exploração extrativista, como o murici, *Byrsonima crassifolia* L. (Rego & Albuquerque 2006), caju, *Anacardium occidentale* L. (Freitas & Pereira 2004) ou cultivadas comercialmente, como o caju e a acerola, *Malpighia glabra* L. (Freitas & Pereira 2004, Schlindwein 2006). Estes autores, no entanto, salientam a necessidade de plantio de espécies ricas em néctar nas proximidades dos cultivos, uma vez que *Byrsonima* não fornece néctar e, no caso de plantações de caju, é necessário prover fontes de óleo.

Entre as espécies citadas por esses autores, *Centris tarsata*, *C. analis* e *C. trigonoides* são consideradas potencialmente manejáveis uma vez que apresentam alta fidelidade às flores e colonizam com sucesso ninhos armadilha, podendo ser transportadas para áreas de cultivo e inclusive testadas em ambiente de estufa.

Schindwein (2006) sugere que planos de manejo de Centridini que visam sua utilização como polinizador de cultivos devem prever o fornecimento de fontes de óleo, no caso Malpighiaceae e o fornecimento de pólen, sugerindo para isso algumas plantas ornamentais como *Caesalpinia echinata* Lam., *C. ferrea* (Benth) Ducke, *C. pyramidales* Tul., *Tecoma stans* (L.) Juss. e *Duranta repens* L., além de diversas ruderais, principalmente espécies dos gêneros *Solanum* (Solanaceae), *Senna*, *Chamaechrista* e *Cassia* (Cassiaceae), que apresentam anteras poricidas.

Não há estudos sobre as possibilidades de manejo de Halictidae para fins de polinização de cultivos no Brasil. Em condições de cultivo aberto, entretanto, diversas espécies dessa família têm sido relatadas como visitantes florais com potencial de polinização para cultivos de pimentão (Raw 2000) e cebola (Witter & Blochtein 2003).

Várias espécies de *Bombus* vêm há muito tempo sendo utilizadas em escala comercial para polinização de cultivos variados sob estufa e em campo aberto na Europa, Estados Unidos e Canadá e mais recentemente esse uso vem se expandindo pela Ásia, África, Oriente Médio e América do Sul (Velthuis & Doorn 2004). O tomate é a principal cultura beneficiada pelo emprego dessas espécies de polinizadores, mas também a berinjela, os pimentões, as pimentas, as abóboras, etc. Em campo aberto *Bombus* é relatado como polinizador eficiente de diversas frutíferas incluindo pêra, maçã, pêssego, ameixa, kiwi, entre outras.

As técnicas de criação e manejo de espécies de *Bombus* estão completamente dominadas e no Brasil existe uma forte pressão para a liberação da importação de colônias de *B. terrestris* para a utilização em estufas, principalmente para cultivo de tomates, uma vez que as espécies nativas são mais agressivas e para elas ainda não há técnicas de criação comercial.

Em condição de cultivo aberto, *Bombus morio* e *B. pauloensis* têm sido relatados como visitantes florais com potencial de polinização em vários cultivos envolvendo culturas olerícolas como cebola (Witter & Blochtein 2003) e tomate (Campos *et al.* 2006), cultivos extensivos como o algodão (Capalbo & Fontes 2004) e frutíferas como a acerola (Boti & Matiello 2003) e o maracujá (Gaglianone & Hoffman 2006, Melo *et al.* 2006).

No Brasil a busca por espécies de Meliponini que possam ser efetivas polinizadoras de cultivos sob estufa, é bastante intensa. O domínio dos conhecimentos que permitem a criação, a multiplicação de colônias, a manutenção em confinamento e as necessidades energéticas das espécies desse grupo as tornam bastante atrativas para emprego como polinizadores.

Com relação às espécies de *Melipona*, *M. subnitida* (jandaira) foi estudada em cultivos de pimentão (Cruz *et al.* 2004, 2005) e melão (Câmara *et al.* 2004) e *M. quadrifasciata* (mandaçaia) em cultivos de tomates (Del Sarto 2005, Campos *et al.* 2006). Em plantios abertos, *M. quadrifasciata* foi encontrada visitando flores de tomateiros em cultivos orgânicos.

### 3.2 - Caracterização da sustentabilidade dos serviços de polinização

O uso sustentável dos serviços de polinização de tomates em cultivo aberto, prestado por abelhas silvestres solitárias está ameaçado por diversos fatores relacionados ao uso e manejo dos solos pela atividade agrícola.

A região onde estes estudos foram desenvolvidos, embora fortemente ocupada por pastagens e cultivos como a laranja, por exemplo, vem experimentando de forma acelerada uma nova fase de conversão de usos de solo com a expansão do cultivo de cana-de-açúcar (**Figuras 12-15**), que de forma geral abrange uma ampla área em escala nacional.



**FIGURA 12-** Terra preparada para plantio de cana-de-açúcar em área anteriormente ocupada por pastagens (até abril de 2007) na Região de Rio Claro, SP.



**FIGURA 13 –** Cana-de-açúcar crescendo em área anteriormente ocupada por pastagens na Região de Rio Claro, SP (foto de abril de 2007).



**FIGURA 14** - cana-de-açúcar crescendo em área anteriormente ocupada por pastagens na Região de Rio Claro, SP (foto de abril de 2007). Observar as bordas de cerca limpas de vegetação ruderal.



**FIGURA 15** – Terra preparada para cultivo de cana-de-açúcar em área antes ocupada por pastagens na Região de Rio Claro, SP (foto de abril de 2007). Observar sinais de queima da vegetação de bordas de cerca.

Na região Centro Sul (GO, MG, MT, MS, PR, SP), são hoje 6.041.863 hectares ocupados com cana-de-açúcar; 4.224.571 ha apenas no Estado de São Paulo, o que corresponde a 12% da área total do estado.

O crescimento em termos de área ocupada por cana para as regiões de Araraquara e Rio Claro e para o Estado de São Paulo pode ser observado na **Tabela 3**.

**TABELA 3.** Expansão da área cultivada em cana-de-açúcar (em hectares) observada nos últimos cinco anos nas regiões de Rio Claro e Araraquara e no Estado de São Paulo (Rudorff *et al.* 2004).

LOCAL	PERÍODO				
	2003 - 04	2004 - 05	2005 - 06	2007 - 07	2007 - 08
RIO CLARO	9.034	9.077	9.464	9.842	10.778
ARARAQUARA	39.266	39.166	40.870	43.095	44.443
ESTADO DE SÃO PAULO	3.094.625	3.165.378	3.364.695	3.661.164	4.224.571

Na safra de 2003 – 2004, as principais áreas de expansão do plantio de cana-de-açúcar nas regiões de São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente correspondiam a 54% da área de expansão no Estado de São Paulo. Embora não se tenha informações sobre os tipos de ocupação e uso dos solos convertidos para plantio de cana, pode-se considerar que pelo menos em grande parte tratava-se de pastagens, dada a tradição econômica das regiões consideradas.

### 3.3 - Medidas para a conservação das populações locais

A fauna de abelhas associada às flores de tomateiro, principalmente considerando aquelas espécies com maior potencial de polinização, é bastante diversificada, incluindo representantes das famílias Apidae, Halictidae e Andrenidae. A baixa similaridade entre a composição de espécies coletadas nas diferentes propriedades estudadas indica a possibilidade de que essa riqueza possa ser potencialmente maior.

De um modo geral são espécies solitárias, com populações naturalmente pequenas, com baixa taxa de incremento populacional. Potencialmente, esses fatores conferem ao sistema de polinização baixa resiliência quando a comunidade é afetada por perturbações, ou seja, a velocidade de retorno ao estado original é bastante baixa.

Nas espécies solitárias, as fêmeas reprodutivas são as mesmas que constroem e provisionam os ninhos, deslocando-se por grandes áreas durante os vôos de forrageamento, ficando, portanto, expostas a todos os tipos de risco como contaminação por agrotóxicos, predação, escassez de recursos florais ou intempéries. Dessa forma, além de pouco resilientes, os sistemas de polinização baseados em espécies solitárias são também pouco resistentes.

Embora algumas dessas espécies possam ter um potencial para criação em grande escala e manejadas como polinizadores, a grande maioria provavelmente será sempre importante na polinização de tomates como espécies não manejadas.

Considerando esses aspectos, a proposição de planos de manejo para os habitats de nidificação e forrageamento dessas espécies é uma medida mais efetiva que a proposição de planos de manejo para espécies individuais. O manejo dos habitats pode garantir a manutenção de uma fauna diversificada de abelhas silvestres junto aos campos de cultivo. Essa diversidade é tanto mais desejável quando se considera que além de atender à demanda por polinização de uma grande variedade de tipos de cultivo, a redundância no papel de polinizadores de tomate confere maior resistência ao sistema frente às alterações sofridas pelo meio.

Cabe ressaltar que uma vez que habitats de forrageamento e nidificação sejam preservados, espécies de abelhas solitárias, para as quais não se conhece nenhum potencial de uso na polinização de plantas cultivadas, mas que certamente desempenham papéis fundamentais na estruturação da vegetação nativa serão também beneficiadas.

Planos de manejo que visem a recuperação, a proteção contra declínio ou perda, ou a diminuição da vulnerabilidade de um grupo de espécies exigem necessariamente uma abordagem ampla, incorporando, além de considerações individuais para cada espécie, considerações sobre práticas de manejo dos habitats em que essas espécies forrageiam e nidificam.

Além disso, esses planos devem cumprir os três principais objetivos considerados quando da proposição de programas de conservação em seu sentido mais amplo: 1 – dar visibilidade aos problemas relacionados com a perda de diversidade de polinizadores em áreas agrícolas, 2 – formar recursos humanos para o desenvolvimento e sustentação dos planos de manejo e 3 – fornecer um sumário crítico e compreensível sobre as necessidades de conservação e um conjunto de medidas que possam amenizar os riscos de perda de espécies e funções.

### 3.4 - Plano de ações para a manutenção de abelhas silvestres com potencial como polinizadoras de tomate em áreas agrícolas

O “**PLANO DE AÇÕES**” aqui apresentado procura atender ao objetivo geral de manter e recompor, quando necessário, a riqueza de espécies de polinizadores de tomates junto aos campos de cultivo. Para tanto, as estratégias de ação serão apresentadas para cada passo a ser seguido nesse empreendimento.

**Objetivo específico 1** - Identificar as condições reais existentes nas áreas para a conservação das espécies de polinizadores nativos.

#### **Estratégias de ação: Análise da paisagem**

As propriedades de cultivo de tomates devem ser analisadas inicialmente em um plano de paisagem. Devem ser mapeados elementos importantes para a manutenção de populações de abelhas silvestres tais como fragmentos de vegetação nativa e áreas de preservação permanente. Vários parâmetros podem ser quantificados:

1 – O número de fragmentos de vegetação nativa em um raio de alguns quilômetros em torno dos cultivos. A definição do tamanho da área a ser avaliada depende dos raios de vôo conhecidos para as principais espécies de polinizadores. Entretanto, estudos que consideram o contexto da paisagem na avaliação da riqueza da fauna de polinizadores utilizam raios de até cinco quilômetros (Steffan–Dewenter *et al.* 2003).

2 – O tamanho desses fragmentos. O tamanho das áreas, entre outros fatores, define a riqueza de espécies. Áreas maiores abrigam normalmente uma maior diversidade quer pela maior disponibilidade de recursos, quer pela maior heterogeneidade espacial.

3 – O formato desses fragmentos. Associado ao tamanho das áreas, o formato define a presença e a extensão de bordas, a presença ou ausência de uma área *core*, livre dos efeitos de borda e, portanto, menos sujeitas a perturbações, que poderiam se constituir em áreas de refúgio para as espécies de polinizadores.

4 – A distância média entre os fragmentos. Essa distância define a possibilidade de deslocamento de indivíduos entre os fragmentos, a manutenção de metapopulações e a possibilidade de recolonização de áreas a partir de populações oriundas desses fragmentos.

5 – O grau de conectividade entre os fragmentos. Esse parâmetro define a possibilidade de deslocamento pela paisagem, entre habitats complementares, de forrageiras em busca de recursos que, usualmente, em condições de cultivo, estão fragmentados e dispersos pelo ambiente. Garante ainda rotas de migração de fêmeas fundadoras e a recolonização de áreas afastadas.

A presença, localização e dimensões de áreas de preservação permanente, além de fragmentos de vegetação nativa merecem atenção. Zonas alagadas, áreas de declividade acentuada, corpos d'água, matas ciliares, são todos elementos que devem ser integrados em planos de manejo de paisagem com vistas a conservação de polinizadores.

É importante salientar que, embora as métricas em Ecologia da Paisagem sejam hoje de uso corrente em diversos programas estatísticos, o mapeamento de uma área considerando todos os elementos acima referidos seja relativamente fácil desde que se disponha de imagens adequadas, o acesso e o domínio dessas ferramentas ainda é restrito.

### **Estratégias de ação: Análise dos habitats nas áreas de cultivo**

Pequenas alterações, mesmo que pontuais na forma de manejo das propriedades, podem resultar em oferecimento de habitats de forrageamento e nidificação e garantir a manutenção de espécies de abelhas já existentes na área e encorajar o estabelecimento de outras. Muitas dessas medidas não demandam custo e podem ser desenvolvidas pelos próprios proprietários e por extensionistas.

1 – Um primeiro passo é a identificação de elementos de alto valor como habitats para a fauna de abelhas presentes na área. Os refúgios, tais como fragmentos de vegetação nativa e matas ciliares ou áreas pouco usadas por sua fragilidade ou por inadequação para cultivo, onde pode crescer vegetação secundária, principalmente composta de plantas bianuais ou perenes, mais ricas em néctar que as ruderais que crescem em áreas constantemente perturbadas pelos tratos com a lavoura são exemplos desses elementos, assim como são importantes também os jardins e pomares, cercas vivas, árvores de grande porte, que podem oferecer abrigo, sítios de ninho e alimento.

2 – A área deve ser estudada cuidadosamente para a identificação de sítios de ninhos e da ocorrência de espécies de plantas que sejam atrativas para uma grande variedade de espécies de abelhas, ou, pelo menos para aquelas espécies que visitam flores de tomateiros. Esses recursos, sítios de ninhos e plantas forrageiras de-

vem ser isolados e protegidos das ações mais frequentes em áreas agrícolas, como pisoteio pelo gado, roçadas frequentes, queima, aplicação de agrotóxicos, que além de interferir diretamente na manutenção desses elementos, facilitam o estabelecimento de espécies de gramíneas exóticas e a erosão, indiretamente prejudiciais.

As áreas de alta fragilidade, que de qualquer forma não devem ser cultivadas ou aquelas não aproveitadas para o cultivo podem ser enriquecidas com plantas atrativas para abelhas e com substratos próprios para nidificação.

O enriquecimento de habitats depende de ampliação dos conhecimentos que se tem hoje sobre as necessidades das espécies de abelhas com relação a sítios de ninhos e fontes de recursos, hábitos alimentares, ciclos de vida, dinâmicas populacionais, interações com outras espécies, entre outros aspectos.

### **Objetivo específico 2 – Proposição de formas de otimização das condições já existentes**

#### **Estratégias de ação: Integração dos elementos da paisagem em redes de conservação**

A integração de todos os elementos da paisagem em um único mapa temático permite a identificação de áreas mais promissoras do ponto de vista de investimento para ações de recuperação ambiental, recuperação e enriquecimento com plantas forrageiras e sítios de nidificação, por exemplo. Ao mesmo tempo, permite a identificação de pontos de fragilidade no projeto de conservação que demandariam maior investimento. Diferentes propriedades podem ser identificadas como muito ou pouco propícias ao estabelecimento de abelhas silvestres e planos de manejo de habitats diferenciados podem ser propostos, levando em conta, inclusive, o tamanho das áreas.

A formação de redes que integrem informações e medidas de conservação em uma escala de paisagem é extremamente promissora do ponto de vista das possibilidades de alcance das medidas. Como os polinizadores não reconhecem limites entre propriedades e podem se deslocar aleatoriamente pela paisagem em busca do suprimento de recursos complementares, as medidas de conservação desenvolvidas em uma propriedade podem ser completamente neutralizadas por ações incompatíveis com a conservação, praticadas em outras propriedades.

Entretanto, deve-se considerar que ações conjuntas demandam um forte investimento em programas educativos e de divulgação, em monitoramento e avaliação. Assim, estratégias específicas para transformar ações individuais em ações coletivas devem fazer parte dos planos de manejo de habitats.

Além disso, a proposição de formas de manejo e recomposição de habitats em uma escala de paisagem pode ser complicada por vários fatores como a escassez de métodos já testados, o desconhecimento do histórico das alterações sofridas pela área no processo de ocupação para uso agrícola, o desconhecimento da composição original da vegetação e da fauna originais da área e mesmo de formas plantio e manutenção dessas espécies.

#### **Estratégias de ação: Enriquecimento de habitats em áreas de cultivo**

##### **Provisionamento de habitats: Conservação e criação de sítios de ninhos**

Sabe-se que cerca de 70% das abelhas silvestres nidificam no solo, em barrancos, solo plano ou ainda em touceiras de gramíneas, junto ao chão. Os outros 30% nidificam em cavidades pré-existentes ou cavam os próprios ninhos em madeira.

A localização e a identificação de ninhos de abelhas nativas solitárias na natureza não é uma tarefa fácil e depende de uma boa dose de sorte e, principalmente, do hábito de observação dos movimentos dos insetos em torno das áreas de cultivo, e de jardins e pomares. As condições precisas para nidificação das diferentes espécies de abelhas não são totalmente conhecidas. Portanto, observar sítios de ocorrência é muito importante.

É necessário garantir a presença de solo exposto, bem drenado, em áreas ensolaradas e é importante manter esses sítios livres da invasão de espécies herbáceas, principalmente gramíneas, protegidos de aração gradeamento e pisoteio (**Figura 16**).



**FIGURA 16** – Área agrícola mostrando elementos importantes para a nidificação de abelhas silvestres como solo exposto, barrancos e mourões de cerca.

Muitas espécies de polinizadores podem ser atraídas para as áreas de entorno dos cultivos e incentivadas a nidificar em substratos artificialmente fornecidos, como troncos de madeira, cavidades em ninhos-armadilha, como gomos de bambu, blocos de madeira perfurados em diferentes diâmetros, ramos ocos, tubos construídos de papelão, etc.

A **Figura 17** mostra a instalação de substratos de nidificação para abelhas que escavam ninhos na madeira, como as do gênero *Xylocopa*, e para as que se utilizam de cavidades pré-existentes como algumas espécies de *Centris*, próximo a plantação de tomate pois as espécies desses gêneros foram observadas coletando pólen em flores de tomateiros em cultivo aberto.



**FIGURA 17** – Substratos de nidificação para abelhas que nidificam em madeira (acima) e cavidades pré-existent (abaixo) junto a plantio de tomate.

Apesar do forte potencial para manejo das abelhas que nidificam em substratos artificialmente oferecidos, ainda há muito que se aprender sobre sua criação em larga escala, como o controle da época de emergência de modo a garantir sincronia entre o período de forrageamento dessas espécies e o período de florescimento das espécies cultivadas (Garófalo *et al.* 2004). Há ainda que se considerar a necessidade de estudos que permitam avaliar e controlar os riscos que o aumento populacional dessas espécies, para emprego em condição de cultivos abertos, poderia causar para as demais espécies solitárias não necessariamente consideradas polinizadores em potencial.

Talvez a conservação de sítios de nidificação e forrageamento seja um primeiro passo em direção ao domínio das técnicas de manejo e conservação das espécies importantes para a polinização de cultivos.

### **Provimento de habitats: Conservação e criação de habitats de forrageamento**

A presença de habitats de forrageamento próximo aos campos de cultivo é fundamental, principalmente quando se considera plantio de tomate em sistema aberto e a fauna associada às flores dessa espécie, pois muitas destas espécies são relatadas como tendo raio de vôo restrito.

Além disso, é importante considerar a grande variedade de espécies. É necessário garantir uma grande diversidade de flores, uma vez que há uma grande variabilidade quanto ao tamanho do corpo, comprimento da probóscide, demanda energética e preferências por diferentes concentrações de néctar.

A análise do pólen encontrado no corpo das abelhas coletadas em flores de tomateiro revelou a presença de uma grande variedade de tipos polínicos diferentes daqueles encontrados nas espécies de plantas ruderais e ornamentais observadas florescendo nas propriedades estudadas. Isso revela que as abelhas de fato forrageiam em uma grande variedade de plantas e que podem se deslocar para além dos limites estabelecido como de entorno dos cultivos.

Considerando, portanto, essas particularidades dos potenciais polinizadores de tomate, pode-se sugerir várias medidas para garantir alimento o ano todo, principalmente fora do período de florescimento dos tomateiros, mas principalmente fontes de néctar para todas as espécies e fontes de óleo para os Centridini:

1 – Áreas já existentes, como fragmentos de mata, linhas de manutenção de rede elétrica, beira de estradas, bordas de campos cultivados, bordas de cercas e represas podem ser aproveitadas para o plantio de espécies ricas em pólen, néctar e óleo. Embora esses sítios possam ser enriquecidos, muitas vezes basta protegê-los contra o pisoteio pelo gado, contra o fogo e contra agrotóxicos. Ao mesmo tempo, é importante manter faixas em diferentes estágios sucessionais, sendo, portanto necessário prever um regime controlado de roçadas.

2 - Considerar formas de cultivo que beneficiem a fauna nativa, provendo áreas de forrageamento para os períodos entre safras por meio de seleção de espécies ricas em recursos para a adubação verde e a cobertura do solo. Uma propriedade de produção diversificada favorece uma fauna de abelhas diversificada.

3 - É necessário que se tenha flores o ano todo. Entre as espécies mais frequentemente visitadas pelas abelhas coletadas em flores de tomateiros no estudo realizado, salientam-se *Leonurus sibiricus* (cordão de frade), *Solanum aculeatissimum* (juá bravo), *S. americanum* (maria preta), *Bidens pilosa* (picão preto) e *Emilia*

*sonchifolia* (pincel de estudante). Todas estas espécies apresentam longos períodos de florescimento, exceto *S. aculeatissimum*, que apresenta flores esparsas e pequenas, de modo que seu valor como fonte de recurso pode ser limitado.

O planejamento de cultivos que floresçam em períodos seqüenciais, o estabelecimento de um calendário de florescimento das plantas em pomares, jardins e habitat secundários, são formas de garantir alimento o ano todo para a fauna de polinizadores. É importante o planejamento de sítios mais ou menos permanentes não se perdendo a oportunidade de aproveitar os habitats temporários

Um aspecto ao qual o responsável pelo manejo deve estar atento é o fato de que muito embora a observação de plantas visitadas pelas abelhas seja um ponto de partida interessante para a proposição de formação de pasto apícola, o desconhecimento sobre aspectos biológicos dessas plantas pode levar a situações de prejuízo maior que a quebra na produtividade em função da falta de polinizadores. Muitas plantas ruderais são também reservatórios de viroses e ainda, algumas podem ser mais atrativas que o próprio cultivo. Os limites de segurança para a tolerância de plantas anuais com potencial de invasoras é também desconhecido para a maior parte das espécies.

Outro aspecto a ser considerado é o fato de que pouco se sabe sobre a flutuação sazonal dessas espécies. O planejamento de plantios que possam garantir a disponibilidade de recursos o ano todo, fora do período de floração do tomate quando se trata de fontes de pólen, e, inclusive, durante a floração dos tomateiros quando se trata de fontes de néctar e óleo fica bastante dificultado.

As observações e a coleta de informações necessárias para que um planejamento seguro e eficiente possa ser formulado demandam tempo e recursos humanos, experimentos e uma equipe multidisciplinar que aporte conhecimentos sobre os diferentes aspectos da questão.

### **Objetivo específico 3 – Redução dos riscos de contaminação por agrotóxicos**

#### **Estratégias de ação**

As áreas de refúgio nas propriedades, bem como os sítios de ninhos e de forrageamento identificados ou implantados devem ser protegidos da ação de agrotóxicos por meio da criação de zonas tampão, onde não se aplique qualquer tipo de produto que possa colocar em risco de contaminação as flores utilizadas pelas abelhas e os próprios ninhos. Essas áreas podem ainda ser protegidas com a criação de barreiras quebra - vento.

Outra estratégia importante é o planejamento de aplicação de agrotóxicos respeitando as horas do dia de maior atividade das abelhas. Dias de muito vento também devem ser evitados. A escolha do produto a ser empregado deve ser pautada pela maior segurança à fauna possível.

A implantação e a efetividade dessas medidas, entretanto, ficam na dependência de vários fatores. A propriedade deve ter tamanho suficiente para a liberação de áreas de tamponamento sem que a produtividade seja comprometida. A vizinhança deve abrigar propriedades que adotem os mesmos critérios de uso de agrotóxicos. Ainda assim, o alcance dessa prática é limitado, uma vez que há espécies que forrageiam desde muito cedo ou até mais tarde no campo e também por longos períodos durante o ano.

### 3.5 - Estratégias para implementação dos planos de manejo

O sucesso de qualquer plano de manejo depende diretamente do estabelecimento de parcerias que possam garantir a efetiva implantação e a manutenção, de forma auto-sustentável, dos benefícios gerados a partir dessa implantação. Dessa forma, um componente essencial de um plano de manejo para polinizadores e seus habitats seria um plano de ações que visem desenvolver, assegurar e manter apoio para as propostas de manejo e conservação de habitats nas áreas de cultivo de tomate.

#### 3.5.1 - Despertar o interesse dos diferentes setores pelos polinizadores nativos e a preocupação com os riscos de desaparecimento dessas espécies

- Elaborar textos, guias e manuais dirigidos aos produtores rurais, técnicos agrícolas e extensionistas, dos quais constem informações sobre a importância dos polinizadores para o aumento da produtividade agrícola, sobre aspectos da biologia das principais espécies de visitantes florais e dos riscos a que estão expostos no ambiente dos cultivos.

- Desenvolver programas educacionais para diferentes setores, incluindo escolas e cooperativas de produtores rurais, por exemplo.

- Produzir textos, audiovisuais e outros materiais didáticos que facilitem a inclusão do tema no currículo escolar em diferentes níveis.

Uma limitação a esta estratégia é a escassez de dados sobre espécies em particular e principalmente sobre estudos de caso concretos em que técnicas de manejo tenham resultado em aumento significativo, quantificado, de produtividade.

#### 3.5.2 - Demonstrar os impactos dos programas de manejo de habitats sobre a produtividade do cultivo.

- Conduzir pesquisas que permitam quantificar o valor econômico dos polinizadores com ênfase no aumento da produtividade. Além disso, demonstrar as relações entre manejo e mudanças nas populações de polinizadores e na proporção de visitas às flores.

A avaliação dos benefícios das ações implantadas deve permitir que os proprietários possam relacionar o manejo com melhores resultados de colheita, por exemplo. Disso depende a disposição para experimentar em suas propriedades as técnicas de manejo sugeridas e a confiança nos resultados a serem obtidos.

Deve-se criar, identificar e aproveitar todas as oportunidades para a demonstração de técnicas de manejo já testadas em sítios demonstrativos implantados com essa finalidade. Ocasões como workshops, dias de campo e visitas monitoradas são boas oportunidades de divulgação das técnicas de manejo.

A valoração dos serviços prestados por polinizadores é ainda incipiente. O estabelecimento de sítios demonstrativos depende de recursos humanos e materiais e, principalmente da constância na realização de pesquisa de modo que lacunas no conhecimento de técnicas de manejo de habitats e espécies possam estar constantemente sendo preenchidas.

### 3.5.3 - Fomentar ações conjuntas com vistas à conservação de polinizadores

– Organização de proprietários em cooperativas e redes de conservação de modo que medidas conjuntas possam beneficiar a todos e especialmente potencializar as ações relacionadas ao manejo de habitat adotadas individualmente, em propriedades particulares.

Essa é uma estratégia fundamental uma vez que as populações de abelhas solitárias são altamente flutuantes no tempo e no espaço e, portanto, um polinizador pode estar ausente de uma área em um determinado momento e presente em momentos posteriores, ou não ocorrer em um sítio específico, mas em sítios adjacentes, a partir dos quais pode vir a colonizar ou recolonizar as áreas próximas aos campos de cultivo. Isso reforça a importância das redes de conservação, envolvendo grupos de proprietários que possam prover sítios de nidificação e forrageamento para polinizadores em geral.

Essa medida se torna mais importante quando se considera que a manutenção de uma alta diversidade de espécies garante complementaridade nos serviços de polinização (cultivos que florescem por longo período, ou que apresentam mais de uma safra em diferentes períodos) e ainda quando se considera que diferentes espécies de abelhas podem ser mais efetivas em diferentes espécies de plantas (diferentes formatos, tamanhos e recursos em flores), ou podem interagir de modo a aumentar a efetividade umas das outras.

– Estabelecimento de acordos conjuntos que garantam a proteção de áreas de fragilidade, a reserva de refúgios para a fauna, a promoção de recuperação e estabelecimento de áreas de conexão entre esses refúgios de modo que a paisagem como um todo seja manejada e abrigue habitats de nidificação e forrageamento para a fauna de polinizadores.

– Estabelecimento de um calendário conjunto de aplicação de agrotóxicos compatível com o ciclo de atividades dos polinizadores nas flores. Se por um lado essa medida aumenta a segurança dos polinizadores, por outro, pode ser inviável, dado que diferentes proprietários podem cultivar diferentes espécies, cada uma com um calendário de manejo próprio e não necessariamente coincidentes.

- Promover a integração de diferentes programas de conservação na rede, aproveitando a oportunidade de troca de informações e a otimização de investimentos na formação e treinamento de pessoal para a ecologia e o manejo de polinizadores.

Um aspecto importante que deve ser observado é que ações conjuntas, desenvolvidas de forma voluntária não são usuais. Dessa forma, o Plano deve prever estratégias de trabalho em grupo, envolvimento das políticas públicas no programa de ações de modo que os proprietários se sintam estimulados a agir cooperativamente. Isso exige equipe habilitada para o trabalho social e político.

### 3.6 - Monitoramento e avaliação do Plano de Ações

A sustentabilidade de um plano de ações exige monitoramento contínuo do estado de conservação e dos indicadores de recuperação do objeto a ser conservado ou recuperado. Esse acompanhamento permite identificar a necessidade de redirecionamento das ações propostas e dos esforços.

### **Estratégias de ação:**

#### **3.6.1 - Monitorar as populações de polinizadores e a qualidade dos habitats.**

Essa estratégia permite avaliar a efetividade das ações propostas no alcance dos objetivos de conservação.

#### **3.6.2 - Pesquisar e monitorar o envolvimento da população.**

Deve ser avaliado tanto o envolvimento da população com o plano de ações como a aquisição de conhecimentos dessa população sobre o papel dos polinizadores na produção, suas necessidades em termos de recursos e condições e sobre os riscos a que estão expostos frente às perturbações causadas pela atividade agrícola sobre seus habitats.

#### **3.6.3 - Atualizar as informações sobre o desempenho do plano de ações e revisá-lo**

A qualquer momento que se faça necessário o Plano de Ações deve ser revisado. Essa revisão entre outras funções permite a reformulação das propostas para melhor adaptação às condições da área e dos proprietários envolvidos no programa.

O monitoramento do Plano de Ações implica na continuidade por longo prazo dos investimentos em sua manutenção uma vez que muitos dos resultados só poderão ser observados após alguns anos a partir da implantação da ação. Esse é o caso, por exemplo, do acompanhamento da regeneração de refúgios, do estabelecimento de pasto apícola, da consolidação de sítios de nidificação e do crescimento populacional das espécies de polinizadores.

## **4. Referências Bibliográficas**

- BOTI, J.B., MATIELLO, H.N. 2003. Entomofauna visitantes florais da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L., Malpighiaceae). In Anais do 54º Congresso Nacional de Botânica, Belém.
- BUCHMANN, S. 2004. Aspects of Centridini Biology (*Centris* spp.), importance for pollination and the use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinators of tomatoes and other crops. In Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds.). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- CÂMARA, J.Q., SOUZA, A.H., VASCONCELOS, W.E., FREITAS, R., MAIA, P.H.S., ALMEIDA, J.C. & MARACAJÁ, P.B. 2004. Estudos de meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* D. no município de Jandaíra, RN. Revista de Biologia e Ciências da Terra 4:1-20.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1982. On The binomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) In Southern Brazil. I - Nest construction and biological cycle. Revista Brasileira de Biologia 42:571-582.
- CAMILLO, E., GARÓFALO, C.A. & MUCCILLO, G. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) In the Southern Brazil: Nest construction and biological cycle (Hymenoptera, Anthophoridae). Revista Brasileira de Biologia 46:383-393.
- CAMPOS, M.J.O., PIZANO, M.A., MALASPINA, O., GIORDANO, L.C., LEUNG, R., CHAUD NETO, J., GOMIG, E.G., PRATA, E.G.B., PATRICIO, G.B., FERREIRA, B., FANG, H.S. & SOUZA, E.S. 2006. Manejo agrícola e riqueza de polinizadores. In Anais do VII Encontro Sobre Abelhas, Ribeirão Preto, p.1-8.

- CAPALBO, D.M.F. & FONTES, M.G. 2004. GMO Guidelines Project. Embrapa – Meio Ambiente, documento 38.
- CAPELARI-NAXARA, S.R., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & ALVES DOS SANTOS, I. 2002. O uso e eficiência dos meliponídeos do gênero *Melipona* para a polinização de tomate (*Lycopersicon sculentum*). In Anais do V Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, p.340.
- CARVALHO DA SILVA, J.B., GIORDANO, L.B., FURUMOTO, O., BOITEUX, L.S., FRANÇA, F.H., BÔAS, G.L.V., BRANCO, M.C., MEDEIROS, M.A., MAROUELLI, W., SILVA, W.L.C., LOPES, C.A., ÁVILA, A.C., NASCIMENTO, W.M. & PEREIRA, W. 2003. Cultivo de tomate para industrialização. Sistema de Produção 3, Embrapa. <http://www.cnph.Embrapa.br/sistprod/tomate/index.htm>
- CRUZ, D.O., FREITAS, B.M., SILVA, L.A., SILVA, E.M.S. & BOMFIM, I.G.A. 2004. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. Acta Scientiarum Animal Sciences 26:293-298.
- CRUZ, D.O., FREITAS, M.B., SILVA, L.A., SILVA, E.M.S. & BONFIM, I.G.A. 2005. Polination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira 40:1197-1201.
- DEL SARTO, M.C.L., PERUQUETTI, R.C. & CAMPOS, L.A.D. 2005. Evolution of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. Journal of Economic Entomology 98:260-266.
- DODSON, M., BACHMANN, J. & WILLIAMS, P. 2002. Organic greenhouse tomato production. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. [www.attra.ncat.org/attra-pub/ghtomato](http://www.attra.ncat.org/attra-pub/ghtomato).
- FAO - FAOSTAT. Database. <http://faostat.fao.org>.
- FREITAS, B.M. & PEREIRA, J.O.P. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate cashew (*Anacardium occidentale*)? In Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- GAGLIANONE, M.C. & HOFFMAN, M. 2006. Polinizadores do maracujá amarelo no Norte Fluminense. In Anais do VII Encontro Sobre Abelhas. Ribeirão Preto, Simpósio 17.
- GARÓFALO, C.A., MARTINS, C.F. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests. In Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- GREENLEAF, S.S. & KREMEN, C. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surroundings land use in Northern California. Biological Conservation 133:81-87.
- GREENLEAF, S.S. 2005. Local – scale and foraging – scale habitats affect bee community abundance, species richness, and pollination services in Northern California. PhD Thesis, Princeton University, Princeton.
- HEARD, T.A. 1999. The role of stingless bees in crop pollination. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 44:183-206.

HOGENDOORN, K. 2004. On promoting solitary bee species for use as crop pollinators in greenhouses In Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds). Universidade Federal do Ceará Fortaleza, p.213 -221.

IKEDA, F. & TADAUCHI, Y. 1995. Use of bumblebees as pollinators on fruits and vegetables. Honey Bee Science 16: 49-56.

MAETA, Y., TEZUKA, T., NADANO, H. & SUZUKI, K. 1992. Utilization of the Brazilian stingless bee *Nannotrigona testaceicornis* as a pollinator of strawberry. Honey Bee Science 13:71-78.

MALAGODI-BRAGA, K.S., KLEINERT, A.M.P. 2002. A produção de morangos sob o efeito da polinização por jataí (*Tetragonisca angustula*). In V Encontro Sobre Abelhas. Ribeirão Preto.

MELO, G.A.R., VARASSIN, I.G., VIEIRA, A.O.S., MENEZES JR, A.O., LÖWENBERG-NETO, P., BRESSAN, D.F., ELBL, P.M., MOREIRA, P.A., OLIVEIRA, P.C., ZANON, M.M.F., ANDROCIOLI, H.G., XIMENES, D.S.M., CERVIGNE, N.S., PRADO, J. & IDE, A.K. 2006. Polinizadores de maracujás no Paraná. In Anais do VII Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto.

MICHENER, C.D. 2000. The Bees of the World. Baltimore: John Hopkins UP.

OLIVEIRA, P.E. 2006 – Sustainable management of pollinators and passionfruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) production in Central Brazil. In Anais do VII Encontro Sobre Abelhas, Ribeirão Preto, Simpósio 17.

RAW, A. 2000. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. Annals of Botany 85:487-492.

REGO, M. & ALBUQUERQUE, P. 2006. Polinização do Murici. São Luis, MMA/EDUFMA.

RICKETTS, T.H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. Conservation Biology 18:1262-1271.

RUDORFF, B.F.T., BERKA, L.M.S., XAVIER, A.C., MOREIRA, M.A., DUARTE, V., ROSA, V.G.C. & SHIMABUKURO, Y.E. 2004. Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2003/2004. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p.1-47.

SANTOS, S.A.B. 2004. Polinização em Culturas de Pepino *Cucumis sativus* por *Scaptotrigona* aff. *depilis* e *Nannotrigona testaceicornis* (Hym. Meliponini). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

SCHLINDWEIN, C., MARTINS, C.F., ZANELLA, F.C.V., ALVES, M.V., CARVALHO, A.T., DARRAULT, R.O., DUARTE JR, J.A., OLIVEIRA, M.D., FERREIRA, A.G., GUEDES, R.S., FERREIRA, R.P., SILVA, C.E.P., SILVEIRA, M.S. & VITAL, M.T.A.B. 2006. Diagnóstico e manejo dos polinizadores de mangabeira e aceroleira. In Anais do VII Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto, Simpósio 17.

STEFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia 121:432-440.

STEFFAN-DEWENTER, I. 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. Conservation Biology 17:1036 – 1044.

VELTHUIS, H.H.W. & VAN DOORN, A. 2004. The breeding, commercialization and economic value of bumblebees. In Solitary bees conservation, rearing and management for pollination (B.M. Freitas & J.O.P. Pereira, eds.). Universidade Federal do Ceará Fortaleza, p.135-149.

WILLE, A. 1983. Biology of the stingless bees. Annual Review of Entomology 28:41-64.

WITTER, S. & BLOCHTEIN, B. 2003. Efeito da polinização por abelhas e outros insetos na produção de sementes de cebola. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38:1399-1407.

## 1. Índice Remissivo

### A

#### Abelha

abelhas melíferas. Ver 24; 26; 27; 320; 339.

abelhas sem ferrão. Ver 20; 27; 46; 48; 129; 320.

abelhas solitárias. Ver 145; 147; 178; 202; 203; 262; 288; 297; 382; 387; 395.

#### Açai

Açaizeiro. Ver 97; 98; 103; 106; 117 - 129.

Acanthopus excellens. Ver 290.

#### Acerola

Aceroleira. Ver 125; 131; 157; 176 - 179; 382; 383.

#### Acosmium

Acosmium dasycarpum. Ver 306.

Acosmium subelegans. Ver 306.

Aellopos fadus. Ver 85; 90.

#### Agavaceae

Agave sisalana. Ver 264; 265.

Ageratum conyzoides. Ver 378; 381.

Agrius cingulatus. Ver 85; 90.

Agroecosistema. Ver 24; 28; 281; 309; 332; 364.

Agrotóxico. Ver 19; 21; 23; 27; 43-45; 178; 192; 268; 271-273; 277; 293; 337; 338; 350; 346; 359; 363; 373; 386; 389; 392-395.

Algaroba. Ver 274.

#### Algodão

Algodoeiro. Ver 203; 383.

#### Allamanda

Allamanda blanchetii. Ver 90; 94.

Allamanda cathartica. Ver 90; 94.

Alternanthera ficoidea. Ver 378.

Amaranthaceae. Ver 378.

#### Amaranthus

Amaranthus hybridus. Ver 378.

Amaranthus retroflexus. Ver 378.

Amaranthus spinosus. Ver 378; 381.

Amaranthus viridis. Ver 378.

Amazônia Oriental. Ver 106; 117; 124; 127.

Amendoeira. Ver 264; 270.

Anarcadiaceae. Ver 379.

Ancyloscelis apiformis. Ver 189; 202.

Andira. Ver 305.; Ver 358.

#### Annona

Annona coriacea. Ver 51; 52; 54 - 56; 59 - 63; 70; 74.

Annona dioica. Ver 51 - 54; 57; 58; 62

Annona muricata. Ver 53; 54; 62; 65 - 74.

Annonaceae. Ver 51 - 53; 55; 57; 58; 65; 68; 71; 73.

Antera. Ver 16; 17; 37; 41; 42; 52 - 61; 66; 70; 80; 82; 98; 131; 133; 134; 158; 162; 164 - 166; 178; 179; 185.; Ver 194; 211; 213; 215; 223; 224; 232; 243; 247; 259 - 263; 267; 273; 285; 286; 289; 295; 305; 319; 326.; Ver 319; 326; 336; 338; 348; 353; 371; 374; 382; 383.

Antese. Ver 37; 52 - 61; 66 - 74; 81; 86; 89; 92; 98 - 101; 124; 133; 158; 184 - 188; 193; 196; 209 - 225; 231.; Ver 234 - 236; 259; 261; 285 - 287; 319; 336; 338; 348; 353; 355; 361.

Anthidiini. Ver 136; 329.

Anthracothonax nigricollis. Ver 222; 223; 228; 241; 242.

Anthrenoides. Ver 374; 375.

Apidae. Ver 83- 85; 136; 159; 173; 189; 221 - 223; 225; 262; 281; 321; 323; 373 - 376; 386;

Apis mellifera. Ver 18 - 27; 38; 42; 103; 136; 137; 156; 159 - 163; 174; 185; 189; - 197; 202; 203; 220 - 236; 242; 249.; Ver 260; 262; 263; 273; 285; 286; 290; 293; 294; 305 - 311; 320 - 323; 336 - 340; 344; 353 - 357.; Ver 363 - 366; 374; 375; 379.

Apocynaceae. Ver 79; 84; 87 - 91; 93; 94; 325; 326; 329.

Apomítica. Ver 38.

Apomixia. Ver 133.

Araceae. Ver 68; 70; 73.

Área de entorno. Ver 20; 27; 46; 72; 359; 390.

Arecaceae. Ver 97; 264.

Arriguttia brevíssima. Ver 59; 60; 62. Asclepiadaceae

Asclepias curassavica. Ver 379.

Asteraceae. Ver 325.

#### Augochlora

Augochlora esox. Ver 189; 202.

Augochlora thalia. Ver 189; 202.

Augochloropsis. Ver 136; 137; 374 - 376.

Autopolinização. Ver 63; 83; 102; 133; 158; 159; 195; 196; 198; 200; 215; 262; 349.

#### Avicenniaceae

Avicennia germinans. Ver 105; 106.

### B

Bacharis. Ver 305.

Bahia. Ver 12; 13; 35; 73; 79; 135; 255; 257; 258; 262 - 268; 271.

Bauhinia. Ver 305.

Belvosia bicincta. Ver 21 - 24.

Bephratelloides pomorum. Ver 66.

Besouro. Ver 18; 40; 52; 57 - 63; 66 - 74; 99; 166; 277; 316.

Bidens pilosa. Ver 378; 381; 392.

Bignoniaceae. Ver 89; 92; 166; 177; 247; 306; 325; 326; 329; 358.

Biologia da nidificação. Ver 324; 329.

Biologia floral. Ver 14; 19; 36; 184.

Bixaceae. Ver 105; 247.

Bixa orellana. Ver 105; 247.

Blainvillea rhomboidea. Ver 378.

Blattodea. Ver 18; 57.

Boerhavia coccinea. Ver 90.

Boerhavia diffusa. Ver 90.

Bombacaceae. Ver 264.

#### Bombus

Bombus brevivillus. Ver 84.

Bombus (Fervidobombus)

brasiliensis. Ver 221; 223.

Bombus (Fervidobombus) morio.

Ver 221; 222 - 225; 231; 320; 375; 383.

Bombus terrestris. Ver 372; 383.

Borboleta. Ver 356.

Borreria. Ver 305.

Bowdichia virgilioides. Ver 80; 177; 306.

Brachygastra. Ver 19 - 21; 24.

- Brassicaceae. Ver 265; 274; 379.  
 Braúna. Ver 46; 274.  
 Bugalotis. Ver 84.  
 Burseraceae. Ver 46; 264; 274; 325; 358; 359; 362.
- Byrsonima  
 Byrsonima basiloba. Ver 306.  
 Byrsonima coccolobifolia. Ver 306.  
 Byrsonima crassa. Ver 306.  
 Byrsonima crassifolia. Ver 131 - 139; 143; 146; 147; 382.  
 Byrsonima intermedia. Ver 43; 172; 188; 306.  
 Byrsonima verbascifolia. Ver 131; 306.
- C**
- Caatinga. Ver 13; 14; 17; 24; 25; 27; 35; 46; 87; 131; 157 - 165; 177 - 179; 256; 264; 267 - 270; 273; 274; 277.; Ver 346; 357; 362; 377.  
 Caesalpinaceae. Ver 306; 325; 326.  
 Caesalpinia  
 Caesalpinia echinata. Ver 177; 383.  
 Caesalpinia ferrea. Ver 166; 177; 383.; Ver 267.; Ver 46; 166; 177; 274.  
 Cajanus. Ver 305.  
 Cajanus cajan. Ver 48; 296; 379.  
 Cajueiro. Ver 264; 298; 359.  
 Caladium bicolor. Ver 68; 135; 157.  
 Calliandra. Ver 88; 89; 94.  
 Cambessedesia. Ver 305.  
 Canafistula. Ver 247.  
 Canavalia rosea. Ver 267.  
 Cantarofilia. Ver 66.  
 Capacitação. Ver 27; 28; 128; 341; 364.  
 Capparis. Ver 87; 265; 266.  
 Caramanchão. Ver 208; 236; 271.  
 Cardamine bonariensis. Ver 379.  
 Carpelos. Ver 52; 69; 70; 132; 319.  
 Caryocaraceae  
 Caryocar brasiliense. Ver 306.
- Cassia  
 Cássia de besouro. Ver 166.
- Catingueira. Ver 46; 165; 166; 177; 267; 274.
- Cenchrus echinatus. Ver 379.  
 Centridini. Ver 84; 134 - 136; 140; 147; 156; 159; 162; 163; 165; 176 - 178; 226; 288; 329; 335; 376; 382; 383; 392.
- Centris  
 Centris (Centris)  
 aenea. Ver 140; 157; 158 - 164.  
 caxiense. Ver 135 - 137; 159.  
 flavifrons. Ver 136; 137; 140; 143 - 146; 159; 320; 321.  
 leprieuri. Ver 135 - 137.  
 nitens. Ver 159; 162; 374.  
 spilopoda. Ver 136; 137; 157; 159; 162.  
 Centris (Hemisiella)  
 tarsata. Ver 140; 147; 157; 158; 169 - 176; 178; 179; 374; 383.  
 trigonoides. Ver 140; 157; 173 - 176; 383.  
 Centris (Heterocentris)  
 analis. Ver 137; 140; 146; 157; 159; 161; 162; 163; 168 - 179; 383.  
 terminata. Ver 221; 222.  
 trigonoides. Ver 137; 140; 157; 159; 173 - 176; 383.  
 Centris (Melacentris)  
 obsoleta. Ver 136; 137; 140; 143; 144; 146; 159.  
 Centris (Paracentris)  
 hyptidis. Ver 159.  
 Centris (Ptilotopus)  
 decipiens. Ver 221.  
 denudans. Ver 290.  
 scopipes. Ver 150; 180; 290; 320.  
 sponsa. Ver 135 - 137; 157; 161; 162.  
 Centris (Trachina)  
 longimana. Ver 136; 137; 160; 290; 320; 321; 323.  
 similis. Ver 222; 223; 374.  
 sp.n.. Ver 136 - 138; 143.  
 Centris (Xanthemisia)  
 bicolor. Ver 84; 135 - 138; 157; 160; 221; 222; 323.  
 cf. ferruginea. Ver 160; 320.
- Ceratina  
 Ceratina (Crewella). Ver 222.  
 Ceratina paraguayensis. Ver 68; 189; 202.
- Cerconota anonella. Ver 66.  
 Cerrado. Ver 15; 51 - 54; 58; 60; 62; 63; 79; 80; 94; 131; 132; 140; 143; 146; 282; 300; 302; 304; 329; 346; 377.  
 Cestrum sendtnerianum. Ver 378.  
 Chamaecrista. Ver 177; 178; 247; 295; 305; 366.  
 Chamaesyce. Ver 90.  
 Chloris polydactyla. Ver 379.  
 Chrysididae. Ver 174.  
 Chrysobalanaceae. Ver 80; 306.  
 Cleome spinosa. Ver 89; 94; 274; 375.  
 Cnidoscolus  
 Cnidoscolus quercifolius. Ver 84; 90.  
 Cochlospermum. Ver 305.  
 Cocos nucifera. Ver 123; 263 - 265; 359.  
 Coelioxys. Ver 172 - 174.  
 Coleoptera. Ver 18; 19; 40; 41; 52; 57; 123.  
 Coleópteros. Ver 18; 52.  
 Combretaceae. Ver 89; 94; 264.  
 Commelinaceae  
 Commelina. Ver 24; 379.  
 Commelina benghalensis. Ver 379.  
 Commiphora leptophloeos. Ver 46; 263 - 265; 274; 358; 359; 362; 364.  
 Compositae. Ver 378.  
 Conservação da biodiversidade. Ver 9.  
 Controle biológico. Ver 43; 44; 337; 338.  
 Convolvulaceae. Ver 24; 87; 89; 90; 177; 358; 378.  
 Coqueiro. Ver 33; 123; 157; 264; 269; 270; 359; 362.  
 Cordia. Ver 87.  
 Cosmos caudatus. Ver 378.  
 Couepia. Ver 305; 306.  
 Couepia grandiflora. Ver 306.  
 Craibeira. Ver 166; 177.  
 Crescimento do tubo polínico.  
 Ver 103; 287.  
 Crotalaria  
 Crotalária. Ver 267.  
 Incana. Ver 379.  
 Retusa. Ver 267; 326; 358.  
 Spectabilis. Ver 306; 308; 379.  
 Croton glandulosus  
 . Ver 379.  
 Cuculionidae  
 . Ver 68.

- Cucurbitaceae  
. Ver 213; 219; 236; 378.
- Cultivar  
. Ver 117; 118; 184; 188; 202; 395.
- Cultivo  
Cultivo convencional. Ver 15; 19 - 23; 41; 370; 371; 373 - 380.  
Cultivo orgânico. Ver 15; 19 - 21; 248; 370 - 383.
- Cultura. Ver 9; 11; 12; 17; 19; 23; 24; 27; 28; 34 - 46; 65 - 69; 73; 74; 97; 103 - 106; 118 - 120; 124 - 126;; Ver 156; 171; 178; 179; 183; 190; 193; 195; 197; 202; 203; 207; 208; 220; 243; 244; 247; 248; 255; 256;; Ver 268; 271; 272; 274 - 277; 281 - 285; 288; 291; 292; 309; 315; 316; 320; 322; 338 - 341; 354;; Ver 362 - 364; 371; 383.
- Cuphea  
Cuphea carthagenensis. Ver 379.  
Cuphea flava. Ver 88.
- Cupuaçu  
Cupuaçuzeiro. Ver 9; 119.
- Curatella americana. Ver 80; 90.
- Curculionidae. Ver 68; 123.
- Custo. Ver 26; 43; 44; 74; 103; 118; 126; 242 - 248; 272 - 277; 281; 285; 288; 292 - 295; 298; 307 - 309; 333.; Ver 334; 338 - 340; 345; 363; 364; 388.
- Cyclocephala  
Cyclocephala atricapilla. Ver 57 - 61.  
Cyclocephala celata. Ver 68; 76.  
Cyclocephala distincta. Ver 68.  
Cyclocephala latericia. Ver 68.  
Cyclocephala octopunctata. Ver 57 - 60.  
Cyclocephala ohausiana. Ver 59; 60.  
Cyclocephala paraguayensis marginella. Ver 68.  
Cyclocephala undata. Ver 59; 60.  
Cyclocephala vestita. Ver 68; 69; 72 - 74.
- Cyclocephalini. Ver 59; 60; 66; 68; 70; 72; 74.
- Cyperaceae. Ver 379.
- Cyperus distans. Ver 379.
- D**  
Dalbergia  
Dalbergia miscolobium. Ver 306.  
Dalbergia nigra. Ver 306.  
Déficit de polinizadores. Ver 67; 156; 233; 322; 350.  
Diadasina paraensis. Ver 188; 189; 202.  
Dialictus  
Dialictus opacus. Ver 189; 202.  
Dicogamia  
. Ver 52; 209.  
Dicranthidium  
. Ver 136; 138; 169.  
Dilleniaceae  
. Ver 80; 90.  
Dione junco  
. Ver 321.  
Diptera  
. Ver 18 - 20; 40; 41; 44; 52; 174; 220.  
Dípteros  
. Ver 18 - 23; 25; 103.  
Diversidade  
. Ver 9; 18; 19; 23; 51; 94; 103; 131; 134; 139; 146; 148; 178; 207; 213; 215; 221; 224; 225; 275; 289.; Ver 295; 304; 322; 335; 337; 340; 341; 351; 373; 375; 377; 387; 388; 392; 395.  
Doenças  
. Ver 11; 12; 36; 44 - 46; 124; 171; 284; 316; 337; 338; 346; 350; 364; 376.  
Duranta repens  
. Ver 177; 379; 383.  
Dynastinae  
. Ver 52; 66; 72; 76.  
Dysocephaly nicephorces. Ver 84.
- E**  
Eclipta alba  
. Ver 378.  
Elaióforo  
. Ver 131; 134; 156; 162.  
Emilia sonchifolia  
. Ver 378; 381; 392.  
Enterolobium ellipticum  
. Ver 244; 306.  
Enxameação  
. Ver 106.  
Enxerco  
. Ver 274.  
Enyo ocytete  
. Ver 85; 90.  
Epanthidium  
. Ver 172; 173.  
Epicharis  
Epicharis (Epicharana)  
flava. Ver 138; 140; 157; 160 - 163; 290; 320; 321.  
Epicharis (Epicharis)  
bicolor. Ver 136; 138; 157; 160.  
umbraculata. Ver 135; 136; 138.  
Epicharis (Hoplepicharis)  
fasciata. Ver 221; 222 - 226; 320.  
Erechtites valerianaefolia. Ver 378.  
Erigeron linifolius. Ver 378; 381.  
Erinnyis ello. Ver 91.  
Eriotheca. Ver 305; 306.  
Eriotheca gracilipes. Ver 306.  
Erythroxylum  
Erythroxylum deciduum. Ver 306.  
Erythroxylum suberosum. Ver 306.  
Erythroxylaceae. Ver 306.  
Esfingídeo. Ver 83; 85 - 90; 92 - 94.  
Espaladeira vertical ou cerca. Ver 257.  
Espécie polilética. Ver 165; 176; 179; 299; 382.  
Estame. Ver 11; 16; 36; 52 - 55; 59; 61; 69 - 71; 131; 132; 134; 188; 221; 236; 259; 286; 319; 347; 371.  
Estenospermocarpia. Ver 18.  
Estigma. Ver 16; 17; 26; 36 - 39; 41; 42; 52 - 56; 66; 69; 86; 98; 98; 133; 134; 162 - 165; 184 - 188; 193; 194.; Ver 202; 203; 209 - 217; 223; 229; 232; 236; 243; 259; 263; 275; 286 - 289; 318 - 320; 326; 347; 371.  
Euglossa. Ver 84; 85; 321.  
Euglossini. Ver 83 - 85; 93; 94; 329.  
Eulaema  
(Apeulaema) nigrata. Ver 84; 225; 290.  
bombiformis. Ver 84.  
cingulata. Ver 84; 225; 320; 321.  
flavescens. Ver 84.  
Eupatorium. Ver 305.  
Eupatorium pauciflorum. Ver 378.  
Euphorbia. Ver 305.  
heterophylla. Ver 379.  
hirta. Ver 379.

- Euphorbiaceae. Ver 24; 88 - 91; 274; 330; 379.
- Euterpe oleracea. Ver 97 - 105; 121.
- Exaerete smaragdina. Ver 84.
- Exomalopsini. Ver 136; 375.
- Exomalopsis  
 analis. Ver 375.
- auropilosa. Ver 375.
- (Megomalopsis) fulvofasciata.  
     Ver 375.
- F**
- Fabaceae. Ver 80; 146; 163; 177; 247; 266; 267; 274; 306; 325; 326; 328.
- Fedegoso. Ver 247.
- Feijão-bravo. Ver 267.
- Fertilização. Ver 18; 38; 212; 287.
- Filopatria. Ver 298; 334.
- Flor  
 Flor estaminada. Ver 36; 37; 98.
- Flor feminina. Ver 97 - 101; 106.
- Flor hermafrodita. Ver 14 - 16; 20; 21; 26; 52 - 54; 288; 347; 371.;  
 Ver 16; 58.
- Flor pistilada. Ver 98.
- Floração. Ver 17; 18; 42 - 46; 55; 67; 92; 98; 133; 143; 148; 166; 176; 244; 248; 266; 285; 289; 293; 300; 302.; Ver 303; 305; 318; 319; 326; 337; 338; 347; 361; 371; 377; 393.
- Floresta Atlântica de Encosta. Ver 208.
- Floresta Ombrófila Densa. Ver 208; 324.
- Fluxo gênico. Ver 43; 62; 219; 242; 275.
- Formiga. Ver 14; 18; 19; 57; 113; 115; 126; 170; 242; 245.
- Fragrância. Ver 101; 225.; Ver 19; 23; 190; 192; 289; 290; 329; 357; 363.
- Frieseomelitta. Ver 27; 160; 163; 290.  
 varia. Ver 290.
- Fruticultura. Ver 12; 14; 35; 43; 157; 256; 282; 316; 345; 346.
- G**
- Galinsoga parviflora. Ver 378.
- Geitonogamia. Ver 38; 86; 87; 92; 103; 133.
- Gnaphalium spicatum. Ver 379.
- Goiaba. Ver 9; 26; 38; 358.
- Gomphrena celosioides. Ver 378.;  
 Ver 183.
- Graminae. Ver 379.
- Graviola. Ver 7; 62; 66; 70.
- Gravioleira. Ver 65 - 74; 157.
- Guettarda platyipoda. Ver 88.
- Guilda. Ver 41; 269; 288; 302; 372.
- H**
- Habitat. Ver 43; 45; 51; 72; 103; 120; 125; 242; 243; 248; 262; 268; 273; 304; 323; 324; 339; 340; 372; 377; 387.; Ver 388; 389; 392 - 396.
- Haden. Ver 14 - 22.; Ver 189; 373 - 376; 383; 386.
- Halictini. Ver 377.
- Hancornia speciosa. Ver 79 - 87; 92; 94.
- Heliconius  
 Heliconius nanna. Ver 84.
- Heliconius phyllis. Ver 84.
- Hemiptera. Ver 18; 19.
- Herbicida. Ver 67; 73.
- Hercogamia. Ver 52; 66; 261.
- Herisanthia crispa. Ver 24.
- Hesperiidae. Ver 83 - 86; 93; 94; 329.
- Heterópteros. Ver 18.
- Himatanthus phagedaenicus. Ver 90.
- Himenópteros. Ver 18 - 20; 23; 25 - 27; 178.
- Historis acheronta. Ver 84.
- Hyles euphorbium. Ver 85; 90.
- Hymenaea stigonocarpa. Ver 306.
- Hymenoptera. Ver 18 - 20; 40; 41; 57; 83; 84; 170; 172; 225; 321; 333.
- Hyptis suaveolens. Ver 90; 379.
- I**
- Imbiruçu. Ver 264.
- Imburana. Ver 46; 263; 264.  
 Imburana-de-cambão. Ver 46; 264; 268- 270; 274.
- Impatiens balsamina. Ver 379.
- Incompatibilidade. Ver 18; 133; 288; 294; 319; 349.
- Inga. Ver 88; 89; 94.
- Inimigos naturais. Ver 26; 28; 43; 45; 113; 114; 140; 243.
- Inseticida. Ver 43; 66; 73; 123; 148; 178; 190; 192; 193; 248; 271; 333; 337; 363.
- Inseto. Ver 9; 17 - 19; 21; 23 - 28; 39 - 44; 57; 58; 61; 66 - 70; 73; 82; 83; 92; 93; 98; 99; 102; 103; 106.; Ver 116; 123; 157; 167; 168; 186; 189; 192; 193; 223; 241; 242; 245; 260; 293; 320; 332; 337; 350; 354.; Ver 363; 390.
- Introdução de polinizador. Ver 103; 106.
- Ipê roxo. Ver 177; 238.
- Ipezinho do jardim. Ver 177.
- Ipomoea  
 Ipomoea aristolochiifolia. Ver 378.
- Ipomoea cynanchifolia. Ver 378.
- Ipomoea hederifolia. Ver 378.
- Ipomoea quamoclit. Ver 378.
- Irrigação. Ver 12; 14; 24; 26; 27; 33; 34; 120; 125; 155; 197; 256 - 258; 277; 278; 345; 363.
- Isognathus  
 Isognathus caricae. Ver 85; 90; 91.
- Isognathus menechus. Ver 85; 89.
- J**
- Jacaranda. Ver 238; 305.
- Jacatirão. Ver 240; 245; 247.
- Jatropha  
 Jatropha molíssima. Ver 274.
- Jatropha ribifolia. Ver 274.
- Jucá. Ver 166.
- Jurema. Ver 47; 264; 274.
- K**
- Keitt. Ver 12; 18.
- Kielmeyera. Ver 305.
- L**
- Labiatae. Ver 378.
- Lafoensia pacari. Ver 306.
- Lamiaceae. Ver 24; 89; 90.
- Latada. Ver 205; 208; 209; 291 - 293; 308; 309; 338.
- Leguminosae. Ver 24; 105; 302; 358; 379.
- Leonotis nepetaefolia. Ver 378.
- Leonurus sibiricus. Ver 378; 381; 392.
- Lepidium ruderae. Ver 379.
- Lepidoptera. Ver 18 - 20; 40; 41; 83; 84.
- Lepidópteros. Ver 18; 94; 271.
- Loranthaceae. Ver 88; 274.
- Luehea paniculata. Ver 88.
- Lycopersicum esculentum. Ver 371.
- Lygirus

- Lygirus cordatus. Ver 68.  
 Lygirus cuniculus. Ver 68.  
 Lythraceae. Ver 68; 379.
- M**
- Malpighiaceae. Ver 131; 136; 137; 143; 146; 147; 155; 156; 163; 178; 306; 325; 376; 383.  
 Malpighia emarginata. Ver 155 - 165; 171; 173; 176.  
 Malvaceae. Ver 24; 184; 325; 339; 379.  
 Mamangava. Ver 224; 232; 233; 236; 237; 240 - 242; 244 - 248; 285; 293; 294; 329; 333; 359; 361 - 364.  
 Mandevilla scabra. Ver 87.  
 Manduca  
 Manduca diffissa. Ver 85; 90.  
 Manduca sexta paphus. Ver 85; 90.  
 Manejo. Ver 9 - 400.  
 Manga. Ver 9; 11 - 14; 18; 26; 33 - 40; 42; 43; 46.  
 Mangaba. Ver 7; 79 - 83; 86; 87; 94.  
 Mangabeira. Ver 79 - 94; 157.  
 Mangifera indica. Ver 11; 16; 19; 20; 33; 36; 37; 39; 41; 264; 265; 358; 359; 379.  
 Maniçoba. Ver 35; 256; 257; 259; 262 - 264; 267 - 271; 274 - 277.  
 Manihot. Ver 89 - 91; 305.  
 Manihot esculenta. Ver 89.  
 Manihot glaziovii. Ver 90; 91.  
 Mantodea. Ver 18.  
 Maracujá  
 Maracujá-amarelo. Ver 26; 207; 208; 225; 231; 236; 247; 248; 255 - 277; 281 - 309; 315 - 341; 345 - 351; 361;.  
 Maracujá-azedo. Ver 207.  
 Maracujá doce. Ver 281; 282; 315; 326; 338; 346; 347; 349.  
 Maracujá silvestre. Ver 177; 295.  
 Mariposa. Ver 18; 40; 86; 93.  
 Marsypianthes chamaedrys. Ver 378.  
 Mata Atlântica. Ver 74; 80; 135; 159; 244; 323; 324; 335; 377.  
 Mata de tabuleiro. Ver 325; 326; 328; 329; 333 - 335; 339.  
 Mata pasto liso. Ver 166.  
 Mata pasto peludo. Ver 166.
- Matas alagáveis de igapó. Ver 105.  
 Mato Grosso. Ver 51; 53; 54; 62; 346; 369.  
 Megachile  
 Megachile (Sayapis) dentipes.  
 Ver 174.; Ver 174; 175.  
 Megachilidae. Ver 173.  
 Mel. Ver 26; 27; 106; 113; 114; 116; 126; 156; 273; 293; 294; 340; 362; 363.  
 Melhoramento genético. Ver 97; 103; 117.  
 Melipona  
 Melipona fasciculata. Ver 103 - 105; 110; 111; 115.; Ver 103; 105; 107; 108; 109; 112; 115; 127.  
 Melipona quadrifasciata. Ver 372; 383.  
 Meliponicultura. Ver 44; 116; 126; 127.  
 Melitoma segmentaria. Ver 189; 202.  
 Melitomella grisescens. Ver 189; 202.  
 Melochia pyramidata. Ver 379.  
 Mesocheira bicolor. Ver 173; 174.  
 Metaxênia. Ver 38.  
 Miconia. Ver 106; 305.  
 Mimosaceae. Ver 47; 88; 89; 94; 264; 306.  
 Mimosa pudica. Ver 24.  
 Mimosa tenuiflora. Ver 47; 264; 265; 274.  
 Mitostemma glaziovii. Ver 326; 329.  
 Mitracarpus hirtus. Ver 379.  
 Momordica charantia. Ver 378.  
 Moraceae. Ver 90; 240.  
 Mosca. Ver 18; 19; 21; 23; 25; 27; 40; 42 - 45; 63; 103; 113; 115; 116; 125; 248.  
 Muçambê branco. Ver 274.  
 Murici. Ver 9; 131 - 148; 382.  
 Musca domestica. Ver 18 -21.  
 Myrcia  
 Myrcia rostrata. Ver 306.  
 Myrcia tomentosa. Ver 306.  
 Myrcia uberavensis. Ver 306.  
 Myrcia variabilis. Ver 306.  
 Myristicaceae. Ver 105.  
 Myrtaceae. Ver 38; 88; 143; 163; 306; 325; 330; 379.
- N**
- Nascus phocus. Ver 84.  
 Neogene dynaeus. Ver 90.  
 Neuroptera. Ver 18; 43.  
 Nicandra physaloides. Ver 378; 381.  
 Nicotiana. Ver 90.  
 Ninhos  
 Ninhos armadilha. Ver 140; 146; 147; 157; 167 - 179; 240; 245; 298; 299; 308; 333; 334; 342; 383.  
 Ninhos racionais. Ver 178; 179; 288; 359; 364.  
 Nitidulidae. Ver 68.  
 Norte Fluminense. Ver 315 - 341.  
 Nyctaginaceae. Ver 89; 90.  
 Nymphalidae. Ver 83 - 85; 93; 94.
- O**
- Ochnaceae. Ver 306.  
 Odonata. Ver 19; 20.  
 Odontadenia. Ver 305.  
 Odor. Ver 58; 60; 61; 66; 70; 72; 74; 81; 92; 101; 116; 259; 349.  
 Ornidia obesa. Ver 20; 21.  
 Orthoptera. Ver 18.  
 Osmóforos. Ver 52; 57; 61; 101.  
 Ouratea. Ver 305; 306.  
 Ouratea spectabilis. Ver 306.  
 Óvulos. Ver 66; 69; 82; 86; 133; 158; 185; 186; 285; 287; 347; 348.  
 Oxaea  
 Oxaea austera. Ver 290.  
 Oxaea flavescens. Ver 290; 320; 374; 375.
- P**
- Pachodynerus guadulpensis. Ver 174; 175.  
 Pachylia  
 Pachylia ficus. Ver 85; 90.  
 Pachylia syces. Ver 85.  
 Pakinsonia aculeata. Ver 166.  
 Palicourea. Ver 305.  
 Palpada vinetorum. Ver 19 - 24.  
 Paraíba. Ver 34; 65; 72; 79 - 95; 155; 157 - 159; 164 - 166; 173; 176; 179; 183; 184; 369.  
 Paraná. Ver 67; 207 - 249; 282; 295; 309.  
 Paratetrapedia  
 Paratetrapedia punctifrons. Ver 136.  
 Paratetrapedia (Xanthopedia) globulosa. Ver 136.  
 Paratrigona lineata. Ver 290.  
 Parkinsonia aculeata. Ver 166; 177; 188.

- Parreira. Ver 236; 291; 293; 307 - 309; 338.
- Partamona helleri. Ver 223; 225.
- Partenocarpia. Ver 18.
- Parthenium hysterophorus. Ver 378.
- Passiflora
- Passiflora alata. Ver 221; 230; 327 - 329; 336.
- Passiflora allieacea. Ver 326 - 329.
- Passiflora cincinnata. Ver 177; 346; 348; 356; 357.
- Passiflora edulis. Ver 208; 212; 219; 221 - 225; 231; 258 - 261; 271; 273 - 276; 282; 287; 290; 295; 305; 307; 346.
- Passiflora foetida. Ver 267.
- Passiflora kermesina. Ver 329.
- Passiflora malacophylla. Ver 329.
- Passiflora suberosa. Ver 329.
- Passifloraceae. Ver 24; 177; 247; 267; 325; 326; 329; 347; 352; 353; 364.
- Pau d'arco. Ver 166.
- Pau-de-besouro. Ver 267..
- Pau Ferro. Ver 177.
- Perichares philetas adela. Ver 84.
- Pernambuco. Ver 12; 13; 34; 65; 67; 72 - 74; 79; 80; 135; 157 - 160; 162; 163; 165; 169; 173; 176; 179; 346.
- Phaseolus. Ver 305.
- Philodendron acutatum. Ver 68.
- Phocides pigmalion. Ver 84.
- Phoebis s. sennae. Ver 321.
- Phoradendron. Ver 274.
- Pilhador. Ver 19; 220 - 224; 231; 232; 242; 273; 290; 321; 322; 329; 336; 354; 356; 361; 363.
- Pinhão-bravo. Ver 274.
- Pinhão-manso. Ver 274.
- Pithecoctenium. Ver 87.
- Plathymenia reticulata. Ver 306.
- Plebeia. Ver 42; 69; 374; 375.
- Plebeia fallax. Ver 136; 138.
- Plumeria rubra. Ver 90.
- Pólen. Ver 9; 13 - 20; 24; 26 - 28; 37 - 46; 52 - 62; 65 - 70; 72; 73; 81; 82; 85 - 87; 93; 94; 98 - 106; ; 113 - 116; 126; 135; 136; 139; 140; 145 - 147; 156 - 158; 162 - 172; 176 - 179; 185 - 188; 193 - 196; ; 202; 209 - 217; 222 - 224; 229 - 235; 241; 243; 247; 259 - 263; 265 - 267; 273 - 275; 285 - 287; ; 290 - 307; 318 - 331; 336 - 341; 347; 348; 353; 357 - 377; 381; 383; 390 - 393.
- Polinização
- Polinização artificial. Ver 73.
- Polinização cruzada. Ver 17; 38; 62; 63; 81 - 83; 92; 93; 102; 103; 158; 159; 162 - 165; 184; 195 - 203; 209; 212; 214 - 217; ; 230; 261; 262; 274; 275; 287; 288; 292; 295; 349; 382.
- Polinização livre. Ver 118; 195 - 203; 215.
- Polinizador. Ver 26; 52; 61; 62; 69; 72 - 74; 86; 89; 93; 94; 106; 156; 194; 202; 203; 210; 230; 242; 260; 262; 272; ; 289; 321; 326; 336; 340; 341; 351; 353; 363; 372; 377; 383; 396.
- Porophyllum rudérale. Ver 378.
- Portulacaceae. Ver 379.
- Pragas. Ver 36; 43; 45; 47; 66; 73; 116; 123; 179; 197; 248; 271; 272; 281; 284; 307; 316; 320; 333; 334; 337; ; 338; 340; 341; 346; 352; 376.
- Práticas agroecológicas. Ver 45.
- Produção de fruto. Ver 9; 17; 18; 26; 38; 93; 94; 117; 118; 121; 122; 156; 158; 203; 217; 231; 236; 268; 276; 277; 281; 288; ; 346.
- Produtividade. Ver 9; 14; 25; 28; 34; 35; 44; 45; 65; 67; 73; 80; 82; 86; 92; 97; 103; 117; 119; 122; 126; 167; 177; ; 178; 184; 188; 196; 197; 203; 255; 258; 268; 269; 272; 274; 277; 285; 288; 293; 294; 304; 305; ; 307 - 309; 316; 322; 338; 340; 341; 361; 369; 382; 393; 394.
- Prosopis juliflora. Ver 274.
- Protoginia. Ver 17; 66.
- Pseudaugochlora. Ver 222; 374 - 376.
- Pseudobombax simplicifolium. Ver 264; 265.
- Pseudosphinx tetrio. Ver 90.
- Psidium guajava. Ver 38; 362; 379.
- Pterodon. Ver 305.
- Ptilothrix plumata. Ver 189; 203.
- Pyrostegia venusta. Ver 379.
- Qualea. Ver 305; 307; 308.
- Qualea grandiflora. Ver 307.
- Qualea multiflora. Ver 308.
- Qualea parviflora. Ver 308.
- Quaresmeira. Ver 245; 248.
- R
- Recursos florais. Ver 30; 72; 87; 94; 140; 144; 148; 165; 166; 176 - 178; 204; 232; 261; 266; 271; 303; 305; 307; 308; 320; ; 325; 336; 374; 386.
- Remanescente. Ver 94; 125; 274; 277; 304; 335; 339.
- Restinga. Ver 131; 133; 136; 137; 139 - 147; 209; 218; 224; 324 - 339.
- Rhamnaceae. Ver 24; 274.
- Rhamphodon naevius. Ver 222; 223; 226; 231.
- Rhynchelytrum repens. Ver 379.
- Rhynchophorus palmarum. Ver 123.; Ver 379.
- Richardia grandiflora. Ver 90; 92.
- Rubiaceae. Ver 24; 80; 88 - 90; 92; 94; 379.
- Ruellia. Ver 166.
- Rutaceae. Ver 379.
- Rynchantera. Ver 305.
- S
- Scaptotrigona. Ver 138; 290; 374; 375.
- Scarabaeidae. Ver 52; 57; 66; 68.
- Scarabeidae. Ver 52.
- Schinopsis brasiliensis. Ver 46; 274.
- Semiárido. Ver 11 - 13; 25; 34; 35; 255 - 257; 345; 346; 362.
- Senna. Ver 146; 248; 266; 295; 302; 305.
- Senna macrathera. Ver 166; 267.
- Senna martiana. Ver 267.; Ver 166.
- Serjania. Ver 88.
- Serra do Mar. Ver 208; 292.
- Serviços de polinização. Ver 9; 25; 27; 28; 41 - 44; 127; 176; 214; 243; 244; 248; 249; 262; 268; 271; 274; 281; 304; 356; 360; ; 363; 364; 365; 384; 395.
- Sida glaziovii. Ver 379.
- Sida micrantha. Ver 379.
- Sinapis arvensis. Ver 379.
- Sisal. Ver 263 - 265; 270.
- Sistema de autoincompatibilidade. Ver 18; 261.
- Sistema reprodutivo. Ver 17; 62; 81; 94; 102; 103; 133; 158; 185; 195; 197; 201; 214; 215.
- Sistemas sexuais. Ver 38.
- Sítio de nidificação. Ver 270.

- Solanaceae. Ver 90; 163; 165; 166; 177; 248; 302; 307; 325; 326; 378; 383.
- Solanum. Ver 162 - 166; 171; 177; 178; 248; 295; 305; 338; 383.
- Solanum americanum. Ver 378.
- Solanum asperum. Ver 165.
- Solanum baturitense. Ver 165.
- Solanum lycocarpum. Ver 302; 307.
- Solanum sisymbriifolium. Ver 378.
- Solanum stipulacea. Ver 165.
- Sonchus oleraceus. Ver 378.
- Sphécidae. Ver 173.
- Sphingidae. Ver 83; 85; 89; 90; 92; 94.
- Spondias tuberosa. Ver 264; 265.
- Staphylinidae. Ver 52; 68.
- Sterculiaceae. Ver 24; 359; 379.
- Stryphnodendron adstringens. Ver 307.
- Stryphnodendron polyphyllum. Ver 307.
- Styrax. Ver 305.
- Sucesso reprodutivo. Ver 18; 65; 67 86; 165; 184; 186; 197; 198; 203; 230; 261; 350.
- Sucupira. Ver 177.
- Syrphidae. Ver 42; 321.
- T**
- Tabebuia. Ver 92; 305.
- Tabebuia aurea. Ver 166; 177.
- Tabebuia impetiginosa. Ver 165; 177.
- Tabuleiros costeiros. Ver 79; 80.
- Taccarum ulei. Ver 68.
- Tachinidae. Ver 20; 42.
- Tagetes minuta. Ver 378.
- Talinum patens. Ver 380.
- Tapinotaspídi. Ver 134 - 136; 156.
- Tecoma stans. Ver 166; 177; 383.
- Terminalia catappa. Ver 264; 265.
- Termogênese. Ver 52; 66; 71; 74.
- Tetragonisca angustula. Ver 42; 290.
- Tetrapedia dentipes. Ver 173.
- Tetrapediini. Ver 134; 156.
- Thalurania glaucopis. Ver 220; 222; 223; 226; 231.
- Thygater (Thygater) armandoi. Ver 222.
- Thysanoptera. Ver 41; 52.
- Tibouchina. Ver 240; 248; 295; 305.
- Tocoyena formosa. Ver 88 - 90.
- Tomate. Ver 178; 362; 369; 370; 372 - 374; 380; 382; 383; 387; 390 - 394.
- Tomateiro. Ver 369 - 395.
- Tommy Atkins. Ver 12; 14; 15; 17; 19 - 23; 33 - 47.
- Tournefortia. Ver 87.
- Triângulo Mineiro. Ver 281 - 310.
- Trigona
- Trigona fulviventris. Ver 136; 138.
- Trigona fuscipennis. Ver 139; 160.
- Trigona hyalinata. Ver 290.
- Trigona spinipes. Ver 19; 20; 27; 160; 163; 222; 223; 226; 231; 232; 262; 263; 273; 352; 353; 357.
- Trigonisca extrema. Ver 135; 136; 138.
- Trigonisca pediculana. Ver 135; 136; 138.
- Trips. Ver 44.
- Trochilidae. Ver 220; 221; 223; 226; 242.
- Trypoxylon. Ver 168; 173; 174; 175.
- Trypoxylon (Trypargilum) lenkoi. Ver 174; 175.
- Trypoxylon (Trypargilum) nitidum. Ver 174; 175.
- Turco. Ver 166; 177; 188.
- U**
- Umbu. Ver 263; 359; 360; 363; 365.
- Umbuzeiro. Ver 263; 359; 360; 363; 365.
- Urbanus durantes durantes. Ver 84.
- Urbanus proteus proteus. Ver 84.
- Urbanus teleus. Ver 84.
- Urucum. Ver 248.
- Utetheisa ornatrix. Ver 321.
- V**
- Vale do São Francisco. Ver 12 -15; 35; 42; 256; 345; 346.
- Variável ambiental. Ver 11; 12; 15; 17 - 21; 33; 35; 97; 117; 118; 183; 184; 197; 198; 202 - 204; 209; 274; 281 - 283; 288; ; 346.
- Variiedades. Ver 10; 12; 15; 17 - 21; 33; 35; 97; 117; 118; 183; 184; 193; 197; 198; 202 - 204; 209; 274; 281 - 283;; ; 288; 346.
- Vegetação nativa. Ver 24; 27; 28; 94; 125; 148; 268; 334; 338; 350; 358; 360; 362; 363; 376; 377; 382; 387; 388.
- Verbenaceae. Ver 177; 325.
- Vernonia. Ver 305.
- Vespa. Ver 18; 19; 40; 43; 140; 156; 157; 168 - 175; 189; 351; 357.
- Vigna sinensis. Ver 379.
- Virola surinamensis. Ver 105.
- Vochysia. Ver 305.
- Vochysia cinnamomea. Ver 308.
- Vochysia tucanorum. Ver 308.
- Vochysiaceae. Ver 307; 308.
- W**
- Waltheria. Ver 24; 359.
- Waltheria indica. Ver 379.
- X**
- Xylocopa
- Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum. Ver 222; 226; 290.
- Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis. Ver 160; 221; 226; 290.
- Xylocopa (Neoxylocopa) grisescens. Ver 290.
- Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria. Ver 226; 290.
- Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta. Ver 226; 290.
- Xylocopini. Ver 84; 160; 262; 281 - 310; 321; 323; 329.
- Xylophanes tersa. Ver 90; 92.
- Z**
- Zona da Mata. Ver 67; 155; 157 - 159; 163; 165; 173; 176 - 179.
- Zyziphus joazeiro. Ver 274.



Realização:



Ministério do  
**Meio Ambiente**

