



Capítulo 5 – Polinização e polinizadores do cupuaçuzeiro

Márcia Motta Maués

Introdução

A polinização é um dos serviços ambientais de maior importância para o bem-estar do homem. Considerando o total de 352 mil espécies de angiospermas existentes no mundo, cerca de 308 mil, ou seja, 87,5% daquele conjunto, tem algum grau de dependência dos polinizadores para se reproduzirem (Ollerton et al., 2011). Nas regiões tropicais, essa dependência é ainda maior (até 94%) do que nas regiões temperadas (78%), mas ainda assim evidenciando um vínculo muito forte entre plantas e polinizadores bióticos (Klein et al., 2007; Ollerton et al., 2011). Roubik (1995) destaca que 70% dos principais cultivos das regiões tropicais produzem frutos e sementes em maior quantidade e com melhor qualidade, quando são polinizadas eficientemente por animais.

O valor dos serviços de polinização animal na produção agrícola global está estimado entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões por ano (Potts, 2016). No Brasil, esse número gira em torno de US\$ 12 bilhões ao ano (Giannini et al., 2015) e, no estado do Pará, corresponde a quase R\$ 1 bilhão por ano, valor que é explicado pois a maioria dos cultivos agrícolas do estado depende da polinização animal, como o açaí (*Euterpe oleracea*) e o cacau (*Theobroma cacao*) (Borges et al., 2020). A Avaliação Temática sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos, produzida no âmbito do Painel Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, revelou que 75% dos cultivos agrícolas e até 90% das plantas superiores dependem, pelo menos parcialmente, da ação dos polinizadores e alertou para os riscos de declínio ou perda de espécies de agentes polinizadores no mundo, e as

consequências para o bem-estar do homem (Potts et al., 2016). Da mesma maneira, 76% das plantas cultivadas no Brasil dependem de mais de 600 espécies de polinizadores, como aponta o relatório produzido pela Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador em Wolowsky et al. (2019).

Entretanto, estudo recentes apontam que a diversidade e abundância de insetos polinizadores silvestres têm diminuído em muitas paisagens agrícolas, porém, existem interações positivamente correlacionadas entre as espécies frutíferas e os polinizadores silvestres de cultivos importantes no mundo todo (Garibaldi et al., 2013; Dicks et al., 2021). As abelhas constituem o principal grupo de polinizadores, devido à sua dependência e relação coevolutiva com recursos florais como pólen e néctar. Porém, acredita-se que somente um terço da diversidade de abelhas da região Neotropical tenha sido descrita (Moure et al., 2007; Pedro, 2014) e o seu papel nos serviços de polinização nos ambientes naturais e, particularmente, nos ambientes agrícolas é praticamente não documentado.

As espécies frutíferas nativas que compõem a biodiversidade amazônica constituem um repositório valioso e apresentam elevada aceitação para o seu consumo tanto in natura como na forma de aproveitamento de subprodutos (Clement et al., 1982; Souza et al., 1996). Dentre estas, destaca-se o cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.], espécie arbórea pertence à família Malvaceae, cujas populações nativas ocorrem ao sul do Rio Amazonas, passando pelos estados do Amazonas e Pará e chegando até a porção oeste do Maranhão (Cuatrecasas, 1964). Quando cultivada, seu porte é mantido entre 4 e 8 m de altura (Figura 5.1), porém, pode alcançar até 20 m em populações espontâneas nas áreas de floresta do sul e nordeste da Amazônia Oriental (Müller et al., 1995).

Foto: Márcia Maués



Figura 5.1. Plantio de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) na Área Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

A espécie é considerada também um cultivo pré-colombiano pois foi disseminada pelas populações tradicionais para outros locais da região Norte (Clement, 1999) e atualmente vem sendo cultivada em plantios solteiros ou consorciados (Souza et al., 1999; Alves et al., 2014). É uma frutífera alógama, de comprovado potencial econômico, que atrai atenção devido ao exótico sabor de seus frutos, cuja polpa é usada na culinária local (Calzavara et al., 1984; Clement; Venturieri, 1990) e as sementes na fabricação do cupulate (chocolate de cupuaçu) (Calzavara et al., 1984; Cavalcante, 1988; Clement; Venturieri, 1990).

O cupuaçuzeiro foi, durante muitos anos, uma planta cultivada nos sítios e quintais de lares amazônicos. A sua expansão para cultivo em escala comercial teve início a partir do final dos anos 1970, com destaque para a colônia nipo-brasileira do município de Tomé-Açu, estado do Pará. Nessa época, a atenção mundial se voltou para a Amazônia com os conflitos de terra, cujo ápice foi a morte de Chico Mendes, o que fez com que o interesse por espécies frutíferas como o cupuaçu, açaí, bacuri, entre outros, que antes eram consumidas apenas pelas populações locais, ultrapassasse as fronteiras amazônicas (Alves et al., 2014).

Estudos realizados por Falcão e Lleras (1983) falam do alto índice de aborto floral nessa espécie frutífera, ressaltando que a conversão de flores a frutos no cupuaçuzeiro ocorre na proporção de 2,5 mil flores para quatro frutos maduros, o que não é incomum em espécies arbóreas nativas da Amazônia (Maués, 2006). As causas podem estar relacionadas ao complexo sistema de autoincompatibilidade encontrado nessa espécie (Venturieri, 1993; Venturieri; Ribeiro-Filho, 1995), que a torna obrigatoriamente alógama e dependente da polinização biótica, ou seja, a presença de polinizadores é fundamental para a formação de frutos e sementes, pois requer a deposição de pólen na quantidade adequada e de forma compatível (polinização cruzada), a exemplo do que ocorre no cacau (Falque et al., 1995).

Este trabalho tem por objetivo trazer informações sobre biologia floral, polinização e polinizadores do cupuaçuzeiro, a fim de ampliar o conhecimento sobre essa importante cultura amazônica e subsidiar práticas amigáveis aos polinizadores, visando o incremento da polinização.

Características florais do cupuaçuzeiro

Morfologia floral

As flores de *T. grandiflorum* estão organizadas em inflorescências axilares ou extra-axilares (Figura 5.2), com uma a cinco flores hermafroditas, pedunculadas, actinomorfas, heteroclamídeas, isostêmones e hipóginas, apresentando cálice com cinco sépalas carnosas ferrugíneas de formato triangular, dialissépalas, com tegumentação pilosa na face adaxial; corola dialipétala, pentâmera, com pétalas carnosas com base arredondada-cuculada (cógula) de cor amarelo-esbranquiçada e lâmina unguiculada subtrapezoidal (lígula) cuja coloração varia do vermelho ao vermelho-escuro ou violeta; androceu dialistêmon, poliadelfo, com cinco estaminoides estéreis petaloides, triangular-linguiformes, formando uma coroa ao redor do estigma, de cor vermelho-escuro independentemente da cor da corola, e cinco estames férteis trifurcados, cada um com duas anteras, situados no interior das cógulas e fundidos na base com os filetes dos estames férteis; gineceu com ovário súpero, pentalocular, pluricarpelar (dez óvulos por carpelo), hirsuto-tomentoso, de coloração esbranquiçada, estilete com cinco ramos estigmáticos (estigma ramificado) livres na base (Venturieri, 1994).

Foto: Márcia Maués



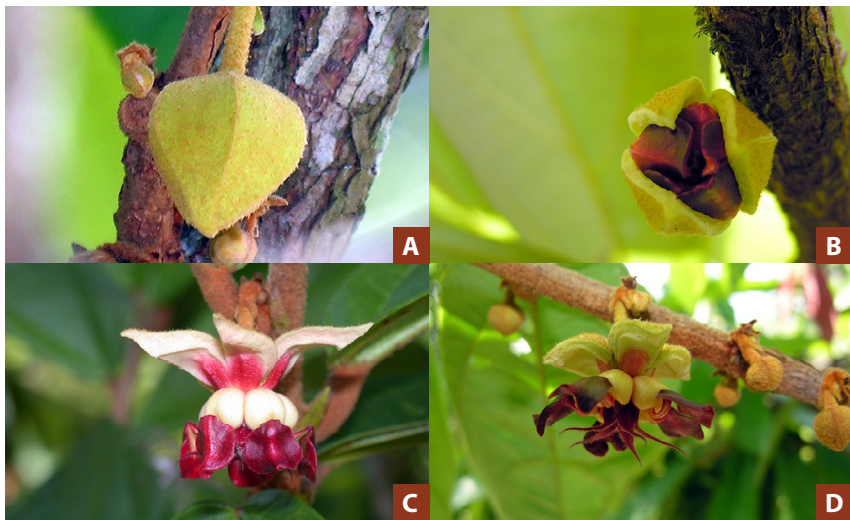
Figura 5.2. Flor do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*).

As flores apresentam barreiras físicas que isolam o estigma das anteras, impedindo a deposição espontânea de pólen nos verticilos reprodutivos femininos, além de um complexo sistema de autoincompatibilidade genética, tornando a espécie obrigatoriamente alógama (Venturieri, 1993; Venturieri; Ribeiro Filho, 1995) e zoófila. A forma da flor pode ser considerada uma variante do tipo “armadilha”, de acordo com a classificação de Endress (1994),

uma vez que, ao pousar na flor, o inseto visitante é levado a percorrer suas estruturas e cavidades para ter acesso aos recursos florais ofertados, que ficam muito bem protegidos, e, nesse caminhar, recebem o pólen que será transferido ao estigma da flor em outras visitas.

Antese e longevidade floral

A antese inicia com o intumescimento do botão floral (Figura 5.3A), provocando a ruptura das sépalas, geralmente por volta das 6h ou 7h da manhã e termina com a ruptura total das sépalas entre 10h e 12h. Em alguns casos, esse horário pode se prolongar mais, até por volta das 13h (Venturieri, 1994). Nesse momento, é possível visualizar o conjunto do perianto, corola e verticilos reprodutivos ainda imbricados e superpostos, com as lígulas vermelho-escuras recobrendo as demais estruturas (Figura 5.3B). Em seguida, observa-se a expansão das lígulas, formando uma cúpula que protege os estaminoides e o estigma (Figura 5.3C). A antese plena é marcada pela abertura total e expansão das pétalas e lígulas, expondo os estaminoides e estigma (Figura 5.3D), notando-se a liberação de exsudato no estigma e a exposição do pólen nas anteras, acontecendo a partir do meio-dia, com maior frequência após as 15h.



Fotos: Márcia Maués

Figura 5.3. Botão floral de *Theobroma grandiflorum* prestes a abrir (A); botão floral com as sépalas em expansão, evidenciando as lígulas imbricadas (B); flor aberta, porém com as lígulas ainda não totalmente expandidas (C); flor em plena antese, com lígulas expandidas mostrando a coroa de estaminoides e botões florais em vários estágios de desenvolvimento (D).

Ocorrência e duração da floração e frutificação

Há muitos fatores que influenciam o florescimento de plantas cultivadas, como a idade da planta, material genético, competição por fotoassimilados, sombreamento, temperatura e precipitação pluviométrica (Souza et al., 1999). No cupuaçuzeiro, quando as plantas são originadas de sementes (pé-franco), o início do florescimento ocorre a partir do quarto ano, mas, quando são enxertadas, a floração inicia mais precocemente, no segundo ou terceiro ano após o plantio, e às vezes há lançamento de flores alguns meses após a brotação do enxerto, as quais devem ser removidas, para não prejudicar o desenvolvimento vegetativo da planta (Müller et al., 1995). Nas plantas cultivadas com sombreamento, a floração é um pouco mais tardia (Souza et al., 1999).

A época de floração ocorre entre os meses de junho e janeiro, podendo estender-se até março, com pico no período de estiagem (julho a setembro). A frutificação ocorre predominantemente no período chuvoso, de outubro a junho, com pico nos meses de fevereiro e março, mas não é incomum encontrar frutos entre novembro e junho (Müller et al., 1995; Souza et al., 1999).

Recursos e atrativos florais aos visitantes e polinizadores

Segundo Venturieri (1994), as flores de cupuaçuzeiro exalam um aroma forte de amêndoas no início da antese, o que provavelmente contribui para a atração dos polinizadores.

Com relação aos recursos florais, as flores oferecem pólen e néctar como recompensa aos visitantes. Na superfície do estigma, observa-se a presença de um exsudato, que lhe confere brilho e pode ajudar na atração dos visitantes. O ovário é recoberto por tricomas transparentes que também secretam um exsudato e podem ajudar na atração das visitas, bem como facilitar o caminhar dos visitantes no interior da corola. Porém, estudos realizados por Young et al. (1987) com espécies do gênero *Theobroma* (*Theobroma cacao*, *Theobroma speciosum* e *Herrania purpurea*) relatam que essas estruturas não produzem substâncias açucaradas, como relatado por Venturieri (1994).

Quanto à atração visual, observa-se que a coloração dos estaminódios e da lígula é característica de flores que atraem besouros, pois, as abelhas não enxergam bem o vermelho. Mas as cógulas tem cor amarelo-claro, o que é

favorável à atração visual das abelhas. Assim, as flores do cupuaçuzeiro são atrativas visualmente tanto aos besouros como às abelhas.

Visitantes florais e polinizadores

Os primeiros estudos sobre a polinização dessa frutífera não foram conclusivos, indicando formigas e abelhas como possíveis polinizadores, predadores e pilhadores de pólen, e destacando o papel das abelhas como os responsáveis pela polinização na região de Manaus, AM, porém, sem mencionar as espécies de insetos envolvidas (Falcão; Lleras, 1983). Posteriormente Venturieri (1994) enfatizou que os eventos relativos à biologia floral, tais como antese, liberação e viabilidade do pólen, receptividade do estigma, assim como o horário de visita dos polinizadores, devem estar sincronizados entre flores de plantas compatíveis em toda a população, ou parte dela, para que a polinização seja realizada com eficácia, e que as abelhas-sem-ferrão das espécies *Plebeia minima*, *Ptilotrigona lurida* e *Trigonisca* sp. seriam os polinizadores mais prováveis na região de Belém, PA. Gribel et al. (2008) também mencionam que *Plebeia* sp. é um polinizador importante na região de Manaus, além de *Aparatrigona impunctata*, *Leurotrigona pusilla* e *Trigona* sp.

Os estudos realizados por Venturieri e Maués (1997) e Maués et al. (2000) descrevem o comportamento dos visitantes florais nos municípios de Belém e Tomé-Açu, PA, destacando o papel de microcoleópteros das famílias Chrysomelidae, Curculionidae, Erotylidae e Anthiciade (*Baris* sp., *Naupactus* spp., *Allocolaspis* sp., *Antitypona dorsata*, *Antitypona* sp., *Brachypnoca* sp., *Costalimaita* sp., *Diabrotica quinquemaculata*, *Lexiphanes* sp., *Myochrous paulus*, *Neothona novemdecima*, *Nycterodina amazoniae*, *Nycterodina callifera*), bem como de abelhas-sem-ferrão (Apidae: Meliponina) das espécies *A. impunctata*, *Plebeia minima*, *Plebeia* sp., *Ptilotrigona lurida*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona guayanae*, *T. pallens*, *Trigona* sp. e *Trigonisca pediculana* na polinização dessa cultura (Tabela 5.1) em plantios comerciais. A lista dos microcoleópteros visitantes florais publicada por Venturieri e Maués (1997) e Maués et al. (2000), foi atualizada após uma revisão por taxonomista (Dra. Jéssica Herzog Viana da Universidade do Estado do Pará), incluindo novas espécies e excluindo outras que estavam erroneamente identificadas¹.

¹ Trabalho apresentado por Milcelene Silva, Márcia Maués, Ian Patrick Santos, Rosinaira Souza e Rayane Gomes, no 27º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, em dezembro de 2024.

Tabela 5.1. Visitantes florais do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), frequência de visitas e seu comportamento nos estados do Pará e Amazonas, Brasil. Frequência: alta (acima de 20 indivíduos coletados), média (por volta de dez) e baixa (inferior a cinco).

Visitante	Classificação	Frequência	Local
Diptera			
Drosophilidae	Polinizador ocasional	Baixa	PA
Sciaridae	Polinizador ocasional	Baixa	PA
Coleoptera			
Curculionidae			
Baridinae			
<i>Baris</i> sp.	Praga / Polinizador ocasional	Alta	PA
Erotylidae			
<i>Mycotretus</i> sp	Polinizador ocasional	Baixa	PA
Anthicidae			
Anthicinae			
<i>Acanthinus</i> sp.	Polinizador ocasional	Baixa	PA
<i>Acanthinus</i> sp. 1	Polinizador ocasional	Baixa	PA
Chrysomelidae			
Eumolpinae			
<i>Plaumannita</i> sp.	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Brachypnoca</i> sp.	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Allocolaspis</i> sp.	Polinizador efetivo	Média	PA
<i>Antitypona dorsata</i>	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Antitypona</i> sp.1	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Diabrotica quinquemaculata</i>	Polinizador efetivo	Baixa	PA
<i>Costalimaita</i> sp.	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Myochrous paulus</i>	Polinizador efetivo	Baixa	PA
<i>Nycterodina amazoniae</i>	Polinizador efetivo	Média	PA
<i>Nycterodina callifera</i>	Polinizador efetivo	Alta	PA
Chryptocephalini	Polinizador efetivo	Média	PA
<i>Lexiphanes</i> sp.	Polinizador efetivo	Média	PA
Galerucinae			
Alticini			
<i>Neothona novemdecima</i>	Polinizador efetivo	Alta	PA
Hymenoptera			
Apidae			
Apini			

continua...

Tabela 5.1. Continuação.

Visitante	Classificação	Frequência	Local
Meliponini			
<i>Aparatrigona impunctata</i>	Polinizador efetivo	Média	PA, AM
<i>Leurotrigona pusilla</i>	Polinizador ocasional	Média	AM
<i>Plebeia minima</i>	Polinizador efetivo	Média	PA
<i>Plebeia</i> sp.	Polinizador efetivo	Média	AM
<i>Tetragonisca angustula</i>	Polinizador efetivo	Média	PA
<i>Ptilotrigona lurida</i>	Polinizador efetivo	Alta	PA
<i>Trigona fuscipennis</i>	Pilhador de pólen	Alta	PA
<i>Trigona guianae</i>	Polinizador ocasional	Alta	PA
<i>Trigona pallens</i>	Pilhador / Polinizador ocasional	Alta	PA
<i>Trigona branneri</i>	Pilhador / Polinizador ocasional	Baixa	PA
<i>Trigona</i> sp.	Polinizador ocasional	Média	AM
<i>Trigonisca pediculana</i>	Polinizador efetivo	Alta	PA
Braconidae	Pilhador de pólen	Baixa	PA
Formicidae			
Dolichoderini			
<i>Dolichoderus</i> sp.	Polinizador ocasional	Média	PA
Vespidae			
<i>Synoeca</i> sp. 1	Pilhador de pólen	Baixa	PA
<i>Synoeca</i> sp. 2	Pilhador de pólen	Baixa	PA

Fonte: Venturieri (1994), Venturieri e Maués (1997), Maués et al. (2000) e Gribel et al. (2008).

Diferente do cupuaçuzeiro, o cacaueiro (*T. cacao*) é polinizado por dípteros do gênero *Forcipomyia*, que são mosquitos pertencentes à família Ceratopogonidae. Da mesma forma, o cacauí (*T. speciosum*) é polinizado por dípteros das famílias Phoridae (*Dohrniphora* sp., *Megaselia* sp. e *Pseudohypocera kerteszi*) e 23 espécies de drosofilídeos (Silva, 2003), bem como o cupuí (*Herrania mariae*), polinizado por moscas da família Phoridae (Venturieri; Silva, 1997). No cupuaçuzeiro, o registro de visitas de dípteros ocorreu em raras ocasiões, com a presença de drosofilídeos e não ceratopogonídeos, porém, esses insetos não são polinizadores efetivos como as abelhas e besouros, uma vez que apresentaram baixa frequência de visitas e não transportavam pólen, diferente do encontrado por Silva (2003). O fato de termos estudado as interações planta-polinizador em sistemas agrícolas pode alterar a diversidade de insetos polinizadores,

especialmente daqueles que dependem de ambientes naturais (florestas) para sobreviver.

Os visitantes florais foram separados em três grupos, de acordo com sua contribuição à polinização dessa cultura, seguindo os critérios de Alves-dos-Santos et al. (2016):

- 1) Polinizadores efetivos: tamanho corporal diminuto (até 4 mm), compatível com as estruturas florais; capacidade de percorrer a câmara do gineceu e as cógulas sem danificá-las para terem acesso às anteras; transportar pólen no corpo; tocar o estigma durante as visitas; ser frequente; ter fidelidade à planta, além de estabelecer uma rota de voo favorável entre as flores da mesma espécie.
- 2) Polinizadores ocasionais: apresentam as mesmas características dos efetivos, porém sua frequência de visitas é reduzida.
- 3) Pilhadores: seu tamanho corporal não é compatível com o tamanho da flor e, por isso, ao abordar a flor, podem apenas remover recursos florais, sem transferir pólen ao estigma, muitas vezes perfurando a flor para obter sua recompensa floral.

Todas as espécies de besouros da subfamília Eumolpinae (Chrysomelidae) foram considerados polinizadores efetivos (Figura 5.4), pois apresentaram frequência de visitas elevada, tamanho corporal compatível com a estrutura da flor, variando entre 3 e 4 mm, e percorriam os órgãos masculinos e femininos da flor. Possivelmente devido ao tamanho diminuto, os crisomelídeos deslocam-se com grande facilidade entre as estruturas florais. Não foi registrado comportamento destrutivo nas flores causado por esses insetos. Quando estão nas flores, buscam o pólen como recurso alimentar, consumindo também parte dos tecidos que revestem as paredes externas do ovário e a face adaxial dos estaminódios, ou abrigam-se na flor em busca de parceiros para o acasalamento. Os tricomas que revestem o ovário podem ter função de atração aos besouros. Ao caminharem pelos verticilos florais na procura por alimento, inadvertidamente recebem pólen pelo corpo, que depois poderá ser transferido ao estigma da flor da mesma planta ou de outras plantas visitadas, assim realizando a polinização.

Figura 5.4. Microcoleóptero *Antitypona formosa*, polinizador efetivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Tomé-Açu, PA.

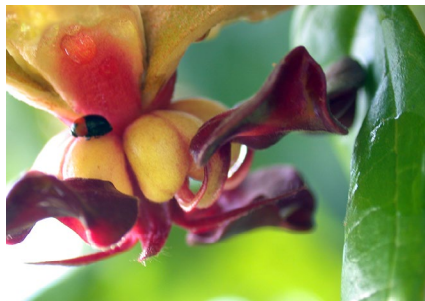


Foto: Márcia Maués

Venturieri et al. (1997) discutem que a estratégia de oferta de alimentos por flores para besouros da subfamília Eumolpinae funciona como uma relação harmônica mutualística, em que ambos saem ganhando, os besouros, o seu alimento e o local para acasalar, e a planta, a polinização. Isso é bem comum entre plantas cantarófilas, aquelas polinizadas por besouros, como observado nas relações entre as anonáceas e os curculionídeos, quem compartilham uma história coevolutiva, como nas espécies *Elaeis guineensis* e *Orbignia phalerata* (Anderson; Overal, 1983; Henderson, 1986).

Além dos microcoleópteros, outro grupo de insetos que se destacou entre os polinizadores do cupuaçuzeiro foram as abelhas-indígenas-sem-ferrão (Apidae, Apinae, Meliponini). As abelhas das espécies *Aparatrigona impunctata*, *Leurotrigona pusilla*, *Plebeia minima*, *Plebeia* sp., *Tetragonisca angustula*, *Trigona guyanae*, *Ptilotrigona lurida*, *Trigona* sp. e *Trigonisca* sp. atuaram principalmente como polinizadores, pois, tem tamanho diminuto, compatível com as estruturas florais, e comportamento adequado de visita, porém, as espécies *Trigona fuscipennis* e *Trigona branneri* são mais corpulentas (6 a 8 mm), não conseguem entrar na flor para buscar o pólen e, por isso, abrem orifícios nas cógulas usando as mandíbulas, para terem acesso às anteras e pilhar o pólen. Essas abelhas não contribuíram para a polinização. A espécie *Trigona pallens* (Figura 5.5) foi observada em comportamento de pilhagem de pólen e fazendo contato com o estigma, podendo ser considerada um polinizador ocasional.

Foto: Márcia Maués

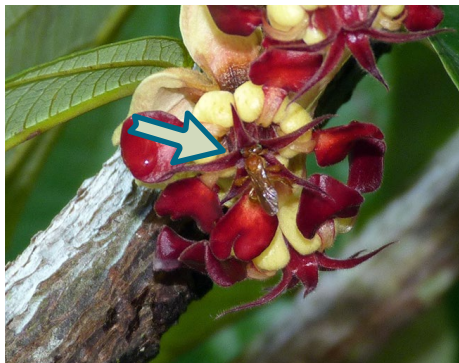


Figura 5.5. Abelha-sem-ferrão *Trigona pallens* visitando a flor do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), fazendo contato com o estigma.

Manejo de abelhas-sem-ferrão para a polinização e práticas amigáveis aos polinizadores

Considerando o potencial do manejo de abelhas-sem-ferrão no incremento da polinização natural do cupuaçuzeiro, foram introduzidas colônias de abelhas da espécie *Plebeia minima* (Apidae, Mepolininae), conhecida popularmente como abelha-mosquito no norte do Brasil ou abelha-mirim em outras regiões, em um plantio experimental dessa frutífera.

As colônias de *P. minima* foram coletadas na natureza e acondicionadas em caixas de criação racional confeccionadas em madeira de lei (cedro), medindo 10 cm de altura, 9 cm de largura e 15 cm de comprimento (medidas externas), sendo posicionadas sob a copa de nove cupuaçuzeiro (Figura 5.6), no pico da floração (entre julho e agosto).

Foto: Márcia Maués



Figura 5.6. Caixa com ninho de abelha-mosquito (*Plebeia minima*) instalado sob a copa de um cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Belém, PA.

Análises diárias sobre o comportamento das abelhas no plantio foram feitas pela manhã e pela tarde, buscando avaliar os recursos florais coletados pelas abelhas (pólen ou néctar). Avaliou-se também se as abelhas entravam nas flores e faziam contato com os órgãos reprodutivos da flor (androceu: anteras/pólen e gineceu: estigma) e se movimentavam-se entre as plantas, condições fundamentais para promover a polinização cruzada, visto que a espécie é preferencialmente alógama. Foi também avaliada a taxa de deposição de pólen no estigma e, para isso, foram coletadas 50 flores em cada cupuaçuzeiro antes e depois da introdução das abelhas, os quais foram analisados sob microscópio de fluorescência, seguindo a metodologia de Martin (1959) para detecção de pólen e crescimento de tubos polínicos.

De acordo com os resultados das observações sobre a movimentação de entrada e saída das abelhas nas caixas instaladas no plantio de cupuaçuzeiro, foi comprovado que as operárias de *P. minima* mantiveram comportamento de forrageamento normal após sua introdução no plantio, coletando recursos florais existentes na flor, néctar (Figura 5.7A) e pólen (Figura 5.7B). Entretanto, verificou-se que houve predominância de coletas de néctar (60%) em comparação à coleta de pólen (40%). Observou-se também que as abelhas entram nas flores do cupuaçuzeiro quando estão à procura dos recursos florais, e tocam nos órgãos reprodutivos, promovendo a deposição de pólen nos estigmas.



Fotos: Márcia Maués

Figura 5.7. Abelhas-mosquito (*Plebeia minima*) retornando ao ninho com carga de néctar (A) e pólen (B) em um plantio de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Belém, PA.

A introdução de abelhas no plantio aumentou sete vezes a taxa de visita nas flores do cupuaçuzeiro, o que é considerado um forte indício de maior transferência de pólen e, conseqüentemente, incremento da polinização. As análises das flores coletadas antes e após a introdução das colônias no plantio corroboraram que a introdução de abelhas aumentou a deposição de pólen nos pistilos. Antes da introdução de colônias e *P. minima*, apenas nove flores (n = 450) continham pólen nos estigmas e, após a introdução, esse número aumentou para 68 flores (Costa-Neto; Maués, 2008).

Esse ensaio é um indicativo do potencial do uso de *P. minima* na polinização do cupuaçuzeiro. O uso e manejo de abelhas para a polinização de plantas cultivadas vem aumentando na última década, mas, além disso, há um conjunto de medidas que devem ser estimuladas e adotadas pelos produtores rurais, para facilitar o estabelecimento de agentes polinizadores nos agroecossistemas.

As práticas amigáveis aos polinizadores reúnem uma série de recomendações para proteger e incrementar a presença dos polinizadores nos plantios (Maués, 2014), dentre as quais podemos mencionar:

- 1) Conhecer quem são os polinizadores das culturas agrícolas em questão, no caso, o cupuaçuzeiro, e procurar saber se estão presentes na propriedade rural.
- 2) Identificar os locais preferenciais de nidificação dos polinizadores e aumentar a oferta desses ambientes (truncos de árvores, moirões de cerca, barrancos e árvores de grande porte).
- 3) Evitar o uso de agrotóxicos, especialmente os inseticidas com maior toxicidade às abelhas, dando preferência ao manejo integrado e controle biológico para controle de pragas e doenças. Caso seja imprescindível a sua utilização, respeitar os horários de visita dos polinizadores nas flores, e não fazer aplicação dos produtos nesse horário.
- 4) Evitar o uso do fogo/queimadas na limpeza de áreas, para não destruir possíveis ninhos de abelhas já estabelecidos na propriedade.
- 5) Manter áreas de floresta e vegetação secundária (áreas de preservação permanente e de reserva legal) na propriedade, seguindo o Código Florestal Brasileiro.
- 6) Cultivar plantas complementares, usadas na alimentação dos polinizadores.

- 7) Manter a conectividade das áreas remanescentes de vegetação nativa, para facilitar o fluxo de polinizadores nos corredores ecológicos.

A adoção dessas medidas favorece a manutenção de populações de polinizadores nos agroecossistemas, refletindo na manutenção dos serviços de polinização das culturas.

Conclusões

Existem dois grupos de insetos visitantes em cupuaçuzeiro em áreas cultivadas: microcoleópteros e abelhas-sem-ferrão. As características morfofuncionais das flores indicam uma forte associação com os primeiros agentes polinizadores, porém, as abelhas não devem ser desconsideradas, pois são visitantes florais frequentes e cumprem o papel de polinizadores efetivos, transportando o pólen entre as flores e entre os cupuaçuzeiros. Ademais, são agentes polinizadores que podem ser facilmente manejados, uma vez que são insetos sociais, que vivem em colônias, e já existe metodologia disponível para criação racional em caixas de madeira, permitindo seu manejo na polinização dessa cultura.

O uso e manejo dos meliponíneos que polinizam o cupuaçuzeiro é uma alternativa viável em programas de polinização natural em áreas agrícolas, que deve ser melhor avaliada para comprovar sua eficácia, por meio da quantificação da produção de sementes e peso por fruto, após a introdução dessas abelhas nos plantios.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Agência Japonesa de Cooperação Internacional (Jica), pelo apoio financeiro e logístico. Aos taxonomistas Sérgio Antônio Vanin e Carlos Campaner, do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), pela identificação dos coleópteros, e à Sílvia Pedro, pela identificação das abelhas. Aos funcionários do Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental, pelo auxílio em diversas etapas deste trabalho. Aos senhores Katsutoshi Watanabe e Michinori Konagano, pelo acesso às propriedades rurais em Tomé-Açu.

Referências

ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C. I.; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 295-307, 2016.

ALVES, R. M.; FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos do cupuaçuzeiro na Amazônia: do extrativismo a domesticação. In: SANTANA, A. C. de (org.). **Mercado cadeia produtiva e desenvolvimento rural na Amazônia**. Belém, PA: UFRA, 2014. Cap. 8, p. 197-223.

ANDERSON, A. B.; OVERAL, W. L. Pollination ecology of a forest-dominant palm (*Orbignya phalerata* Mart.) in northern Brazil. **Biotropica**, v. 20, n. 3, p. 192-205, 1988.

BORGES, R. C.; BRITO, R. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GIANNINI, T. C. The value of crop production and pollination services in the Eastern Amazon. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 545-556, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00791-w>.



CALZAVARA, B. B. G.; MÜLLER, C. H.; KAHWAGE, O. N. C. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro: cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1984. 101 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 32).

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 4. ed. rev. ampl. Belém, PA: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1988. 279 p.

CLEMENT, R. C.; MÜLLER, C. H.; CHAVEZ-FLORES, W. B. Recursos genéticos de espécies frutíferas da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 4, p. 677-695, 1982.

CLEMENT, C. R.; VENTURIERI, G. A. Bacuri and cupuassu. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKI, W. (ed.). **Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties, uses**. Lake Alfred, Florida: Florida Science Source, 1990. p. 178-192.

CLEMENT, C. R. 1942 and the loss of Amazonian crop genetic resources: I. The relation between domestication and human population decline. **Economic Botany**, v. 53, n. 2, p. 188-202, 1999.

COSTA NETO, W. W.; MAUÉS, M. M. Manutenção de uma criação de *Plebeia minima* e *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponini) para a polinização do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 6.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (AVALIAÇÃO - 2008), 12., 2008, Belém, PA. **A importância da iniciação científica para a pós-graduação: anais**. Belém, PA: UFRA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

CUATRECASAS, J. **Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma**. Washington, DC: Smithsonian Institution, 1964. p. 379-614. (Contribution from the United States National Herbarium, v. 35).

DICKS, L. V.; BREEZE, T. D.; NGO, H. T.; SENAPATHI, D.; AN, J.; AIZEN, M. A.; BASU, P.; BUCHORI, D.; GALETTO, L.; GARIBALDI, L. A.; GEMMILL-HERREN, B.; HOWLETT, B. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; JOHNSON, S. D.; KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A.; KWON, Y. J.; LATTORFF, H. M. G.; LUNG HARWO, T.; SEYMOUR, C. L.; VANBERGEN, A. J.; POTTS, S. G. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. **Nature Ecology and Evolution**, v. 5, p. 1453-1461, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>.

ENDRESS, P. K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 511 p. (Cambridge Tropical Biology Series).

FALCÃO, M. A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.). **Acta Amazonica**, v. 13, n. 5/6, p. 725-735, 1983.

FALQUE, M.; VINCENT, A.; VAISSIÈRE, B. E.; ESKES, A. B. Effect of pollination intensity on fruit and seed set in cacao (*Theobroma cacao* L.). **Sexual Plant Reproduction**, v. 8, p. 354-360, 1995.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R.; AIZEN, M. A.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; CARVALHEIRO, L. G.; HARDER, L. D.; AFIK, O.; BARTOMEUS, I.; BENJAMIN, F.; BOREUX, V.; CARIVEAU, D.; CHACOFF, N. P.; DUDENHÖFFER, J. H.; FREITAS, B. M.; GHAZOUL, J.; GREENLEAF, S.; HIPÓLITO, J.; HOLZSCHUH, A.; HOWLETT, B.; ISAACS, R.; JAVOREK, S. K.; KENNEDY, C. M.; KREWENKA, K.; KRISHNAN, S.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M. M.; MOTZKE, I.; MUNYULI, T.; NAULT, B. A.; OTIENO, M.; PETERSEN, J.; PISANTY, G.; POTTS, S. G.; RADER, R.; RICKETTS, T. H.; RUNDLÖF, M.; SEYMOUR, C. L.; SCHUEPP, C.; SZENTGYÖRGYI, H.; TAKI, H.; TSCHARNTKE, T.; VERGARA, C. H.; VIANA, B. F.; WANGER, T. C.; WESTPHAL, C.; WILLIAMS, N.; KLEIN, A. M. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, p. 1608-1611, 2013.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 839-848, 2015.

GRIBEL, R.; QUEIRÓZ, A. L.; RIBEIRO, M. G. A.; OLIVEIRA, F. F.; PALACIO, C. **Polinização e manejo dos polinizadores do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Manaus: Inpa, 2008. 32 p.

HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. **Botanical Review**, v. 52, p. 221-259, 1986.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Science**, v. 274, p. 303-313, 2007.

MARTIN, F. W. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. **Stain Technology**, v. 34, n. 3, p. 125-128, 1959.

MAUÉS, M. M. Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 461-481.

MAUÉS, M. M. **Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e a sua importância para o manejo e conservação florestal**: Floresta Nacional do Tapajós (Belterra-PA). 2006. 209 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MAUÉS, M. M.; SOUSA, L. A.; MIYANAGA, R. **Insetos polinizadores do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Sprengel) Schum - Sterculiaceae) no Estado do Pará, Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 19 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 12).



MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. 1058 p.

MÜLLER, C. H.; FIGUEIREDO, F. J. C.; NASCIMENTO, W. M. O.; GALVÃO, E. U. P.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. B.; RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. U.; NUNES, A. M. L.; NAZARÉ, R. F. R.; BARBOSA, W. C. **A cultura do cupuaçu**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1995. 61 p. (Embrapa-SPI. Coleção Plantar, 24).

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014. Doi: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. (ed.). **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016. 552 p.

ROUBIK, D. W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995. 198 p.

SILVA, A. A. R. **Polinização de cacauí (*Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng. - Sterculiaceae)**: implicações para conservação. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA.

SOUZA, A. G. C.; SOUSA, N. R.; SILVA, S. E. L.; NUNES, C. D. M.; CANTO, A. C.; CRUZ, L. A. A. **Fruteiras da Amazônia**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1996. 204 p.

SOUZA, A. G. C.; SILVA, S. E. L.; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. R. L. **A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular técnica, 2).

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Belém, PA: Clube do Cupu, 1993. 108 p.

VENTURIERI, G. A. **Floral biology of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann)**. 1994. 206 p. Thesis (PhD) – University of Reading, Reading.

VENTURIERI, G. A.; RIBEIRO FILHO, A. A. Polinização manual do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). **Acta Amazonica**, v. 25, n. 3/4, p. 181-191, 1995.

VENTURIERI, G. C.; MAUES, M. M.; MIYANAGA, R. Polinização do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Sterculiaceae): um caso de cantarofilia em uma fruteira amazônica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais [...]**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: Jica, 1997. p. 341-350. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).

VENTURIERI, G. A.; SILVA, M. B. Fenologia floral do cacau-jacaré (*Herrania mariae*-Sterculiaceae. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**: Botânica, v. 13, p. 31-47, 1997.

YOUNG, A. M.; ERICKSON, E. H.; STRAND, M. A.; ERICKSON, B. J. Pollination biology of *Theobroma* and *Herrania* (Sterculiaceae) I - Floral biology. **Insect Science Application**, v. 8, n. 2, p. 151-164, 1987.

WOŁOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos: Cubo, 2019. 179 p.