

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**FRANCISCA LIGIA AURELIO MESQUITA**

**ABELHAS VISITANTES DAS FLORES DO URUCUZEIRO (*Bixa*  
*orellana* L.) E SUAS EFICIÊNCIAS DE POLINIZAÇÃO**

**FORTALEZA – CEARÁ**

**FEV-2008**

**FRANCISCA LIGIA AURELIO MESQUITA**

Zootecnista

**ABELHAS VISITANTES DAS FLORES DO URUCUZEIRO (*Bixa orellana* L.) E  
SUAS EFICIÊNCIAS DE POLINIZAÇÃO.**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA - CEARÁ

BRASIL

2008

**FRANCISCA LIGIA AURÉLIO MESQUITA**

Zootecnista

**ABELHAS VISITANTES DAS FLORES DO URUCUZEIRO (*Bixa orellana* L.) E  
SUAS EFICIÊNCIAS DE POLINIZAÇÃO.**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Raimundo Maciel Sousa

Instituto CENTEC/FATEC - Sertão Central

Ao meu pai, Aurélio da Costa Neto (*in memoriam*), por se fazer sempre presente em meus sonhos sendo meu guia em todos os momentos e o maior responsável pela obtenção deste título ao qual sempre almejou em sua vida, não tendo, porém, oportunidade.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho não seria possível sem a participação de várias pessoas e instituições, às quais agradeço:

Aos meus pais, Aurélio da Costa Neto (*in memorian*) pela oportunidade que me deste em representá-lo através de sua simplicidade, honestidade e educação e Antônia Inês Mesquita da Costa pela paciência, força e total ajuda durante todo o curso. À vocês, minha eterna e infinita admiração e gratidão por nunca medirem esforços para o meu crescimento profissional e pessoal, por todo amor, apoio, compreensão e por sempre estarem presentes em minha vida.

Aos meus irmãos, Paulo Abner Aurélio Mesquita e Marco Diego Aurélio Mesquita, pela força e confiança depositados em mim.

À minha cunhada, Arine Silva de Carvalho pelo apoio e amizade.

À minha sobrinha, Isabel Aurélio de Carvalho pelo carinho, amor e alegria gerada em nosso convívio.

À toda minha família e em especial, meu primo Heitor Feitosa Marinho Neto, meu “braço direito” e um grande companheiro nas horas difíceis.

Às amigas do coração, Dayana Alves da Costa e Michelle Miranda Pie Kars Ki que sempre torceram por mim.

À Universidade Federal do Ceará, através do curso de Pós-graduação em Zootecnia, pela possibilidade de realização da presente dissertação.

Ao orientador Prof. PhD Breno Magalhães Freitas pela amizade e ensinamentos à favor da conclusão deste trabalho.

Aos professores e funcionários do departamento de Pós-graduação em Zootecnia da UFC, pela colaboração.

À secretária da Pós-graduação Francisca das Chagas Prudêncio Beserra, pela amizade, confiança e atenção.

Aos meus colegas de turma, Isac Gabriel Abrahão Bomfim e Marcelo Casimiro Cavalcante pelo companheirismo durante o curso de mestrado em Zootecnia/Apicultura.

Aos amigos e professores da Apicultura responsáveis por me inserirem nessa área: José Everton Alves e Raimundo Maciel Sousa pelo incentivo, ensinamentos, força e apoio no trabalho apícola.

Aos amigos do grupo de pesquisas com abelhas: Afonso Odério Nogueira Lima, Danielle de Abreu Silva, Ednir Oliveira Santiago, Igor Torres Reis, Júlio Otávio Portela Pereira, Luiz Wilson Lima Verde, Michelle de Oliveira Guimarães, Mikail Olinda de Oliveira, Patrícia Barreto de Andrade, Renata Soares Borba, Társio Thiago Lopes Alves e em especial: Marcelo de Oliveira Milfont, Rômulo Augusto Guedes Rizzardo e Thiago Mahlmann Vitoriano Lopes Muniz que me deram ajudas imprescindíveis.

Ao Dr. Abelardo Ribeiro de Azevedo por possibilitar a realização deste trabalho em sua propriedade rural.

À Sandra Maria C. P. Nunes, pela hospedagem na Pousada dos Ventos localizada na cidade de Pecém.

À aluna de graduação Kátia Napoletano (Italiana) da Universidade de Firenze assim como todos aqueles que me ajudaram na execução do experimento, pelas valiosas colaborações, bem como parceria, apoio e amizade.

À Dra. Favízia Freitas de Oliveira, da Universidade Estadual de Feira de Santana - BA, pela identificação das abelhas encontradas na área experimental.

Aos amigos da Pós-graduação: Adriano C. Barbosa Neto, Ana Carolina de B. Moura, Ana Gláudia V. Catunda, Ana Patrícia A. Bezerra, Bartolomeu Neto O. Martins, David R. da Rocha, Higo Leonardo L. de Sousa, Jaime Miguel Araújo Filho, Joaquim B. da Costa, José Antônio A. Cutrim Júnior, Labib S. Duarte, Luciano Jany F. Ximenes, Leonardo H. dos Santos (Baiano), Marieta Maria M. Vieira, Paulo Marcelo L. Cidrão, Rafaelle F. Moura, William de J. E. M. Filho, Roberto Cláudio F. F. Pompeu, Severino C. de Souza Júnior, Sueli dos S. Freitas, Tatiana G. Pinto Costa e em especial: Allisson Ney Carvalho Guimarães e Jamile Andréa Rodrigues da Silva pela amizade e companheirismo.

À bibliotecária da UFC: Ana Cristina Azevedo U. Melo.

Aos amigos do curso de graduação em Agronomia e Zootecnia que mantinham uma convivência harmoniosa na UFC.

Aos Laboratórios de Abelha e de Nutrição Animal da UFC.

À Capes, pela bolsa de estudos concedida.

À todos os colegas e amigos que direto ou indiretamente contribuíram para a concretização do presente trabalho. Muito obrigada!

*Não existe vitória sem luta, não existe luta sem vontade, não existe vontade sem desejo. Os sonhos de um ser humano podem se realizar por completo enquanto houver vida. Cada vitória é um desejo realizado de uma vontade adquirida por alguém que sonha. Nunca deixe de sonhar!*

Ligia Mesquita

## RESUMO

A pesquisa de campo foi conduzida na Fazenda Kiara Coeli localizada no município de Caucaia, estado do Ceará. A coleta dos dados ocorreu de março a agosto de 2007. Em um plantio de 6 ha constituído por urucuzeiros híbridos. O trabalho objetivou conhecer os requerimentos de polinização do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.), identificar seus visitantes florais e avaliar a eficiência polinizadora dos agentes bióticos mais freqüentes nas flores da cultura. Os requerimentos de polinização foram avaliados por estudos de biologia floral, receptividade do estigma e tratamentos de polinização livre, polinização manual cruzada, autopolinização manual, polinização restrita com filó e polinização restrita com papel; os visitantes florais foram capturados para identificação e suas freqüências e comportamento de pastejo observados usando transetos percorridos regularmente no cultivo. A eficiência de polinização dos visitantes florais mais freqüentes às flores foi feita por meio de visitas únicas e avaliação do tamanho, peso e número de sementes dos frutos produzidos. Os resultados mostraram que as flores do urucuzeiro duram apenas um dia e possuem anteras porcidas que necessitam serem vibradas para liberar pólen, apresentam receptividade apenas no período da manhã, especialmente entre 9:30 e 10:30 h, e produzem significativamente ( $p < 0,05$ ) mais frutos sob polinização cruzada do que autopolinização. As flores foram visitadas por insetos das Ordens: Diptera, Coleoptera e Hymenoptera, principalmente 13 espécies de abelhas das famílias Anthophoridae, Apidae, Halictidae e Andrenidae, a saber: *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa grisescens*, *Xylocopa muscaria*, *Exomalopsis analis*, *Apis mellifera*, *Melipona subnitida*, *Partamona* sp., *Trigona spinipes*, *Eulaema nigrita*, *Euglossa* sp., *Megalopta* sp., *Augochloropsis* sp. e *Oxaea* sp. As abelhas coletaram exclusivamente pólen, principalmente no período da manhã e variaram em freqüência, comportamento de pastejo e eficiência em vingar frutos com apenas uma visita à flor ( $p < 0,05$ ). Concluiu-se que a polinização do urucuzeiro é predominantemente xenógama e dependente de agentes bióticos, principalmente abelhas; o comportamento de pastejo do visitante floral é de fundamental importância para determinar sua eficiência como polinizador do urucuzeiro, e as abelhas *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. e *Eulaema nigrita*, por ordem de importância, foram os polinizadores mais efetivos na área estudada, devendo suas presenças serem incrementadas no plantio.

Palavras-chave: comportamento de pastejo, polinização do urucuzeiro, polinizadores efetivos, requerimentos de polinização.

## ABSTRACT

The research was carried out in the farm Kiara Coeli situated in the county of Caucaia, state of Ceará, Brazil. Data gathering took place from March to August 2007. In a 6ha crop made up of hybrids annatto plants. The work aimed to know the pollination requirements of annatto (*Bixa orellana* L.), to identify its floral visitors and the pollination efficiency of the most frequent floral visitors. Pollination requirements were evaluated by means of studies in floral biology, stigma receptivity and treatments of open pollination, hand cross pollination, self-pollination, muslin bag restricted pollination and paper bag restricted pollination; floral visitors were captured for identification and their frequency and foraging behavior were observed using transects which were walked in a regular basis throughout the day. Pollination efficiency of the most frequent floral visitors was assessed allowing one-floral visit only, and measurements of size, weight and number of seeds produced per fruit. Results showed that the annatto flowers last only one day and bear poricidal anthers that need to be vibrated to release pollen, are receptive only in the morning shift, especially between 9:30 and 10:30 h, and produce significantly ( $p < 0,05$ ) more fruits under cross pollination than self-pollination. Flowers were visited by insects of the Orders Diptera, Coleoptera and Hymenoptera, mainly 13 bee species belonging to the families Antophoridae, Apidae, Halictidae and Andrenidae, namely: *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa grisensces*, *Xylocopa muscaria*, *Exomalopsis analis*, *Apis mellifera*, *Melipona subnitida*, *Partamona* sp., *Trigona spinipes*, *Eulaema nigrita*, *Euglossa* sp, *Megalopta* sp., *Augochloropsis* sp. and *Oxaea* sp. Bees collected exclusively pollen, mainly early in the morning and varied ( $p < 0,05$ ) in frequency to flowers, foraging behavior and pollinating efficiency with only one floral visit. It was concluded that pollination in annatto is mainly xenogamous and dependent upon biotic agents, especially bees; the floral visitor's foraging behavior is of paramount importance to determine its pollination efficiency of annatto flowers, and the bee species *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. and *Eulaema nigrita*, by order of importance, were the most effective pollinators in the studied area, and their presence should be improved in the site.

Key words: foraging behavior, annatto pollination, effective pollinators, pollination requirements.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	12
2 - OBJETIVOS .....	14
2.1. OBJETIVO GERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 – REVISÃO DE LITERATURA .....	15
4 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	21
4.1 - Localização .....	21
4.2 - Características climáticas.....	22
4.3 - Solo e relevo .....	22
4.5 - Cultivar urucum .....	23
4.6 - Tratos culturais .....	23
4.7 - Experimentos .....	24
4.8 - Biologia floral.....	24
4.9 - Visitantes florais do urucuzeiro .....	25
4.10 - Comportamento de pastejo dos visitantes florais .....	25
4.12 - Requerimentos de polinização do urucuzeiro.....	26
4.13 - Avaliação dos frutos .....	28
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
5.1 - Biologia floral do urucuzeiro.....	30
5.2 - Receptividade do estigma .....	31
5.3 - Visitantes florais do urucuzeiro .....	33
5.4 - Eficiência da polinização de algumas espécies de abelhas nativas da área .....	43
5.5 - Avaliação dos frutos .....	46
6 – CONCLUSÕES .....	49
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Receptividade do estigma do urucum ( <i>Bixa orellana</i> ) ao longo do dia .....	32
TABELA 02 - Vingamento de frutos do urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) oriundos de flores submetidas a cinco tipos de polinização, aos cinco e dez dias após a polinização e na colheita .....	40
TABELA 03 - Eficiência de polinização de quatro espécies de abelhas em flores do urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) .....	42
TABELA 04 - Número médio de sementes produzidas por fruto de urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) como consequência de uma única visita de três espécies de abelhas, polinização livre e polinização cruzada manual .....	44
TABELA 05 - Avaliação dos frutos .....	45
TABELA 06 - Abundância e distribuição ao longo do dia de 13 espécies de abelhas visitantes do urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) em Caucaia – CE ..	47
TABELA 07 - Médias e erros padrões dos pesos das cachopas e sementes do fruto do urucum .....	47

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Localização do município de Caucaia - CE .....	22
FIGURA 02 - Localização da área experimental .....	23
FIGURA 03 - Vista da área experimental .....	25
FIGURA 04 - Botões florais do urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) (A), formato actinomorfo da flor pentâmera (B), estames acima do estigma totalmente aberto (C), estigma, ainda abrindo, acima dos estames (D), flor do urucum após 24 horas da antese (E) e flor do urucum após 48 horas da antese (F) .....	31
FIGURA 05 - <i>Xylocopa frontalis</i> , <i>Epicharis affinis</i> e <i>Melipona melanoventer</i> , <i>Apis mellifera</i> , <i>Trigona fulviventris</i> , <i>Tetragona clavipes</i> , <i>Trigona allatorreana</i> , <i>Trigona pallens</i> , <i>Trigona williana</i> , <i>Trigona</i> spp.....	38
FIGURA 06 - Padrão de visitação de doze espécies de abelhas nas flores do urucuzeiro ( <i>Bixa orellana</i> ) ao longo de um dia.....	39
FIGURA 07 - Polinização manual cruzada, autopolinização manual, polinização livre, polinização restrita com filó, polinização restrita com papel....	42

## 1 - INTRODUÇÃO

A cultura do urucum (*Bixa orellana* L.), tem se mostrado importante atividade geradora de emprego e renda através da produção de sementes das quais se extrai matérias tintoriais de cor amarela (orelina) e vermelha (bixina). Esses corantes são utilizados na arte culinária como condimento (colorau) e na indústria têxtil para colorir tecidos. Além de produzir um alimento funcional, o urucuzeiro é um vegetal que se adapta a diferentes tipos de solo, frutificando tanto nos anos de precipitações pluviométricas normais quanto em precipitações abaixo da média. É uma árvore que se desenvolve bem na região semi-árida, chegando a produzir cachos (cachopas) em menos de 2 anos (AZEVEDO, 2005).

Na sua região de origem, a Amazônia, o urucuzeiro depende de agentes polinizadores bióticos para frutificar satisfatoriamente. Desta forma, as flores do urucuzeiro atraem muitas abelhas, como as dos gêneros *Bombus*, *Xylocopa* e *Epicharis* (VENTURIERI e FERNANDES, 2005). No entanto, as abelhas sem ferrão são os visitantes mais frequentes para a coleta de pólen. De acordo com Venturieri (1999) as abelhas mais importantes na polinização do urucuzeiro são *Melipona melanoventer* e *Melipona fasciculata*, pois a flor possui um tipo de antera, que necessita de abelhas que consigam realizar vibrações pelas quais promove a liberação dos grãos de pólen contidos no seu interior.

Muitos agricultores colocam as abelhas sem ferrão em áreas de urucuzeiro visando sua polinização, baseado no fato destas abelhas serem responsáveis por 40 a 90% da polinização das árvores nativas da região (SEAGRI, 2005). Deve-se considerar que esse grupo de abelhas constitui os agentes polinizadores eficientes da Amazônia e a preservação dessas espécies contribui para conservar os mais diversos tipos de vegetação (DRUMMOND, 2004).

Com a expansão da cultura do urucuzeiro, encontramos algumas plantações na região nordeste, mostrando capacidade de adaptação e de desenvolvimento desta espécie nas condições ambientais das regiões áridas e semi-áridas da Bahia, Paraíba e Ceará (POLTRONIERI, 2001).

O urucum veio conferir maior importância econômico-social, visto que de suas sementes podem ser obtidos corantes naturais de diversas tonalidades, que vão do amarelo ao castanho, passando pelo vermelho, em substituição aos corantes artificiais e sintéticos

(EMBRAPA, 2005).

Através da polinização do urucuzeiro pode ocorrer um aumento em sua produção, bem como no tamanho e na qualidade dos frutos, melhorando o aspecto e a cor dos mesmos, contribuindo economicamente para o aumento da produtividade.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL:**

- Identificar os visitantes florais do urucuzeiro (*Bixa orellana*) e seu processo de polinização.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Avaliar a eficiência de polinização do urucuzeiro;
- Identificar as espécies de abelhas que atuam como agentes polinizadores do urucuzeiro.
- Determinar os requerimentos de polinização das espécies de abelhas polinizadoras do urucuzeiro.
- Estudar a biologia floral do urucuzeiro (*Bixa orellana*).
- Conhecer os requerimentos de polinização do urucuzeiro (*Bixa orellana*).
- Investigar os potenciais polinizadores do urucuzeiro.
- Avaliar a eficiência polinizadora de visitantes florais do urucuzeiro.

### 3 - REVISÃO DE LITERATURA

O urucum, urucu, colorau ou açafroa (*Bixa orellana* L.), Família Bixaceae, é uma arvoreta com grandes folhas de cor verde-claro que tem sua origem na América do Sul mais especificamente na região Amazônica.

O urucuzeiro se desenvolve muito bem na região nordeste, mostrando capacidade de adaptação e de desenvolvimento nas condições ambientais das regiões áridas e semi-áridas. A planta alcança até 10 metros de altura, podendo apresentar bom desenvolvimento com o uso de irrigação e tornando-se uma árvore em menos de dois anos. É adaptada ao sol pleno, clima úmido, solos férteis e ricos em matéria orgânica; porém resente-se de geadas. Produz flores rosadas com muitos estames e frutos com sementes que podem ser verdes ou vermelhas. O fruto possui cápsulas armadas por espinhos maleáveis que se tornam vermelhas quando maduras, e são chamados de cachopas.

As sementes do urucum contêm celulose (40 - 45%), açúcares (3,5 - 5,2%), óleo essencial (0,3 - 0,9%), óleo fixo (3%), pigmentos (4,5 - 5,5%), proteínas (13 - 16%), alfa e beta-carotenos e outros constituintes. Possui também dois tipos de pigmentos a orellana de cor amarela e solúvel em água; e a bixina, de cor vermelha e solúvel em óleo (SERAFINI, 1995).

A polinização do urucuzeiro é realizada por insetos, dentre esses estão às abelhas sem ferrão que são os principais polinizadores de plantas nativas da região Amazônica. O urucuzeiro tem polinização eficiente somente com as espécies do gênero *Melipona*, pois o tipo de antera desta planta necessita de abelhas que consigam realizar vibrações, promovendo a liberação dos grãos de pólen contidos no seu interior (VENTURIERI, 2005).

Com o grande crescimento observado na agricultura mundial a partir da década de 1960 ocorreu uma transformação dos pequenos plantios de poucos hectares e com pouca tecnologia aplicada, em grandes áreas de centenas e até milhares de hectares e sofisticadas técnicas agrícolas, como a monocultura, plantio direto, aplicações maciças de defensivos agrícolas, etc. Apesar do considerável aumento na produção, e do desenvolvimento de variedades comerciais mais adaptadas a várias condições ecológicas, os dados têm mostrado um crescente declínio em produtividade nas culturas dependentes de

polinizadores bióticos, que constituem a grande maioria das plantas cultivadas pelo homem. A perda de polinizadores em áreas agrícolas já chegou a situações tão extremas que em culturas como maçã, melão, maracujá, kiwi, melancia, entre outras, para assegurarem níveis de produtividade competitivos no mercado e que possam gerar algum lucro, os produtores tem que optar entre alugar abelhas ou pagar pessoas para fazerem a polinização manual (FREE, 1993; FREITAS, 1995). Outras culturas, embora em escala menor, também dependem da polinização feita pelas abelhas para maximizar sua produção e, conseqüentemente os lucros (FREITAS, 1991; NORONHA, 1997).

Polinização define-se como sendo o processo pelo qual as células reprodutivas masculinas dos vegetais superiores (grãos de pólen) são transferidos das anteras das flores, onde são produzidos, para o receptor feminino (estigma) da mesma flor ou de outra flor da mesma planta ou de uma outra flor da mesma espécie (FREITAS, 1995). Este processo é necessário para que os grãos de pólen possam germinar no estigma da flor e fecundar os óvulos dando origem às sementes e assegurando a próxima geração de plantas daquela espécie (NOGUEIRA-NETO, 1997; KERR *et al.*, 1996).

Como as plantas não podem se deslocar em busca de parceiros sexuais, elas usam intermediários para transferirem os grãos de pólen dos estames para os estigmas das flores, chamados de agentes polinizadores. Estes agentes polinizadores podem ser o vento (caso dos pinheiros, milho, trigo, arroz, etc.), a água (como em algumas plantas aquáticas), a gravidade (caso de plantas com pólen pesado) e seres vivos, como acontece com 80% de todas as plantas com flores (NABHAN e BUCHMANN, 1997; KEVAN e IMPERATRIZ-FONSECA, 2002). Sem estes agentes polinizadores, a grande maioria das espécies de plantas não reproduziria sexualmente, e conseqüentemente, não seria possível produzir sementes, grãos, amêndoas, castanhas, frutas, vagens, folhagens, raízes, óleos vegetais, essências, corantes naturais, etc. utilizadas em larga escala pela sociedade humana.

De acordo com Wilson (1998), citado por Schlindwein (2000), quase todas as espécies vegetais possuem flores zoófilas e, desta maneira, necessitam de animais para desenvolver frutos e sementes. A polinização das flores junto com a dispersão dos diásporos é processo chave no sucesso reprodutivo das espécies de plantas. Desta maneira, os animais envolvidos neste processo cumprem um papel crucial. Um em cada três alimentos que consumimos depende da polinização por abelhas e de outros animais para chegar até nossas mesas (BUCKMANN & NABHAN, 1996).

Estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo sejam polinizadas por alguma espécie de abelha (KEVAN e PHILLIPS, 2001).

Existem ainda culturas de grande valor econômico que, apesar de comprovadamente aumentarem seus níveis de produtividade quando adequadamente polinizadas, não têm se beneficiado dos serviços de polinização por desconhecimento dos produtores em geral (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2007).

Ainda de acordo com estes autores, as poucas informações disponíveis no Brasil sobre a dependência de polinização de várias culturas agrícolas e plantas silvestres de importância econômica ou social, especialmente variedades locais e espécies nativas; polinizadores efetivos, eficiência de polinização e resposta econômica à polinização não permitem qualquer estimativa precisa do valor da polinização para as culturas agrícolas brasileiras, nem do que se perde com os possíveis níveis de polinização inadequados atuais. Contudo, esta mesma limitação de informações mostra que a agricultura brasileira pode se beneficiar grandemente da polinização biótica e que nossos níveis de produtividade provavelmente são baixos devido à sub-polinização como consequência da redução, inadequação e/ou ausência de polinizadores eficientes nas áreas agrícolas (FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA, 2007).

Entre todos os possíveis agentes polinizadores das plantas, as abelhas destacam-se por sua dependência em visitar flores para obterem seus alimentos: pólen, néctar e óleos; enquanto que a maioria dos outros polinizadores potenciais só visita as flores para satisfazer suas necessidades imediatas e quase sempre não as têm como suas únicas fontes de alimentos (CORBET *et al.*, 1991; FREE, 1993). Ainda conforme estes autores, as abelhas, de um modo geral, alimentam-se quase que exclusivamente de pólen e néctar e precisam visitar grandes quantidades de flores diariamente para satisfazerem suas necessidades individuais, das crias e/ou da colônia. Esse trabalho incansável de visitação às flores faz das abelhas os principais agentes polinizadores das plantas (CORBET *et al.*, 1991, FREE, 1993).

A polinização costuma ser apontada como o mais importante benefício das abelhas para a humanidade. Quando é realizada com qualidade, ocorre melhor vingamento de frutos e maior homogeneidade no amadurecimento, diminuindo perdas de colheita, promovendo uma melhoria no peso e na conformação de frutos e sementes, bem como aumento no número de sementes (FREE, 1993; FREITAS, 1998; MALAGODI-BRAGA, 2005).

No entanto, a importância da polinização e sua real dimensão para a vida em nosso planeta é quase sempre ofuscada por definições de caráter acadêmico e pouco assimiláveis para o público. Visto que a baixa compreensão de como ela ocorre e suas conseqüências nos ecossistemas silvestres e agrícolas muitas vezes é negligenciada (FREITAS E IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Um dos principais objetivos da agricultura atual é o aumento da produtividade podendo ser levado em conta pelo empresário rural, os pontos de estrangulamento da produção a fim de saná-los para que os objetivos sejam atingidos. A polinização tem sido um desses fatores na produção de diversas culturas, atuando, inclusive na preservação de matas nativas (COUTO E COUTO, 2002).

Nos Estados Unidos, por exemplo, que possuem mais de dois milhões de colméias em apiários móveis, os valores atribuídos ao aumento de qualidade e produtividade pelos serviços de polinização por abelhas são de US\$ 14,6 bilhões por ano (MORSE e CALDERONE, 2000). Estima-se que, a cada dólar investido na polinização ocorra US\$ 49,00 de retorno na produção de maçã e US\$ 215,00 na produção de amoras (WIESE, 2005). Além disso, o valor dos serviços prestados pelos polinizadores às principais culturas no mundo é estimado em 54 bilhões de dólares por ano (KENMORE e KRELL, 1998).

A utilização de abelhas para polinização no Brasil, além de ser mínimo, na maioria dos casos é feita sem o manejo adequado, além da falta de direcionamento dos serviços de polinização e cuidados com os agentes polinizadores nativos. O aluguel de colônias de abelhas melíferas vem sendo utilizado de forma comercial em apenas duas culturas brasileiras: a do melão (*Cucumis melo*), no Nordeste, destacando-se os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, com cerca de 10 mil colméias a um custo de R\$ 30,00/unidade, e a cultura da maçã (*Malus domestica*), no Sul, principalmente em Santa Catarina, com US\$ 2,1 milhões arrecadados pelos apicultores em 2004, ainda muito baixo em relação ao que pode ser produzido (FREITAS e IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

No semi-árido brasileiro, pouco se tem feito a respeito da falta de polinizadores nas culturas agrícolas exploradas pelo homem, preferindo-se atribuir sua baixa produtividade a outros fatores, como: condições climáticas, variedades cultivadas, poucos resultados com o uso de agroquímicos, solo, ataque de pragas e doenças (FREITAS, 1998). Como se nada disso interagisse de uma forma ou de outra com o processo de polinização das plantas. Desta forma, pouco se investe em pesquisas sobre os requerimentos de polinização e identificação de polinizadores eficientes para as principais culturas exploradas na região.

O corante de urucum é responsável pela coloração vermelha/alaranjada proveniente do pigmento bixina, merecendo atenção especial. Em primeiro lugar, por se tratar do único corante natural com crescente importância no mundo que tem sua origem em solo brasileiro. Além disso, extraído há séculos pelos índios, que utilizam seu poder tintorial como “maquiagem” tribal, o urucum tem sido objeto de profissionalização de cultivo, deixando no passado remoto a coleta selvagem e hoje contando com cerca de 6 mil hectares de plantações pelo País.

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de tinta de urucum, que apresenta muitas utilidades. Por não ter gosto, é usada na indústria alimentícia para colorir manteiga, queijos, margarina, iogurte e salsichas (CARNEIRO & AGUIAR, 1991). O aumento do consumo mundial de corantes naturais tem impulsionado o plantio de urucum (*Bixa orellana* L.), em regime de agricultura familiar no Nordeste brasileiro. A extração do principal pigmento da semente, a bixina, deixa de 97 a 98% de resíduo, constituído pelas sementes contendo pigmentos e óleos. (SILVA, 2003a; SILVA, 2003b). Segundo Utiyama *et al.*, 2002, este subproduto apresenta 14,7% de proteína bruta (PB), 12,5 a 14,4% de fibra bruta (FB), 36,8% de fibra em detergente neutro (FDN) e 20,2% de fibra em detergente ácido (FDA) (MYADA *et al.*, 2002).

Impulsionados pelo interesse da indústria local e mundial, que no afã de aumentar sua produção precisou contar com melhores e mais constantes fornecimentos, os agroprodutores nacionais de urucum passam por uma remodelação. Para começar, houve uma migração das melhores colheitas do norte e nordeste para o sudeste do País. A necessidade dos principais fabricantes de corantes, de contar com fornecedores na vizinhança, e a disponibilidade de assessoria técnica e de fôlego investidor existente na região, foram determinantes nesse novo panorama (CUCA, 2003).

Tradicionalmente, eram considerados os melhores grãos de urucum os provenientes do Norte, no Pará e no Amazonas, onde ainda se realizam colheitas selvagens de árvores perenes. Com o tempo, porém, os produtores de São Paulo, das regiões de Monte Castelo e Olímpia, passaram a se organizar e contar com apoio tecnológico de empresas do ramo, possuindo hoje o melhor urucum do país.

Dentro do conceito de se desenvolver práticas agrícolas economicamente viáveis, ecologicamente sustentáveis e socialmente justas, a meliponicultura se enquadra perfeitamente dentro dos conceitos de diversificação e melhor uso dos recursos naturais, pois é uma atividade que pode ser integrada ao manejo florestal, plantio de fruteiras e/ou

culturas de ciclo curto e, em muitos casos, pode contribuir para o aumento da produção agrícola.

O urucuzeiro, no entanto, é uma incógnita. Embora existam suspeitas de que seja polinizada pelo vento, não há nas literaturas nacional e internacional qualquer trabalho consistente que forneça alguma informação sobre os requerimentos de polinização desta espécie.

## 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 - Localização

A pesquisa de campo foi conduzida na Fazenda Kiara Coeli localizada no município de Caucaia, estado do Ceará, considerada região metropolitana de Fortaleza. Caucaia possui uma área de 227,895 km<sup>2</sup> com população de 316.906 habitantes e densidade 258 hab/km<sup>2</sup> e fuso horário GMT-3:00. A área experimental distante 40km de Fortaleza com vias de acesso através da BR - 020 e CE 085. O local do experimento está situado a 3° 38'27,5'' latitude sul, 38° 50'50,1'' longitude oeste e altitude de 47 metros em relação ao nível do mar (FIGURA - 01 e 02).

Os experimentos foram iniciados em março de 2007, época em que os urucuzeiros entram em florescimento natural, sendo finalizados em agosto de 2007.

A avaliação dos frutos foi realizada no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.



FIGURA 1. Localização do Município de Caucaia/CE.



FIGURA 02 - Localização da área experimental na Fazenda Kiara Coeli.

#### 4.2 - Características climáticas

Segundo Köeppen, a classificação climática da área experimental é tropical chuvoso do tipo Aw1. A pluviosidade média observada registrada entre os meses de março a agosto, na estação automática da cidade de São Gonçalo do Amarante, limite com Caucaia, área mais próxima do experimento foi de 237,8mm no mês de março, 159,8mm no mês de abril, 92,0mm no mês de maio, 76,6mm no mês de junho, 28,6mm no mês de julho e 9,6mm no mês de agosto, apresentando duas estações bem definidas: uma chuvosa de janeiro a junho, em que 90% das precipitações ocorrem, e outra seca, que corresponde ao período que vai de julho a dezembro. (FUNCEME, 2007)

Durante a execução dos experimentos foi registrada no local uma temperatura média de 24,00 a 32,67° e umidade relativa do ar variando de 37 a 72% medidos com termo-higrômetro digital, MTH-1360 de marca Ininipa.

#### 4.3 - Solo e relevo

Os solos do município de Caucaia são caracterizados como Planossolo Haplico Eutrófico arenico, predominando o solo do tipo: Plintossolo Argilúvico Distrófico. O

relevo da fazenda sede dos experimentos é plano, caracterizado por suaves ondulações e com pouca declividade (FUNCEME, 2007).

#### **4.5 - O cultivo de urucum**

A cultivar de urucum estudada foram híbridos oriundos de um banco de sementes de germoplasma produzidas no Nutec - Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, esses cultivares fornecem frutos com cachopas de diversas colorações, formatos e tamanhos. As plantas foram escolhidas de forma aleatória pela área, mapeando as que se apresentavam em florescimento durante os meses de março à agosto. Estas plantas compõem uma área já bem estabelecida com 3 anos de implantação e aproximadamente 2,5 metros de altura. (Figura - 02) O espaçamento utilizado entre as plantas é de 3 x 3m e toda a área de urucuzeiros, plantado compreende 3 hectares, embora o estudo tenha abrangido somente 1 ha, totalizando 120 plantas.

Praticamente todas as plantas da área (1 ha) foram usadas e as flores polinizadas eram escolhidas ao acaso, sem observância alguma ao tipo de inflorescência.

#### **4.6 - Tratos culturais**

A cultura do urucum recebeu adubação. Foi preservado o extrato herbáceo da área, promovendo apenas, um raleamento com raio de 1m ao redor de cada planta de urucum.

Um dos motivos para a escolha desta área foi o fato de apresentar condições satisfatórias para o desenvolvimento da pesquisa, ou seja, ser uma área rodeada de mata nativa com grande diversidade florística e nunca ter sido utilizado qualquer tipo de defensivo agrícola para controle de pragas e doenças das plantas (FIGURA - 03).



FIGURA 03 - Vista da área experimental.

#### 4.7 - Experimentos

Esse trabalho investigou os seguintes aspectos:

- a) Biologia floral do urucuzeiro;
- b) Visitantes florais e potenciais polinizadores do urucuzeiro;
- c) Comportamento de pastejo dos visitantes florais nativos;
- d) Requerimentos de polinização do urucuzeiro;
- e) Eficiência da polinização de algumas espécies de abelhas nativas da área;
- f) Avaliação dos frutos

#### 4.8 - Biologia floral

Foram observados aspectos da biologia floral do urucuzeiro de *Bixa orellana* como período de florescimento da cultura, horário de antese, formato das flores, tamanho, cor, cheiro, número de estames, características das anteras e maturidade sexual da flor.

A receptividade do estigma foi testada em 290 flores de urucuzeiros, retirando-se cuidadosamente as anteras com uma pinça e com o auxílio de uma placa de Petri contendo com peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 10 vol. (ZEISLER, 1938) introduziu-se o estigma, observando-se através de uma lupa, a reação sobre a superfície estigmática. Este procedimento foi realizado nos horários de 05:30, 06:30, 07:30, 08:30, 09:30, 10:30, 11:30

e 12:30 h. contando com 5 flores em cada horário ao longo de 5 dias consecutivos, observando quais dessas flores encontrava-se receptivas.

#### **4.9 - Visitantes florais do urucuzeiro**

Durante 14 dias de observações diretas no campo, procurou-se determinar quais os visitantes florais que poderiam desempenhar um papel na polinização do urucuzeiro, e assim ser objeto de estudo durante todo o experimento. Estas observações foram feitas através de caminhadas com intervalos de uma hora, iniciando às 04:00 horas e finalizando às 15:00 horas. Durante as caminhadas eram anotadas quais espécies estavam presentes na área, o horário de visita, frequência nas flores e o comportamento de pastejo de cada espécie, procurando visualizar o que esta espécie coletava.

Após essas observações, foram coletados exemplares dos insetos presentes na área para posterior identificação. Os insetos foram sacrificados com acetato de etila e posteriormente, montados em alfinetes entomológicos, devidamente etiquetados e enviados à Dra. Favízia Freitas de Oliveira para identificação na Universidade Estadual de Feira de Santana, para a devida identificação.

#### **4.10 - Comportamento de pastejo dos visitantes florais**

Cada visitante floral teve seu comportamento observado e anotado suas ações durante a visita às flores. Os seguintes dados foram coletados:

- Horário de visitação às flores por parte dos principais visitantes florais. Durante sete dias foram realizadas observações entre 04:00 a 15:00 h., onde se realizou, a cada hora, uma caminhada ininterrupta de 10 minutos de duração por uma distância de aproximadamente 100 metros, por entre as plantas em florescimento, sendo feito o mesmo trajeto em todas as caminhadas. A cada caminhada eram anotados quais os insetos encontrados visitando as flores e o número de indivíduos por espécie nas flores naquele horário;
- Após percorrer o transeito, era observado e anotado o comportamento de algumas espécies de abelhas que se encontravam na área, como por exemplo;

- Foi observado o número de plantas visitadas pela espécie em questão, o número de flores visitadas da mesma planta, o número total de flores visitadas por cada espécie durante uma única viagem de pastejo e seu comportamento na flor.

- Recursos florais coletados, modo de coleta e fidelidade à planta ou à flor de acordo com cada espécie.

#### **4.11 - Requerimentos de polinização do urucuzeiro**

Para esse experimento foram escolhidos aleatoriamente 492 botões florais, entre as plantas de urucuzeiros. Esses botões florais foram marcados com uma etiqueta de tecido de cetim, variando segundo a cor, envolvida com papel adesivo, evitando assim sua destruição pela ação climática. Cada etiqueta continha uma marcação específica indicando o tratamento em questão e era amarrada no pecíolo da flor escolhida. Para todos os tratamentos com exceção da polinização livre, utilizaram-se como proteção dos botões, sacos de filó de nylon, de 20 x 20 cm e malha de 1 x 1 mm.

Os tratamentos usados nesse experimento foram T1: Polinização livre; T2: Autopolinização manual com pólen da própria planta (Geitonogamia); T3: Polinização manual cruzada com pólen de outra planta da mesma cultivar. T4. Polinização restrita com filó e T5: Polinização restrita com papel.

A metodologia adotada para os diversos tratamentos dos tipos de polinizações é descrita a seguir:

- a) T1: Polinização livre - 132 flores de urucuzeiro, híbridos, foram marcadas e acompanhadas durante toda a evolução de seus frutos até sua colheita ou queda por não vingamento (FIGURA 07 - C).
- b) T2: Autopolinização manual (Geitonogamia) - Um dia antes dos trabalhos de polinizações, vários botões florais que abririam no dia seguinte foram ensacados e ficaram protegidos da visita de qualquer possível polinizador. No dia seguinte, quando essas flores abriram, a partir de 4:00 horas, era retirado o saco de proteção de cada flor, e em seguida realizada o toque das anteras de três flores da mesma planta com o estigma da flor a ser polinizada. A seguir a flor polinizada era ensacada novamente, de forma a deixá-la bem isolada, e devidamente etiquetada. O saco de filó permanecia na planta por 72 horas, período no qual a flor não se apresentava mais receptiva, os botões devidamente etiquetados eram observados ao

longo do tempo de maturação até o final do seu ciclo, seja sua queda por motivo de não vingamento ou por colheita. Este tratamento contou com 60 repetições (FIGURA 07 - B).

- c) T3: Polinização manual cruzada - Esse tipo de polinização foi realizada em 60 flores e seguiu a mesma metodologia anterior, diferindo apenas na origem da flor doadora de pólen, que neste caso eram flores de outra planta, mas da mesma cultivar (FIGURA 07 - A).
- d) T4: Polinização restrita com filó - As inflorescências foram ensacadas por inteiro e permaneceram com sacos de papel até 48 horas. Este tratamento não permite a ação de nenhum agente biótico externo e os agentes abióticos como o vento. Somente estão presentes, os grãos de pólen da própria inflorescência ensacada. No caso de vingamento, a planta poderia apresentar mecanismos de autopolinização. Esse tratamento contou com 120 repetições (FIGURA 07 - D).
- e) T5: Polinização restrita com papel - As inflorescências foram ensacadas com papel, de forma a inibir a ação do vento e de qualquer polinizador. A restrição era realizada nos botões em fase de antese e retirados 3 dias após a sua marcação. Para esse tratamento foi utilizado 120 repetições (FIGURA 08 - E).

O vingamento dos frutos foi avaliado aos 5 e aos 10 dias após a manipulação das flores e a persistência dos frutos verificada no decorrer do experimento e no momento da colheita, aproximadamente 60 dias após a polinização.

Quando os frutos apresentavam-se no ponto de colheita determinado pelo produtor local, eles eram colhidos cuidadosamente com tesoura manual e procedidas às avaliações de produtividade por tratamento, peso dos frutos, das cachopas e número de sementes que serviram para a comparação entre os tratamentos.

#### **4.12 - Eficiência da polinização de algumas espécies de abelhas nativas presentes na área**

Utilizou-se as espécies nativas da área devido sua grande diversidade e abundância encontrada na área, sendo estas espécies das famílias: Antophoridae, Apidae, Halictidae e Andrenidae.

Para esta parte do experimento, os botões florais foram ensacados no dia anterior à sua abertura e os sacos de filó retirados ao amanhecer do dia seguinte. As flores passavam

a serem observadas a uma distância de aproximadamente 2 metros esperando-se a visita dos prováveis agentes polinizadores das flores. Logo que a flor recebia a primeira visita, preenchia-se a etiqueta, identificando a espécie de abelha que a visitou, o horário e o dia, em seguida a flor era ensacada novamente. Essa observação contou com número de repetições variadas de acordo com os visitantes mais freqüentes da área.

O vingamento dos frutos foi avaliado no momento da colheita, aproximadamente 60 dias após a polinização. Logo que os frutos atingiram o estágio de maturação, eram colhidos cuidadosamente e anotado os parâmetros para comparação, como número de frutos produzidos, peso médio dos frutos, peso médio das cachopas e o número médio das sementes.

A média das sementes vingadas por fruto foi utilizada para comparar a eficiência polinizadora de algumas espécies nativas de abelhas presentes na área.

#### **4.13 - Avaliação dos frutos**

Os frutos de todos os tratamentos anteriores foram avaliados por quatro parâmetros:

- A. Peso total do fruto: logo que o fruto encontrava-se em ponto de colheita determinado pelo produtor local, eram colhidos com o uso de uma tesoura manual, guardados em sacolas plásticas e enviados ao laboratório onde eram pesados individualmente em uma balança modelo BG 400 com  $d= 0,001g$  e  $e= 0,01g$  e com precisão de 0,01 grama.
- B. Peso total da cachopa e das sementes: As cachopas foram pesadas separadamente das sementes e dessa forma por subtração obtivemos o peso total por cachopa e das sementes.
- C. Número de sementes: todas as sementes, de todos os frutos, foram contadas após terem sido pesadas, assim obteve-se o peso total das sementes e seu peso unitário, em seguida foram ensacadas e etiquetadas de acordo com cada tratamento.
- D. Os frutos foram medidos utilizando um paquímetro manual de aço inox marca Messen, modelo PAQ-150 - sendo obtidas as medidas de tamanho polar da cachopa, largura equatorial maior e largura equatorial menor.

#### **4.14 - Análise estatística**

Os dados relativos à horários de visitação, número de sementes e características dos frutos são dados paramétricos e foram analisados por análise de variância e comparados à posteriori pelo teste de Tukey.

Os dados referentes à receptividade do estigma, requerimentos de poliniza o, eficiência de poliniza o e vingamento dos frutos, são dados não paramétricos e foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 - Biologia floral do urucuzeiro

O período de florescimento da cultura foi de março a agosto na região de Caucaia - CE, iniciando a maturação dos frutos após 60 dias do florescimento. Entre os meses de maio e junho, o ritmo de florescimento da planta diminuiu, cessando por completo entre os meses de julho e agosto.

Observou-se a presença de néctários extraflorais na base da corola da flor, sendo suas secreções muito apreciadas pelas formigas e vespas presentes no local (FIGURA - 04A). Segundo Pierotti (2000), os nectários florais geralmente estão associados à atração de polinizadores, a presença de nectários extraflorais costuma estar relacionada com a atração e recompensa de formigas que, ao fazer uso das secreções de néctar como alimento, protegem a região ao redor dos nectários de fitófagos, que podem causar danos à planta e conseqüentemente à sua fonte de alimento, ou ladrões de néctar que tentam obtê-lo de forma ilegítima e, portanto, não polinizando a flor.

As flores de urucuzeiros apresentaram a antese antes do amanhecer do dia, por volta das 4:00 h da manhã, levando uma hora para completar sua abertura. Essas observações são similares as de Venturieri (2006) que verificou antese das flores de urucuzeiros na região de Belém a partir das 5:00 h. Essa pequena diferença, provavelmente se deva a fatores relacionados às plantas de urucum utilizadas; temperaturas e/ou umidade relativa e luminosidade nas diferentes horas do dia entre as localidades estudadas. Todas as flores da área experimental encontravam-se abertas às 6:00 h.

A flor do urucum varia do róseo claro à branca e apresenta odor característico (FIGURA - 04B). O formato de todas as flores observadas é do tipo actinomorfa. As flores são pentâmeras, cíclicas, perfeitas, poliândricas tendo em torno de 378 anteras por flor e apresentam heterostilia, sendo que em maior freqüência os estigmas encontram-se mais altos que anteras (FIGURAS 04C e 04D). As anteras são ditecas, amarelas e de deiscência poricida e o estigma, que apresenta sua porção terminal alongada quando da antese, gradualmente abre-se ao meio, tornando-se uma superfície em forma de um disco achatado, ampliando a área de captura de grãos de pólen. Isso, provavelmente, está associado ao aumento de receptividade do estigma ao longo do dia, conforme descrito à frente.

As flores persistem por 24 horas. Após as 18:00 h, inicia-se o processo de senescência, fazendo com que a flor vá perdendo aos poucos sua cor natural, tornando-se opaca, diminuindo seu odor característico e tornando-se quase que totalmente murcha por volta das 4:00 h da manhã seguinte (FIGURA - 04E). Ao final deste dia, ocorre uma queda brusca de suas pétalas e demais estruturas que se completa 48 horas após a antese (FIGURA - 04F).



FIGURA 04 - Botões florais do urucuzeiro (*Bixa orellana*) (A), formato actinomorfo da flor pentâmera (B), estames superior ao estigma aberto (C), estigma, ainda abrindo, acima dos estames (D), flor do urucum após 24 horas da antese (E) e flor do urucum após 48 horas da antese (F).

## 5.2 - Receptividade do estigma

O estigma mostrou-se receptivo do momento da antese até as 13:30 h, cerca de nove horas depois. Embora não tenha sido possível testar a receptividade do estigma no momento da antese, devido à falta de luminosidade para verificar a reação estigmática ao peróxido de hidrogênio, mesmo com o uso de lanternas, a alta receptividade observada as 5:30 h sugere que o estigma já estaria receptivo no momento da antese.

A receptividade do estigma apresentou um padrão crescente do momento da antese até valores máximos por volta das 10:30 h, quando então começou a decrescer lentamente até as 12:30 h e, a partir daí, apresentou queda brusca até as 13:30 h, cessando sua receptividade por completo as 14:30 h. Segundo Almeida & Pinheiro (1992), o estigma fica receptivo desde o início da antese, juntamente com a maturação das anteras, e ambos permanecem assim cerca de seis a sete horas após a abertura da flor, estando assim de acordo com o experimento realizado. Esse padrão é comum a várias espécies vegetais, cultivadas ou não, que possuem flores com duração igual ou inferior a 24 h. (Almeida & Pinheiro,1992).

Houve diferenças significativas ( $\chi^2 = 82,743$ , gl = 8,  $p < 0,05$ ) na receptividade do estigma ao longo do dia. O período entre 9:30 e 12:30 h, mostrou-se o mais receptivo, e os horários de 10:30 h e 11:30h. foram significativamente mais receptivos do que todos os demais, exceto 09:30 e 13:30 h (TABELA 01).

TABELA 01 - Receptividade do estigma do urucum (*Bixa orellana*) ao longo do dia.

<b>Horário</b>	<b>N</b>	<b>Receptivas</b>	<b>%</b>	<b>Não receptivas</b>	<b>%</b>
<b>05:30</b>	30	24 bc	80,00	6	20,00
<b>06:30</b>	30	24 bc	80,00	6	20,00
<b>07:30</b>	30	20 bc	66,66	10	33,33
<b>08:30</b>	30	18 c	60,00	12	40,00
<b>09:30</b>	30	25 ab	83,33	5	16,66
<b>10:30</b>	30	30 a	100,00	0	0,00
<b>11:30</b>	30	29 a	96,66	1	3,33
<b>12:30</b>	30	25 ab	83,33	5	16,66
<b>13:30</b>	30	4 d	13,33	26	86,66
<b>14:30</b>	20	0 e	0,00	20	100,00

Média seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ).

### 5.3 - Visitantes florais do urucuzeiro

As flores do urucuzeiro foram visitadas por um grupo diverso de insetos das seguintes ordens: Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Sendo formigas (Formicidae), vespas (Vespidae), abelhas (Apidae). As mais comuns no entanto são as abelhas que constituíram os espécimes mais frequentes observados na área experimental e estas coletavam exclusivamente pólen.

Foram observadas visitando os urucuzeiros 13 espécies de abelhas das famílias Antophoridae, Apidae, Halictidae e Andrenidae, sendo essas representadas pelas espécies *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa grisescens*, *Xylocopa muscaria*, *Exomalopsis analis*, *Apis mellifera*, *Melipona subnitida*, *Partamona* sp., *Trigona spinipes*, *Eulaema nigrita*, *Euglossa* sp, *Megalopta* sp., *Augochloropsis* sp. e *Oxaea* sp. (FIGURA 05).

Venturieri (2004) observou visitando o urucuzeiro espécies de Díptera e Coleoptera, e entre as abelhas, *Xylocopa frontalis*, *Epicharis affinis* e *Melipona melanoventer*, *Apis mellifera*, *Trigona fulviventris*, *Tetragona clavipes*, *Trigona allatorreana*, *Trigona pallens*, *Trigona williana*, *Trigona* spp.. Nota-se que apenas *Xylocopa frontalis* e *Apis mellifera* foram comuns aos dois estudos, embora em ambos haja diferentes espécies de meliponíneos, especialmente aqueles dos gêneros *Melipona* e *Trigona*.

Já estudo realizado por Almeida & Pinheiro (1992) em Viçosa, MG, relatou como visitantes florais do urucuzeiro as espécies *Xylocopa frontalis*, *Centris* sp., *Eulaema nigrita*, *E. cingulata*, *Apis mellifera* e *Exomalopsis* sp., mostrando que *X. frontalis* e *Apis mellifera* são abelhas comuns em flores urucuzeiro tanto no Norte, Nordeste quanto Sudeste do país.

### 5.4 - Comportamento de pastejo das abelhas visitantes florais do urucum

No período de execução do experimento verificou-se a presença das abelhas entre 5:00 e 12:00 horas. Porém, o pico de visitação às flores do urucuzeiro, de todas as abelhas observadas na área, concentrou-se nos horários de temperatura mais amena, cedo do dia, especialmente nos horários entre 06:10 e 09:20 h. A abundância de treze espécies de abelhas nas flores de urucum ao longo do dia pode ser observada na (FIGURA 05). O pólen foi à única recompensa buscada por essas espécies de abelhas.

Excetuando-se *Megalopta* sp., que se apresentou em número muito reduzido e somente nos momentos de baixa luminosidade das madrugadas, o comportamento de todas as abelhas visitantes do urucuzeiro foi observado. Constatou-se que 82% das abelhas visitantes florais apresentaram comportamento vibratório (buzz-pollination), foram elas: *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa grisescens*, *Xylocopa muscaria*, *Melipona subnitida*, *Eulaema nigrata*, *Euglossa* sp., *Exomalopsis analis*, *Augochloropsis* sp. e *Oxaea* sp.

*Apis mellifera*, *Partamona* sp. e *Trigona spinipes* não foram observadas coletando pólen por meio de vibração, mas apenas aquele já desalojado das anteras por visitas anteriores de abelhas que vibravam.

A seguir é descrito o comportamento das espécies de abelhas mais frequentes na área:

*Eulaema nigrata* (FIGURA - 05F) é uma abelha de grande porte que se mostrou capaz de prender-se a um grande número de anteras de uma só vez, executando a vibração (buzz-pollination) das anteras e expulsando com bastante eficiência uma enorme quantidade de pólen. Uma “nuvem” de pólen podia ser observada logo nas primeiras vibrações. Todo esse pólen caía sobre o corpo da abelha e após algumas vibrações esta alcançava vôo e pairando em frente à flor, transferia o pólen depositado na região ventral de seu tórax e abdômen para as corbículas com o auxílio das pernas anteriores e medianas. Após algumas visitas podia-se observar notoriamente uma grande massa de pólen nas corbículas destas abelhas. Alternativamente à transferência do pólen do corpo para as corbículas em vôo, essas abelhas também podiam prender-se pelas mandíbulas às bordas das folhas do urucuzeiro pendurando-se e transferindo o pólen para as corbículas com o auxílio das pernas anteriores e medianas. Esse último comportamento, no entanto, era raro. As *E. nigrata* tinham o hábito de visitar várias flores da mesma planta, levando em média 6 segundos por flor, e de outras plantas da mesma cultura de urucum em cada viagem de pastejo. Por se tratar de uma abelha de grande porte, *E. nigrata* podia, teoricamente, tocar todos os verticilos reprodutores ao mesmo tempo transferindo pólen para o estigma.

As abelhas *Xylocopa frontalis* (FIGURA - 05A) e *Xylocopa grisescens* (FIGURA - 06B), por terem maiores dimensões que as demais abelhas, em média 3,1 cm. demandavam menos tempo durante a visitação, levando em média 3 segundos por visita à flor isso devido à forma de como obtinham pólen das anteras. Estas abelhas prendiam-se a todas as anteras de uma só vez, com o auxílio das pernas e mandíbulas, encurvando o abdômen levemente para frente, e com poucas vibrações (buzz-pollination) promoviam a “expulsão” do pólen contido em todas elas. Uma “nuvem” de pólen, da mesma forma que em *E.*

*nigrita*, também podia ser observada nas visitas realizadas por estas duas espécies durante as vibrações. Após poucos segundos em uma flor, estas abelhas se dirigiam para outras flores conseguindo, dessa forma, visitar uma grande quantidade de flores em um curto espaço de tempo. À medida que se agarravam às anteras, estas abelhas encostavam seus tórax e abdomens no estigma das flores, aparentemente transferindo grãos de pólen para o estigma. Após algumas visitas, podia-se observar um grande acúmulo de grãos de pólen depositados nas escopas e caídos sobre o mesoscuto. Um dado interessante é que apenas duas a três flores eram visitadas por planta, o que favoreceria a polinização cruzada no plantio.

*Xylocopa muscaria* diferiu das demais *Xylocopas* presentes na área experimental por se tratar de uma abelha rápida em seus movimentos, e em relação ao seu porte, onde é uma abelha consideravelmente menor. Esta espécie apresentou um comportamento semelhante ao realizado pelas abelhas *Centris*, espécie essa que além de possuir grande porte, tem seu vôo rápido e de difícil visualização.

Esta abelha foi observada realizando vibrações (buzz-pollination), porém as regiões das flores tocadas por elas não puderam ser observadas devido sua rápida passagem pela flor durante a visita.

*Exomalopsis analis* (FIGURA - 05C) são abelhas pequenas e incapazes de se agarrarem a muitas anteras de uma só vez e tocar o estigma simultaneamente. Esta espécie necessitou de mais tempo nas flores que as demais abelhas, a fim de conseguir coletar todo o pólen de que precisava, porque vibrava cada antera individualmente. Esse comportamento difere do relatado por Costa *et. al.* (2006) para *Exomalopsis* sp. que apenas coletaria grãos de pólen caídos sobre as pétalas da flor do urucum quando elas eram visitadas por outros visitantes florais. Porém, em suas visitas, *Exomalopsis analis* raramente tocava o estigma devido ao seu diminuto porte e ao fato de o estigma se encontrar mais alto que as anteras na maioria das flores. Apesar de ter sido observada realizando vibrações (buzz-pollination) em todas as anteras de uma mesma flor enquanto caminhava sobre os estames e entre os mesmos, *E. analis* não parece ser um polinizador eficiente do urucuzeiro (*Bixa orellana*) por raramente tocar o estigma.

*Melipona subnitida* (FIGURA - 05E) é uma abelha capaz de promover vibrações (buzz-pollination) em flores que apresentam deiscência poricida, com o objetivo de “expulsar” o pólen contido no interior das anteras. Contudo, esta abelha é relativamente pequena em relação à flor do urucuzeiro e, assim como para *E. analis*, *M. subnitida*

raramente foi observada tocando o estigma, somente sendo vista caminhado sobre as anteras e entre as mesmas enquanto realizava vibrações. Esta espécie gastava pouco tempo em cada flor e logo voava para outra flor da mesma planta e para outras plantas de *Bixa orellana*.

As abelhas *Euglossa* sp. aproximavam-se da flor frontalmente e, ao pousarem, agarravam uma pequena parcela das anteras com suas mandíbulas e pernas e realizavam movimentos vibratórios (buzz-pollination). Ao realizarem a vibração nas anteras o pólen era liberado, caindo sobre seu corpo. Após a coleta realizavam comportamento de limpeza, pairando no ar, no intervalo entre as visitas, transferindo o pólen de seu corpo para a corbícula, com auxílio das pernas anteriores e medianas. Porém, grandes quantidades de grãos de pólen, ainda eram vistos sob seu abdômen. Habitualmente, um grande número de flores da mesma planta ou de plantas diferentes de *Bixa orellana* era visitado sequencialmente por esta abelha. Da mesma forma que aconteceu com todas as abelhas pequenas em relação à flor do urucuzeiro, esta espécie raramente foi observada tocando o estigma.

As abelhas *Augochlropisis* sp. (FIGURA - 05G) apresentaram comportamento forrageiro semelhante ao da *E. analis*. São abelhas pequenas e incapazes de se agarrarem a muitas anteras de uma só vez e tocar o estigma simultaneamente e, também, necessitaram de mais tempo nas flores durante as visitas. Estas abelhas, depois de vibrarem algumas anteras, procuravam outras que estivessem próximas com o auxílio das pernas anteriores quando, então, juntavam-nas ao corpo segurando-as entre as pernas e mandíbulas e vibrava novamente. Esse procedimento fazia com que, algumas vezes, a abelha passasse pelo estigma em busca das anteras próximas, podendo transferir pólen para o mesmo. Ao realizarem os movimentos vibratórios (buzz-pollination) os grãos de pólen caíam sobre seu corpo e no intervalo de algumas vibrações esta espécie parava sobre as pétalas ou folhas para um procedimento de limpeza transferindo o pólen depositado sobre seu corpo para as escopas. BEZERRA E MACHADO (2003), estudando o comportamento de pastejo de *Pseudaugochlora* sp. sugerem que os representantes da família Halictidae são polinizadores mais eficientes em flores pequenas, nas quais conseguem vibrar todo o cone de anteras e tocar o estigma das flores hermafroditas.

*Apis mellifera* (FIGURA - 05D) não foi vista vibrando as anteras em suas coletas, conforme já esperado, uma vez que essas abelhas reconhecidamente não possuem essa habilidade. Essas abelhas tinham o comportamento de percorrem os estames de forma a

coletar os grãos de pólen expostos nos estames e/ou no estigma, filete, anteras ou em outras estruturas da flor, como consequência de visitas anteriores realizadas por abelhas que vibram as anteras. Ao coletarem pólen dessa maneira, essas abelhas percorriam toda a flor e podem, potencialmente, entrar em contato com o estigma. Este comportamento de coleta de pólen em flores com anteras poricidas não é comum para *A. mellifera*, tendo sido observado anteriormente apenas em locais com carência de outras fontes de pólen mais disponíveis (GUIMARÃES, 2007).

*Oxaea* sp. (FIGURA - 05H) foi uma espécie raramente observada na área experimental. Espécime algum desta abelha pôde ser coletado, tamanha era a dificuldade de ser encontrado. De fato esta abelha foi observada poucas vezes e em uma única planta do cultivo, em uma área específica da propriedade. A identificação do gênero e o comportamento de pastejo dessa abelha, só foi possível devido a registros fotográficos e filmagens feitas durante suas visitas às flores. *Oxaea* sp. foi observada realizando vibrações na flor do urucuzeiro, mas, devido ao seu pequeno tamanho em relação às flores, era preciso mais de uma investida na mesma flor para que ocorresse a coleta de pólen em todas as anteras. Esta espécie aproximava-se da flor frontalmente e com o auxílio das pernas e mandíbulas prendia-se às anteras, encurvando levemente o abdômen para frente, e então vibrava seu tórax proporcionando a “expulsão” dos grãos de pólen do interior das anteras de tal forma que estes caíam sobre seu corpo. Entre as visitas às flores esta abelha realizava procedimento de limpeza, ainda em vôo, transferindo parte do pólen presente em seu corpo para as escopas, utilizando para tanto, as pernas anteriores e medianas. *Oxaea* sp. apresenta tamanho e comportamento adequado para proporcionar facilmente a transferência de pólen para o estigma e isso pôde ser observado no campo. Durante as investidas desta abelha às flores do urucuzeiro pôde-se observar, por várias vezes, o toque do estigma da flor na região ventral da abelha, possibilitando assim, a transferência do pólen do corpo da abelha para o estigma da flor. No entanto, a raridade da espécie na área não permitiu maiores estudos sobre sua eficiência polinizadora.



FIGURA 05 - Abelhas visitantes do urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) em Caucaia-CE: *Xylocopa frontalis* (A), *Xylocopa grisescens* (B), *Exomalopsis analis* (C), *Apis mellifera* (D), *Melipona subnitida* (E), *Eulaema nigrata* (F), *Augochloropsis* sp. (G) e *Oxaea* sp. (H).

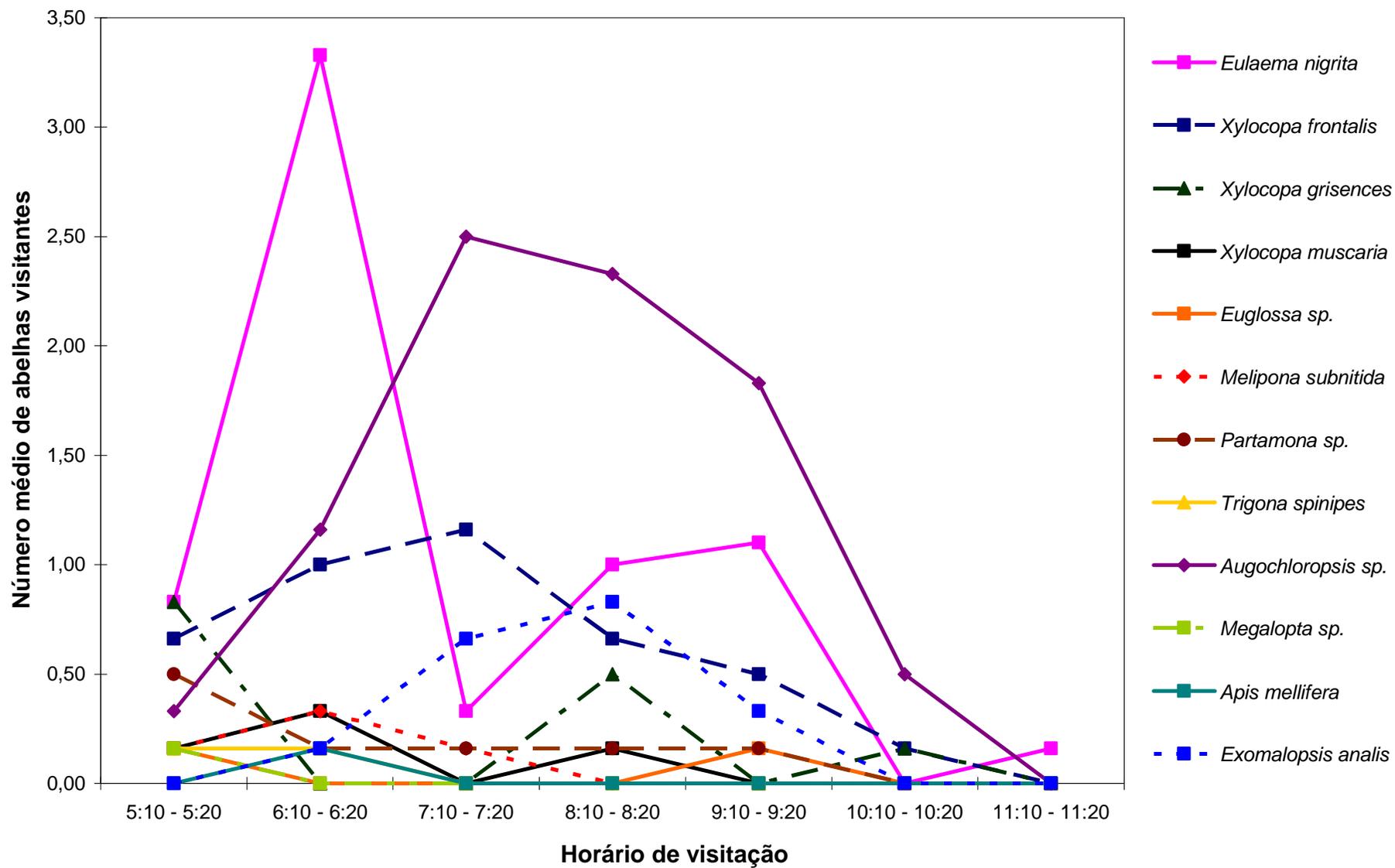


FIGURA 06 – Padrão de visitação de doze espécies de abelhas nas flores do urucuzeiro (*Bixa orellana*) ao longo de um dia.

TABELA 02 - Abundância média e distribuição ao longo do dia de 13 espécies de abelhas visitantes do urucuzeiro (*Bixa orellana*) em Caucaia - CE

<b>Espécies</b>	<b>5:10 - 5:20</b>	<b>6:10 - 6:20</b>	<b>7:10 - 7:20</b>	<b>8:10 - 8:20</b>	<b>9:10 - 9:20</b>	<b>10:10 - 10:20</b>	<b>11:10 - 11:20</b>
<i>Eulaema nigrita</i>	0,83 ± 0,40	3,33 ± 1,08	0,33 ± 0,21	1,0 ± 0,81	1,1 ± 0,60	0	0,16 ± 0,16
<i>Xylocopa frontalis</i>	0,66 ± 0,33	1,0 ± 0,51	1,16 ± 0,30	0,66 ± 0,21	0,50 ± 0,22	0,16 ± 0,16	0
<i>Xylocopa grisences</i>	0,83 ± 0,40	0	0	0,50 ± 0,34	0	0,16 ± 0,16	0
<i>Xylocopa muscaria</i>	0,16 ± 0,16	0,33 ± 0,21	0	0,16 ± 0,16	0	0	0
<i>Euglossa</i> sp.	0,16 ± 0,16	0	0	0	0,16 ± 0,16	0	0
<i>Melípona subnitida</i>	0,16 ± 0,16	0,33 ± 0,21	0,16 ± 0,16	0	0	0	0
<i>Partamona</i> sp.	0,50 ± 0,34	0,16 ± 0,16	0,16 ± 0,16	0,16 ± 0,16	0,16 ± 0,16	0	0
<i>Trigona spinipes</i>	0,16 ± 0,16	0,16 ± 0,16	0	0	0	0	0
<i>Augochloropsis</i> sp.	0,33 ± 0,33	1,16 ± 0,98	2,50 ± 1,52	2,33 ± 0,80	1,83 ± 0,54	0,50 ± 0,34	0
<i>Megalopta</i> sp.	0,16 ± 0,16	0	0	0	0	0	0
<i>Apis mellifera</i>	0	0,16 ± 0,16	0	0	0	0	0
<i>Exomalopsis analis</i>	0	0,16 ± 0,16	0,66 ± 0,49	0,83 ± 0,54	0,33 ± 0,21	0	0

## 5.5 - Requerimentos de polinização do urucuzeiro

Os dados coletados cinco dias após a polinização mostraram diferenças significativas ( $\chi^2 = 92,06$ ,  $gl = 3$ ,  $p < 0,05$ ) no vingamento inicial dos frutos de urucum entre os diversos tratamentos. A polinização cruzada manual apresentou a melhor taxa de vingamento, não diferindo da autopolinização manual, mas sendo significativamente ( $p < 0,05$ ) maior do que os demais tratamentos. A autopolinização manual por sua vez, não diferiu ( $p > 0,05$ ) da polinização livre, mas ambas diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) da polinização restrita, tanto por filó quanto por papel.

Aos dez dias, houve uma queda acentuada de frutos oriundos de polinização cruzada fazendo com que não houvesse diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para com o tratamento de polinização livre. Ambos, no entanto, diferiram ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos, inclusive da autopolinização. Os demais tratamentos mostraram-se semelhante ao observado aos cinco dias.

No momento da colheita, 60 dias após a polinização, o número de frutos colhidos no tratamento de polinização manual cruzada diferiu ( $p < 0,05$ ) de todos os demais tratamentos. A polinização livre e a autopolinização manual, por sua vez, não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si, mas diferiram ( $p < 0,05$ ) dos demais tratamentos (restrito com filó e saco de papel).

Esses resultados mostram que o urucuzeiro é uma planta predominantemente xenógama, porém aceitando também a autopolinização. A diferença significativa entre o vingamento de frutos originados de polinização manual cruzada e aqueles de polinização livre demonstra déficit de polinização na cultura em questão, seja por falta de polinizadores suficientes (quantidade) ou por falta de polinizadores eficientes (qualidade). Segundo Gómez (1980), no urucum a autopolinização não é eficiente, ocorrendo a xenogamia e com pouca ocorrência a geitonogamia, devido a protrandria. Esta característica da biologia reprodutiva tornaria a cultura do urucum dependente de agentes polinizadores capazes de vibrar as anteras para obter grãos de pólen. Isto também explicaria porque as flores restritas com filó e sacos de papel praticamente não vingaram frutos (TABELA 02).

TABELA 03 - Vingamento de frutos do urucuzeiro (*Bixa orellana*) oriundos de flores submetidas a cinco tipos de polinização, aos cinco e dez dias após a polinização e na colheita.

Requerimento de Polinização de Urucuzeiro							
Tratamentos de polinização	N	Aos 5 dias	%	Aos 10 dias	%	Colheita	%
Polinização manual cruzada	60	46 a	76,66	30 a	50,00	23 a	38,33
Autopolinização manual	60	38 ab	63,33	24 b	40,00	19 b	31,66
Polinização livre	120	73 b	60,83	60 a	50,00	38 b	31,66
Polinização restrita com filó	132	19 c	14,39	7 c	5,30	6 c	4,54
Polinização restrita com papel	120	2	1,66	1	0,83	1	0,83

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ).



FIGURA 07: Polinização manual cruzada (A), autopolinização manual (B), polinização livre (C), polinização restrita com filó (D), polinização restrita com papel (E).

## 5.6 - Eficiência da polinização de algumas espécies de abelhas nativas da área

As abelhas divergiram significativamente ( $p < 0,05$ ) na eficiência de polinizar as flores do urucuzeiro com apenas uma visita. *Xylocopa frontalis* produziu significativamente mais frutos do que *Eulaema nigrita* e *Melipona subnitida*, embora não tenha sido mais eficiente do que *Augochloropsis* sp.. *Eulaema nigrita* também não diferiu de *Augochloropsis* sp. *Melipona subnitida* não vingou fruto algum, mostrando-se totalmente ineficiente na polinização dessa cultura com apenas uma visita à flor e tendo, portanto, diferido de todas as espécies de abelhas estudadas neste experimento.

O comportamento de pastejo das abelhas provavelmente explica suas eficiências ou não como polinizadoras do urucuzeiro. Como visto na seção 5.4, *Xylocopa frontalis* é uma abelha de grande porte que agarra todas as anteras de uma vez vibrando-as e expulsando o pólen para a parte ventral do seu abdômen e visita apenas duas a três flores por planta antes de mudar para outro urucuzeiro. Esse comportamento faz com que a abelha ao chegar a primeira flor de uma nova planta possivelmente transfira pólen cruzado que traz em seu abdômen para o estigma, geralmente localizado mais elevado e no meio dos estames que ela abraça. Ao vibrar, o pólen daquela flor passa ao seu abdômen, mas uma massa de pólen cruzado já foi depositada no estigma. Nas duas flores seguintes daquela planta o processo se repete, aumentando obviamente o percentual de geitonogamia e caindo a quantidade de pólen cruzado depositado, explicando porque a abelha não consegue vingar todas as flores. No entanto, quando o nível de autopólen já estaria alto, após a terceira flor, a abelha muda de planta reiniciando o processo.

*Eulaema nigrita* é uma abelha quase tão robusta quanto *X. frontalis*. No entanto, ela forrageia de maneira bem distinta nas flores de *B. orellana*. Ao invés de abraçar todos os estames de uma única vez e mudar frequentemente de planta com *X. frontalis*, *El. nigrita* aborda pequenos grupos de estames de cada vez, nos quais o estigma não se encontra em muitas ocasiões, e visita várias flores da mesma planta antes de mudar para outra. Esse comportamento faz com que toque muito menos vezes no estigma do que *X. frontalis* o que explicaria a eficiência polinizadora significativamente ( $p < 0,05$ ) maior de *X. frontalis* em relação à *El. Nigrita* (TABELA 04).

Já *Augochloropsis* sp. é bem menor do que *X. frontalis* e *El. nigrita* e também não abraça todos os estames de uma única vez. No entanto, ao mudar de pequenos grupos de estames para outros, puxando-os com as pernas anteriores e movendo-se dentro da flor, a abelha constantemente toca o estigma e transfere pólen para o mesmo, ao fazer esse

movimento, transfere cargas de pólen da própria flor ou de flores da mesma planta, promovendo autopolinização ou geitonogamia muito mais frequentemente do que *X. frontalis*. Como visto na seção 5.5 sobre os requerimentos de polinização do urucuzeiro, essa espécie pode produzir frutos por autopolinização ou geitonogamia, mas a uma taxa significativamente inferior do que por polinização cruzada. Isso explicaria porque *Augochloropsis* sp., embora não divergindo significativamente ( $p>0,05$ ) de *X. frontalis*, produziu percentualmente bem menos frutos que essa espécie (TABELA 04).

*Melipona subnitida* limitava-se a coletar pólen de alguns estames e não tocava o estigma. Dessa forma, não poderia polinizar as flores e o resultado mostrou que nenhum fruto foi vingado como consequência de uma única visita por essa abelha (TABELA 04). No entanto, vale ressaltar que *M. subnitida* mostrou-se eficiente polinizadora de outras espécies cultivadas com anteras poricidas como o pimentão (*Capisicum annum*) ou poliandricas como goiaba (*Psidium guajava*) quando realizando mais de uma visita por flor, situação mais provável de ocorrer no campo (CRUZ *et al.*, 2005; ALVES e FREITAS, 2006).

TABELA 04 - Eficiência de polinização de quatro espécies de abelhas em flores do urucuzeiro (*Bixa orellana*).

<b>Espécies de abelhas</b>	<b>N</b>	<b>Frutos colhidos</b>	<b>%</b>
<i>Eulaema nigrita</i>	46	10 b	21,7
<i>Xylocopa frontalis</i>	16	10 a	62,5
<i>Augochloropsis</i> sp.	13	5 ab	38,4
<i>Melipona subnitida</i>	13	0 c	0

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si ( $p>0,05$ ).

Houve diferenças significativas ( $F_{4,104} = 2,581$ ,  $p<0,05$ ) no número de sementes produzidas por fruto em função do tipo de polinização estudado (TABELA 05). A polinização livre, onde as flores recebiam irrestritas visitas de vários visitantes florais, vingou significativamente ( $p< 0,05$ ) mais sementes por fruto do que os tratamentos nos quais as flores recebiam apenas uma visita realizada por *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. ou *Eulaema nigrita*. A polinização cruzada manual por sua vez, não diferiu ( $p>0,05$ ) da polinização livre nem da polinização feita por uma visita realizada de *X. frontalis*, *Augochloropsis* sp. ou *El. nigrita*. Também não houve diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos com visitas únicas.

A ausência de diferenças significativas no número de sementes produzidos por fruto, em consequência de uma única visita, das três espécies de abelhas, quando as mesmas haviam divergido, tanto na eficiência polinizadora das flores, sugere que o urucuzeiro possui um número mínimo de óvulos que precisam ser fecundados para que haja o vingamento do fruto e esse número pode ser alcançado em uma única visita dessas espécies de abelhas, embora a frequência com que elas conseguem isso seja significativamente diferente entre elas, determinando a eficiência polinizadora de cada uma, como visto anteriormente. No entanto, os dados mostram que embora uma visita seja suficiente para vingar frutos em alguns casos, não o é para maximizar a produção de sementes por fruto, sendo necessário que a flor receba mais de uma visita para atingir seu potencial produtivo de sementes por fruto, como visto no tratamento de polinização livre. No caso do urucum, cujo principal produto explorado é a bixina, presente na semente, uma produção maior de sementes por fruto é extremamente importante para maximizar a produtividade de bixina.

Quando se discutiu os requerimentos de polinização do urucuzeiro, foi constatado que a espécie é predominantemente xenógama, porém aceitando também a autopolinização. Naquele momento levantou-se que a diferença significativa entre o vingamento de frutos originados de polinização cruzada e aqueles de polinização livre demonstravam déficit de polinização na cultura em questão, fosse por falta de polinizadores suficientes (quantidade) ou por falta de polinizadores eficientes (qualidade). O presente resultado sugere que *X. frontalis* e *Augochloropsis* sp. são polinizadores eficientes e o déficit de polinização observado na área provavelmente deve-se à quantidade de indivíduos dessas espécies não ser suficiente para visitarem mais de uma vez todas as flores com potencial de vingamento.

TABELA 05 - Número médio de sementes produzidas por fruto de urucuzeiro (*Bixa orellana*) como consequência de uma única visita de três espécies de abelhas, polinização livre e polinização cruzada manual.

<b>Tratamentos de polinização</b>	<b>N</b>	<b>Número de sementes/frutos (<math>\bar{X} \pm \text{EPM}</math>)</b>
Polinização livre	60	49,3 $\pm$ 7,6 a
Polinização manual cruzada	23	45,8 $\pm$ 17,1 ab
Uma visita de <i>Eulaema nigrita</i>	10	42,7 $\pm$ 5,7 b
Uma visita de <i>Xylocopa frontalis</i>	10	38,0 $\pm$ 5,8 b
Uma visita de <i>Augochloropsis</i> sp.	5	39,6 $\pm$ 4,5b

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ).

### 5.7 - Avaliação dos frutos

Os frutos de urucum originados dos tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual, autopolinização e polinização restrita com filó, não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si para os parâmetros largura equatorial maior e largura equatorial menor, indicando que estas características não são influenciadas pelo tipo de polinização (TABELA 06). No entanto, apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o comprimento polar e o número de sementes produzidas por fruto, mostrando que a disponibilidade de pólen viável e compatível no estigma em função do tipo de polinização influencia o número de sementes vingadas por fruto e isto, provavelmente, afeta o comprimento polar, mas não as larguras equatorial maior e menor (TABELA 06). A polinização restrita com papel produziu apenas um fruto e não foi considerada nas análises.

Os pesos totais dos frutos, peso das cachopas, peso das sementes e peso unitário de cada semente não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ).

TABELA 06 - Avaliação do comprimento, largura e número de sementes do urucuzeiro (*Bixa orellana*) oriundos de flores submetidas a cinco tipos de polinização.

<b>Tratamentos de polinização</b>	<b>N</b>	<b>Largura equatorial maior</b>	<b>Largura equatorial menor</b>	<b>Comprimento polar</b>	<b>Nº de sementes</b>
Polinização manual cruzada	23	27,3 ± 1,21 a	22,28 ± 0,88 a	35,45 ± 1,72 ab	45,87 ± 3,58 ab
Polinização livre	60	29,58 ± 0,63 a	23,45 ± 0,49 a	38,04 ± 0,92 a	49,33 ± 0,98 a
Polinização restrita com filó	8	26,98 ± 1,80 a	20,67 ± 1,72 a	31,04 ± 2,91 b	38,38 ± 6,76 b
Autopolinização manual	19	28,59 ± 1,10 a	21,11 ± 0,87 a	37,06 ± 1,21 ab	37,84 ± 3,58 b
Polinização restrita com papel	1	24,65	22,00	36,35	57

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si (p>0,05).

TABELA 07 - Avaliação do peso de frutos, cachopas e sementes de urucuzeiro (*Bixa orellana*) oriundos de cinco tratamentos de polinização.

<b>Requerimentos de polinização</b>	<b>N</b>	<b>Peso total dos frutos</b>	<b>Peso das cachopas</b>	<b>Peso total das sementes</b>	<b>Peso individual das sementes</b>
Polinização manual cruzada	23	1,70 ± 0,13 a	0,698 ± 4,68 a	1,00 ± 9,84 a	0,021 ± 1,64 a
Polinização livre	60	1,82 ± 6,48 a	0,700 ± 3,02 a	1,12 ± 4,57 a	0,023 ± 8,98 a
Polinização restrita com filó	8	1,52 ± 0,24 a	0,63 ± 0,10 a	0,89 ± 0,17 a	0,02 ± 1,98 a
Autopolinização manual	19	1,51 ± 0,12 a	0,61 ± 4,59 a	0,89 ± 9,05 a	0,02 ± 2,85 a
Polinização restrita com papel	1	1659	0,541	1118	0,020

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, diferem significativamente entre si (p>0,05).



## 6 - CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que:

- O urucuzeiro é uma planta predominantemente xenógama, porém aceitando também a autopolinização;

- A polinização do urucuzeiro é dependente de agentes bióticos e suas flores são freqüentadas por uma guilda de visitantes florais, principalmente abelhas;

- O comportamento de pastejo do visitante floral é de fundamental importância para determinar sua eficiência com polinizador do urucuzeiro. Por isso abelhas de grande porte, capazes de tocar o estigma enquanto vibram as anteras porcidas e que mudam de plantas com freqüência são seus polinizadores mais efetivos;

- Os polinizadores efetivos do urucuzeiro na área estudada foram principalmente, e por ordem de importância, *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. e *Eulaema nigrita*;

- Embora uma única visita de *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. e *Eulaema nigrita* seja suficiente para vingar algumas flores, visitas múltiplas são necessárias para maximizar a produção de frutos e o número de sementes por fruto;

- Há um déficit de polinização na área estudada, provavelmente devido à falta dos polinizadores efetivos da cultura em número suficiente para visitarem mais de uma vez todas as flores com potencial de vingamento.

- A presença de *Xylocopa frontalis*, *Augochloropsis* sp. e *Eulaema nigrita* deve ser incrementada nesta área cultivada de urucum.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.C; PINHEIRO, A.L. Biologia floral e mecanismo de reprodução em urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) I. tipo “fruto verde piloso”. In: REUNIÃO TÉCNICO CIENTÍFICA SOBRE O MELHORAMENTO GENÉTICO DO URUCUZEIRO, 1992, Belém, PA. **Anais...** Belém: EMBRAPA - CPATU, 1992. v.1, p.72-81.

ALVES, J. E.; FREITAS, B, M. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.216-220. 2006.

AZEVEDO, A.R.; S.R.T.BARREIRA, S.E.M. **Projeto de implantação da URUBIO - Urucum Indústria, Comércio e Exportação – ME**. Fortaleza, 2005.

BEZERRA, E.L. de S.; MACHADO, I.C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescentes de mata atlântica, Pernambuco. *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v.2, n.17, p.247–257, 2003.

BUCKMANN, S.L. & G.P. NABHAN. *The forgotten pollinators*. Island Press, Washington, D.C. 1996.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes florestais. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. E FIGLIOLIA, M. B. (Ed). *Sementes de espécies florestais tropicais*. Brasília: **ABRATES/CTSF**, 1991. 500p.

CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H. & OSBORNE, J.L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, n.72, v.2, p.47-59, 1991.

COUTO, R. H. N. *Apicultura: Manejo e produtos por Regina Helena Nogueira Couto e Leomam Almeida Couto*. 3 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193p.

COUTO , R.H.N.; COUTO, L.A.: Polinização com abelhas *Apis mellifera* e abelhas sem ferrão. In: *Anais...Congresso Brasileiro de Apicultura, 2002, Campo Grande – (MS)*. *Anais do Congresso Brasileiro de Apicultura, 2002, Campo Grande (MS): Confederação Brasileira e Apicultura, 2002, v.14, p.251-256*.

CRUZ, D.O; FREITAS, B.M; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S.; BOMFIM, I.G.A. Pollination efficiency of the stingless bee *Meliponas subnitida* on greenhouse sweet pepper (*Capsicum annum* L.) *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.12, p. 1197- 1201, 2005.

DRUMOND, P. M. Implementação de Unidades Demonstrativas de Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão no Projeto de Assentamento Alcobrás, Município de Capixaba, Acre. In: MAP VI, 2006, Cobija - Bolívia. Não foi a publicação de anais, 2006.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. O cultivo do produto. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/urucum.html>>, acesso em 15 de fev. de 2008.

FREE, J.B. **Insect pollination of crops**. 2 ed. London: Academic Press, 1993. 684p.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. *Mensagem Doce*, São Paulo, v.80, p.44-46, 2005.

FREITAS & IMPERATRIZ-FONSECA. Apacame-Mensagem Doce. Disponível em: <[www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/polinizacao3.htm](http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/polinizacao3.htm)> Acesso em 25 de agosto de 2007.

FREITAS, B.M.. **Potencial da caatinga para produção de pólen e néctar para a exploração apícola**. 101p. 1991. Dissertação. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FREITAS, B.M., **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)** 197p. 1995. Tese (PhD em Abelhas e Polinização) – University of Wales, Cardiff, UK.

FREITAS, B.M, Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. *Mensagem Doce*, São Paulo, v.46, p.16-20, 1998.

FUNCEME, Boletm meteorológico anual. Fortaleza: Funceme, 2007.

GÓMEZ, M.C.E. **Estudio de la biologia floral del achiote *Bixa orellana* L.** 1980. 80f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Nacional da Colômbia, Palmira, 1980.

GUIMARÃES, M. O. Polinização da berinjela (*Solanum melongena* L.), cultivares comprida roxa e branca: requerimentos de polinização, visitantes florais e qualidade fisiológica das sementes. 2007. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 73p. 2007.

JOSÉ, A.R.S.; LOPES, J.D.S. **Cultivo do urucum e produção de corantes naturais.** Viçosa – MG: CPT, 2003.

KENMORE, P.; KRELL, R. Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management. In: **International Workshop on Conservation and Sustainable use of pollinators in agriculture, with emphasis on bees.** 7-9 de Outubro de 1998, São Paulo, Brasil, 1998.

KERR, W.E. Abelha Urucu: Biologia, Manejo e Conservação. Warwick E. Kerr, Gislene A. Carvalho, Vania A. Nascimento e colaboradores – Belo Horizonte: Acangaú. 1996.

KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Pollinating bees: the conservation link between Agriculture and Nature. Brasília, DF: Ministry of Environment, 313p. 2002.

KEVAN, P.G. & PHILLIPS, T.P. The economics impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5(1). 2001

MALAGODI-BRAGA , K. S. Abelhas: por quê manejá-las para a polinização? <http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/abelhas2.htm>

MIYADA, V.S.; UTIYAMA, C.E.; FIGUEIREDO, A.N. et AL Utilização do resíduo de sementes processadas de urucum (*B. orellana* L.) na alimentação de suínos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM

MORSE, R.A.; CALERONE, N.W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. **Bee Culture**. March 2000. Disponível em: <<http://www.beeculture.com/content/PollinationReprint07.pdf>>, acesso em 20 fev. 2007.

NABHAN, G. P. & BUCHMANN, S. L. In: *Nature's Services*, ed. Daily, G. C. (Island, Washington, DC), pp. 133–150. 1997.

NOGUEIRA-NETO, 1P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapi, 1997. 445p.

NORONHA, P. R. G. Caracterização de méis cearenses produzidos por abelhas africanizadas: parâmetros químicos, composição botânica e colorimetria. 147p. 1997. Dissertação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA-REBOUÇAS, P.; GIMENES, M. Abelhas (Apoidea) visitantes de flores de *Comolia ovalifolia* DC Triana (Melastomataceae) em uma área de restinga na Bahia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.3, p.315-320, 2004.

PIEROTTI, L.I Nettàri. In: PINZAUTI, M. **Api e impollinazione**. Firenze: Edizioni della Giunta Regionale, 2000. p.17-27.

POLTRONIERI, M.C. *et al.* **Novos cultivares de urucum: Embrapa 36 e Embrapa 37**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2001. Circular Técnica, número 22.

REBOUÇAS, T.N.H.; SÃO JOSÉ, A.R. **A Cultura do urucum: práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB/SBCN, 1996.

SCHLINDWEIN, C. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. p. 131-141. In *Anais IV Encontro Abelhas*, Ribeirão Preto, USP. 2000.

SERAFINI, J. **Plantas Ervas**. Disponível em : <<http://www.plantasservas.hpg.ig.com.br>> Acesso em:05 de mai. 2007.

SILVA, A.C. *et al.* Pollen morphology and study of the visitors (Hymenoptera, Apidae) of *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) in central amazon. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.3 n.18, p. 653- 657, 2003.

SILVEIRA NETO, S. *et. al.* **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419p.

VENTURIERI, G.C.; DUARTE, R. S. Biologia floral do urucuzeiro (*Bixa orellana* - BIXACEAE), no Estado do Pará. In: VII Encontro sobre abelhas, 2006, Ribeirão Preto. Anais do VII Encontro sobre abelhas. Ribeirão Preto : FMRP/USP.

VENTURIERI, G. C. **Embrapa amazônia oriental** . Disponível em: <<http://cpatu.embrapa/paginas/meliponicultura.htm> 08. jan. 2006> Acesso em: 12 de jan. 2007.

VENTURIERI, G.C.; FERNANDES, M. M. Plantas visitadas por *Meliponina* no Estado do Pará. In: 54º Congresso Nacional de Botânica, 2003, Belém, PA. Palestras proferidas no 54º Congresso Nacional de Botânica, 2003. p. 261-263.

VENTURIERI, G.C.; MAUÉS-VENTURIERI, M. Insetos visitantes e seu comportamento em inflorescências de urucuzeiro (*Bixa orellana*) em Belém - Pará. In: I Reunião Técnico-Científica sobre o Melhoramento Genético do Urucuzeiro, 1992, Belém-PA. Anais da I Reunião Técnico-Científica sobre o Melhoramento Genético do Urucuzeiro. Belém: Embrapa-CPATU, 1992. p. 82-89.

WIESE, H. **Apicultura**.2.ed - Guaíba: Agrolivros, 2005. 378p.

WIKIPÉDIA, 2006. Disponível em: <<http://www.wikipédia.org/wiki/urucum>>. Acesso em: 02 de setembro de 2006

ZEISLER, M. Uber die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. **Beiheft Botanischer Zentralblatt**, v. 58, p. 308-318, 1938.