

Milene Silva de Souza

Biologia Floral de Dipteryx odorata

(Aubl.) Willd. (Fabaceae)

Belém - Pa

2004

MILENE SILVA DE SOUZA

BIOLOGIA FLORAL DE

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd. (FABACEAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia / Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, área de concentração Ecologia, Manejo e Conservação, para obtenção de título de Mestre.

Orientador: Dr. João Ubiratam Moreira dos Santos (MPEG)

Co-Orientador: Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim (MPEG)

BELÉM-PA
2004

Souza, Milene Silva de

Biologia floral de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae)
/ Milene Silva de Souza. Belém, 2004.

70f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) – Universidade
Federal Rural da Amazônia / Museu Paraense Emílio Goeldi.
Belém, 2004.

1. *Dipteryx odorata* - Morfologia floral. 2. Fabaceae. 3.
Polinização. 4. Melitofilia. 5. Sistema reprodutivo. I. Santos, João
Ubiratam Moreira dos. II. Título.

CDD 583.74

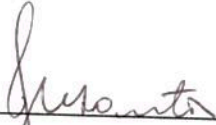
MILENE SILVA DE SOUZA

BIOLOGIA FLORAL DE *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (FABACEAE)

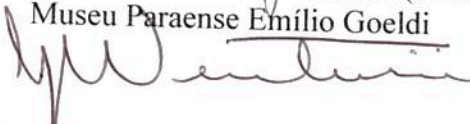
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia / Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, área de concentração Ecologia, Manejo e Conservação, para obtenção de título de Mestre.

Aprovada em 16 de abril de 2004

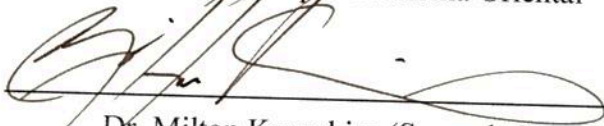
BANCA EXAMINADORA



Dr. João Ubiratam Moreira dos Santos (Orientador)
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dr. Giorgio Cristino Venturieri (Primeiro Examinador)
Embrapa Amazônia Oriental



Dr. Milton Kanashiro (Segundo Examinador)
Embrapa Amazônia Oriental



Dra. Ima Célia Guimarães Vieira (Terceiro Examinador)
Museu Paraense Emílio Goeldi

Dra. Léa Maria Medeiros Carreira (Suplente)
Museu Paraense Emílio Goeldi

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nos conceder a vida;

A minha Mãe, pela sua dedicação, amor e paciência em todas as etapas de minha vida;

A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), por oferecerem este curso, mais especialmente por eu ter feito parte da primeira turma de Mestrado em Botânica Tropical;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida;

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Embrapa Amazônia Oriental) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela pesquisa vinculada, e pelo acesso ao Laboratório de Entomologia - Sala de Polinização, onde foram realizadas muitas etapas dessa pesquisa;

Ao Projeto *Dendrogene* – Conservação Genética em Florestas Manejadas da Amazônia, convênio Embrapa Amazônia Oriental / DFID, pela pesquisa vinculada e apoio financeiro para realização da pesquisa. Em especial, ao coordenador do projeto Dr. Milton Kanashiro, pela amizade, respeito e contribuição bibliográfica;

A pesquisadora MSc. Márcia Maués (Embrapa Amazônia Oriental), pela orientação desde a época de iniciação científica, treinamento em ecologia da polinização, contribuição bibliográfica, fotografias, encorajamento, respeito e amizade;

Aos professores Dr. João Ubiratam Moreira dos Santos (MPEG) e Dr. Mário Augusto Jardim (MPEG), pela orientação, respeito e amizade;

A Coordenação Curso de Mestrado em Botânica Tropical, a todos os funcionários do Departamento de Botânica, em especial a secretária do curso Dagmar Mariano;

A todos os alunos deste curso de mestrado, pelo companheirismo e amizade;

A todos os funcionários e estudantes do Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental, em especial ao Francisco Frota, Domingos Araújo, Reginaldo Medeiros, Luiz Fernando Santos, Gleicilene Brasil e Iara Vasconcelos, pela amizade, companheirismo e contribuição em diversas etapas desta pesquisa;

Ao Dr. Giorgio Venturieri (Embrapa Amazônia Oriental) pela identificação das abelhas;

Ao Dr. Orlando Tobias Silveira (MPEG), pela identificação das abelhas do gênero *Epicharis*;

Ao Dr. Willian Overal (MPEG) e Anne Pantoja Sousa (UFPA) pela identificação dos Lepidópteros;

A Dra. Terezinha Pimentel (MPEG), pela ajuda na identificação dos Dípteros;

A Msc. Roberta Valente (MPEG), pela identificação do Coleóptero que atacou as flores de *Dipteryx odorata*;

Ao MSc. José Benito Guerrero (IPAM), pela ajuda na análise estatística;

E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

“ Nas profundezas da flor ocorre uma das mais belas histórias de sedução e amor. O macho (as anteras) segura com desvelo os grãos de pólen. Aguarda o momento para os largar no rendez-vous da esplanada feminina (o estigma).

Pouco depois, dá-se o primeiro encontro entre células masculinas e femininas. Estas tomam a decisão de prosseguir o diálogo íntimo no corredor que se segue à esplanada (estilete). Aqui, o “macho” desdobra-se em explicações para provar que merece os favores da donzela caprichosa. Quando surge a empatia, as células masculinas são autorizadas a entrar por um canal (tubo polínico) que se desenvolve com o propósito de as levar ao ovário, onde os óvulos as aguardam. E o amor acontece. Mais tarde, surgem os frutos da união: as sementes. Há muito que o Homem espreita a intimidade das plantas, mas elas continuam a negar-lhe o total conhecimento daquele diálogo íntimo, onde se esgrimem as razões do amor e da reprodução”.

(http://www.cientic.com/cn_noticias24.html)

RESUMO

Biologia floral de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae)

Estudos sobre a biologia floral fazem parte dos conhecimentos básicos dos ecossistemas tropicais, mostrando-se importantes para o manejo e conservação dos recursos naturais. *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae), é uma espécie de importância madeireira, medicinal, e aromática, devido à presença da cumarina, um óleo essencial encontrado nas sementes. O objetivo deste trabalho foi estudar a biologia floral de *D. odorata* em área plantada (Embrapa Amazônia Oriental - PA) e em área natural (Floresta Nacional do Tapajós - PA) investigando fatores limitantes à frutificação, tais como o ataque de larvas de insetos nos botões florais, impedindo o desenvolvimento das flores e, conseqüentemente, a formação de frutos. A pesquisa foi desenvolvida no período de 2002/2003. Foram realizados estudos sobre: morfologia floral, período da antese, receptividade de estigma, produção de néctar, produção de fragrância, relação pólen/óvulo, fenologia, visitantes florais, testes de polinização, ataque de larvas, germinação e crescimento do tubo polínico. A espécie apresenta flores hermafroditas papilionáceas, de coloração branca a rosada, dispostas em inflorescências paniculadas eretas terminais, com antese matutina, que exalam um forte odor adocicado. Estas flores são visitadas por diversos insetos, como abelhas, vespas, moscas, besouros, mariposas, borboletas e beija-flores. Porém, apresentam atributos que as enquadram na síndrome de melitofilia. O período de maior visitação coincide com o período de maior concentração de açúcares no néctar, durante a manhã. A floração é assíncrona e do tipo cornucópia, durando em média três a quatro semanas, tendo ocorrido entre os meses de setembro a dezembro. A frutificação ocorreu de outubro a julho e a disseminação entre os meses de maio a julho. Com os resultados obtidos através da relação pólen/óvulo e testes de polinização, esta espécie se enquadra no sistema reprodutivo de xenogamia obrigatória, sendo uma espécie auto-estéril, com o índice de auto-incompatibilidade (ISI) = 0,03. A eficácia da polinização natural, obtida através do índice de eficácia reprodutiva (RE), foi de 0,14. Entretanto, foi observada a presença do sistema de auto-incompatibilidade tardia, que impede o desenvolvimento completo e maturação dos frutos oriundos de autopolinização induzida. Estes frutos são abortados, em média, nas cinco primeiras semanas após o início do desenvolvimento dos frutos. Nos botões florais e flores, foram encontradas larvas de coleópteros, que causaram sérios danos nas flores e a conseqüente formação de frutos. Em área plantada, o nível de infestação de larvas variou de 18,74% a 48,15%. Em área natural, o nível de infestação foi de 9,54%. Houve diferença na germinação do pólen para os diferentes tratamentos e período coletados, nos testes de polinização aberta e autopolinização induzida a germinação iniciou apenas com 72h. Nos pistilos usados para a polinização cruzada, observou-se germinação do pólen a partir de 48h. A redução na produção de frutos maduros em relação aos frutos iniciados pode estar sendo regulada pela ocorrência de aborto, disponibilidade e serviço dos polinizadores, e os danos causados pelo ataque de larvas nas flores, contribuindo para redução do número de frutos formados.

Palavras-chave: Morfologia floral, polinização, melitofilia, auto-incompatibilidade tardia, sistema reprodutivo.

ABSTRACT

Floral biology of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae)

Floral biology studies are important to understand tropical ecosystems and necessary to improve the conservation and management of natural resources. *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae), is a valuable timber tree species, with medicinal and aromatic properties, due to the occurrence of the cumarin, an essential oil present in the seeds. The purpose of this study was to investigate the floral biology of *D. odorata* in a plantation (Embrapa Amazônia Oriental) and in natural area (Tapajós National Forest) in Pará State, Brazil, taking into account aspects related to fruit set limitation, as the infestation of insect larvae on the floral buds, which hindered the flower development and, consequently, fruit set. The studies were carried out during 2002 and 2003. The main studied topics were: floral morphology, anthesis period, stigma receptivity, nectar production, fragrance production, pollen/ovule ratio, phenology, flower visitors, pollination tests, larvae infestation, pollen tubes germination and growth. The species presents pink-white papilionoid hermaphroditic flowers, arranged in erect terminal panicles. The anthesis occurred at early morning and the flowers released a fort and sweet odour. A great variety of visitors were observed on the flowers, e.g. bees, wasps, flies, beetles, butterflies and hummingbirds, etc. Regardless of the diversity of visitors, the flowers presented attributes characteristic of the mellitophilous pollination syndrome. The main visitation period was in the morning, simultaneous with the period of highest sugar concentration in the nectar. The flowering phase was asynchronous and with cornucopia pattern, represented by a period of three to four weeks of blooming, mainly occurring from September to December. Fruit development occurred from October to July, and the seeds were dispersed from May to June. The pollen/ovule ratio together with the pollination tests indicated that this species has a obligate xenogamous reproductive system, thus self-sterile, with a self-incompatibility index (ISI) of 0.03. The natural pollination efficacy, obtained with the reproductive efficacy index (RE) was 0.14. Nevertheless, a late-acting self-incompatibility system was detected, which stoped the fruit set in self-pollinated pistils. There was an initial development for a few weeks, followed by abortion mainly on the first five weeks. Coleoptero larvae were found in the floral buds and flowers, promoting flower malformation and, consequently, decreasing the natural fruit set. In the plantation the larvae damage level varied from 18.74% to 48.15%. In the natural area, 9.54% of the floral buds were damaged. There was a difference in the pollen germination among the pollination tests. In the open pollination and self-pollination pistils, the pollen tube germination started after 72h. In the cross-pollination pistils, pollen germination was detected after 48h. The reduction of mature fruit production in relation to initiated fruits may be regulated by abortion, availability of pollination services and the damage promoted by the insect larvae on the flowers, resulting in a decrease on the fruit set.

Key-words: Floral morphology, pollination, mellithophily, late-acting self-incompatibility, breeding systems.

SUMÁRIO

	p.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - ASPECTOS BOTÂNICOS	3
2.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS	7
2.3 - ASPECTOS REPRODUTIVOS	8
3 - MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EM ESTUDO	12
3.2 - MÉTODOS	14
3.2.1 - MORFOLOGIA FLORAL	14
3.2.2 - PERÍODO DA ANTESE	15
3.2.3 - RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA	15
3.2.4 - PRODUÇÃO DE NÉCTAR	15
3.2.5 - PRODUÇÃO DE FRAGRÂNCIA	16
3.2.6 - RELAÇÃO PÓLEN/ÓVULO	16
3.2.7 - FENOLOGIA	16
3.2.8 - VISITANTES FLORAIS	17
3.2.9 - TESTES DE POLINIZAÇÃO	17
3.2.10 - ATAQUE DE LARVAS	19
3.2.11 - GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO	19
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 - CONCLUSÕES	51
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	64

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 - Localização geográfica da Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra - PA.....	13
Figura 2 - Desenho esquemático da flor do <i>D. odorata</i> : a) Flor completa; b) Androceu; c) Estame; d) Gineceu; e) Ramo da inflorescência; f) Androceu e gineceu; g) Carena; h) Vexilo ou estandarte; i) Asas; j) Sépalas.....	21
Figura 3 - Inflorescência com botões em desenvolvimento (3a), botões em pré-antese (3b) e flores abertas (3c).....	24
Figura 4 - Variação na concentração de açúcares no néctar de <i>D. odorata</i> ao longo do dia, para flores no 1º e 2º dia após a antese.	27
Figura 5 - Relação pólen/óvulo em <i>D. odorata</i>	30
Figura 6 - Insetos visitantes em flores de <i>D. odorata</i> : a) e b) Coleóptero da família Scarabaeidae – Subfamília Rutelinae; c) <i>Bombus transversalis</i> ; d) <i>Heraclides anchisiades</i> (Papilionidae); e) e f) Lepidópteros da família Hesperiiidae.....	34
Figura 7 - Período de aborto dos frutos resultantes da autopolinização induzida nas cinco plantas estudadas.....	36
Figura 8 - Frutificação de <i>D. odorata</i> nas cinco plantas analisadas em área plantada (Embrapa Amazônia Oriental - PA) e em área natural (Floresta Nacional do Tapajós - PA), entre os anos de 2002 e 2003.....	40
Figura 9 - Resultado comparativo da frutificação de <i>D. odorata</i> nas duas áreas estudadas (Embrapa Amazônia Oriental e Floresta Nacional do Tapajós, PA).....	40
Figura 10 - Frutos de <i>D. odorata</i> : a) Cinco dias após a fecundação; b) Um mês após a fecundação; c) Três meses após a fecundação; d) Quatro meses após a fecundação; e) Nove meses após a fecundação e f) Fruto maduro após disseminação.....	41
Figura 11 - a) Aspecto da inflorescência sadia; b) Aspecto da inflorescência com ataque de larvas; c) d) e) Flores com larvas; f) Coleóptero da família Brentidae, subfamília Apioninae, <i>Apion</i> sp.....	45

Figura 12 -	Quantidade de flores de <i>D. odorata</i> com e sem larvas nas árvores estudadas em Belém (P1, P2, P3 e P4) e na Floresta Nacional do Tapajós (P5).....	46
Figura 13 -	Quantidade de flores de <i>D. odorata</i> com e sem larvas nas duas áreas estudadas (Floresta Nacional do Tapajós e Belém, estado do Pará).....	46
Figura 14 -	a) e b) Germinação dos grãos de pólen nos pistilos oriundos do Controle com 72h 40x; c) Autopolinização induzida com 72h mostrando o crescimento do tubo polínico; d) Autopolinização induzida com 72h com grãos de pólen germinados (40x); e) Xenogamia com 48 com grãos de pólen germinados (40x); f) Xenogamia com 72h mostrando a germinação do pólen (40x).....	48

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 - Coloração da flor do <i>D. odorata</i> , de acordo com a Tabela de cores Colour Chart - The Royal Horticultural Society (RHS).....	20
Tabela 2 - Número de botões, comprimento e diâmetro da inflorescência, total de flores abertas e número de flores que abriam diariamente nas cinco árvores de <i>D. odorata</i>	22
Tabela 3 - Relação pólen/óvulo em diversas espécies.....	31
Tabela 4 - Quantidade, média, desvio padrão, porcentagem de frutos abortados e de frutificação oriundos da autopolinização induzida em cinco plantas de <i>D. odorata</i>	36
Tabela 5 - Resultados dos testes de polinização nas cinco árvores estudadas.....	38

LISTA DE SIGLAS

P1 - Planta um

P2 - Planta dois

P3 - Planta três

P4 - Planta quatro

P5(2002) - Planta cinco em 2002

P5(2003) - Planta cinco em 2003

P/O - Relação pólen/óvulo

ISI - Índice de Auto-Incompatibilidade

RE - Índice de Eficácia Reprodutiva

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

DFID - Department for International Development

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

MPEG - Museu Paraense Emílio Goeldi

1. INTRODUÇÃO

A floresta tropical úmida é, sem dúvida, o ecossistema de maior diversidade de espécies e de maior complexidade de relações ecológicas, sendo um modelo de dificuldade quanto ao seu entendimento e, portanto, quanto a sua conservação genética (Kageyama, 1987). Em estudos sobre a expressão sexual de espécies arbóreas tropicais e temperadas realizados por Bawa (1974) mostraram que nas florestas tropicais, existe predominância de plantas hermafroditas (68%), seguidas de espécies dióicas (22%) e monóicas (10%), enquanto que nas florestas temperadas predomina o monoicismo (74%), com pequenas percentagens de dióicismo (19%) e hermafroditismo (7%). Nos trabalhos desenvolvidos por Bawa e Opler (1977), supõe-se que a obrigatoriedade de cruzamentos das árvores pode ter surgido em função das distâncias entre parceiros (macho e fêmea), podendo estar associada ao sucesso reprodutivo no cruzamento das espécies.

Segundo Bawa e Beach (1981) o sistema reprodutivo, além de envolver as expressões sexuais, distribuição das funções masculinas e femininas das flores, compreende também os sistemas de incompatibilidade. Prance (1985), mencionou que pouco se conhece sobre os processos reprodutivos da flora da região Amazônica, especialmente das espécies arbóreas, devido à dificuldade de se conduzir estudos em nível do dossel, onde ocorre grande parte dos processos reprodutivos. Apesar de ser do conhecimento que muitas espécies estão em situação de risco devido à exploração madeireira, muitas concentram-se em número reduzido de espécies, as quais são intensivamente derrubadas, sendo depois substituídas por outras.

Miranda e Carvalho (1998), relataram que apesar da importância ecológica e econômica das espécies florestais, a ausência de informações torna-se um obstáculo para adoção de práticas de manejo e plantações, havendo necessidade de estudar a silvicultura e o manejo das espécies arbóreas que ofereçam potencial, principalmente para a indústria.

São poucos os estudos precisos sobre o processo de polinização de espécies arbóreas tropicais. Neste sentido o Projeto *Dendrogene* vem estudando várias espécies com objetivo de desvendar os mecanismos de reprodução em um conjunto de espécies arbóreas com nomes populares de sonoridade bem brasileira (Jatobá, Andiroba, Parapará, Maçaranduba, Cumaru, Anani e Tatajuba). Dentro deste enfoque identificar quem são e como atuam os agentes polinizadores - normalmente insetos. Conhecer os polinizadores das árvores mais ameaçadas

pela ação do homem na Amazônia é fundamental para determinar com precisão o limite máximo de exploração racional das espécies arbóreas (Piveta, 2003).

A falta do polinizador específico pela interferência no ecossistema pode ocasionar alteração na estrutura genética da espécie, ou mesmo no seu desaparecimento. As árvores de zonas temperadas e tropicais diferem substancialmente com respeito aos agentes polinizadores e dispersores de sementes. A maioria das espécies arbóreas temperadas tem seu pólen e sementes dispersas pelo vento, enquanto que as espécies arbóreas tropicais, são polinizadas por animais e suas sementes dispersadas, principalmente, por animais (Kageyama, 1987). Kageyama e Piña-Rodrigues (1993) destacaram a importância de se conhecer o comportamento animal, seus hábitos, exigências e as interações planta/polinizador, no manejo de populações e produção de sementes.

Estudos sobre o pólen e a biologia floral fazem parte dos conhecimentos básicos dos ecossistemas tropicais, mostrando-se importantes para o manejo e conservação dos recursos naturais, assim como, procuram explicar as relações existentes entre as espécies e o ambiente em que elas ocorrem. Para a compreensão dessas relações, é necessário esclarecer como ocorrem os fenômenos entre as plantas e o meio ao qual estão interligadas (Kageyama, 1987).

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd. (Fabaceae), é uma espécie de importância madeireira, medicinal e aromática (cumarina). É uma das espécies selecionadas para validação do modelo de simulação Ecogene, que objetiva avaliar os possíveis impactos causados pela exploração madeireira na floresta (Dendrogene, 2002).

Este estudo faz parte do Projeto *Dendrogene* – Conservação Genética em Florestas Manejadas na Amazônia, da Embrapa Amazônia Oriental, do Convênio de Cooperação Técnica entre Embrapa e o DFID (Department for International Development, do Reino Unido <http://www.cpatu.embrapa.br/dendro/index.htm>), Subprojeto - Caracterização dos processos reprodutivos e genéticos de espécies arbóreas como base conservacionista para o manejo florestal. O objetivo principal deste projeto é desenvolver mecanismos para usar o conhecimento científico (identificação correta das espécies, ecologia reprodutiva e genética) em promover o manejo florestal sustentável. Segundo Kanashiro *et al.* (2002), o projeto *Dendrogene* desenvolve ferramentas que contribuem na conservação da biodiversidade da Amazônia brasileira e no desenvolvimento sustentável dos recursos naturais dessa Região. Uma mistura de conservação e manejo vista por muitos como uma solução duradoura para os problemas regionais de pobreza e desigualdade.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi estudar a biologia floral de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Fabaceae), em área plantada (Embrapa Amazônia Oriental - PA) e em área natural (Floresta Nacional do Tapajós - PA) investigando fatores limitantes à frutificação, tais como o ataque de larvas de insetos nos botões florais, impedindo o desenvolvimento das flores e, conseqüentemente, a formação de frutos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - ASPECTOS BOTÂNICOS

↳ *Descrição Botânica*

De acordo com Cronquist (1981) *D. odorata* é classificada da seguinte forma:

Reino: Vegetabilis

Divisão: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sub-classe: Rosidae

Ordem: Fabales

Família: Fabaceae

Gênero: *Dipteryx*

Espécie: *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

Conforme Vidal e Vidal (1995), a família Fabaceae é composta por árvores, arbustos, trepadeiras e ervas. Folhas em geral trifolioladas, às vezes com um ou mais do que três folíolos, às vezes penadas, digitadas, mas não bipenadas, com ou sem estípulas. Inflorescências em racimos, panículas, raramente espiciformes ou capituliformes. Flores pentâmeras, diclamídeas, hermafroditas. Cálice geralmente gamossépalo, corola dialipétala,

zigomorfa, geralmente com a pétala superior maior, externa chamada vexilo ou estandarte, as duas laterais chamadas asas e duas inferiores, em geral, fortemente unidas, constituindo, juntas, a carena ou quilha. Androceu, geralmente com 10 estames, raramente menos, dialistemone, monadelfo, diadelfo ou poliadelfo, geralmente ocultos na quilha. Fruto em legume, às vezes sâmara ou lomento.

Existem atualmente 29 espécies do gênero *Dipteryx*, que são: 1. *D. alata* Vogel; 2. *D. applanata* Benth.; 3. *D. charapilla* (J.F. Macbr.) Ducke; 4. *D. cordata* (Ducke) R.S. Cowan; 5. *D. coreaca* Klotzsch; 6. *D. crassifolia* Benth.; 7. *D. emarginata* Sprengel ex Walp.; 8. *D. ferrea* (Ducke) Ducke; 9. *D. lacunifera* Ducke; 10. *D. magnifica* Ducke; 11. *D. micrantha* Harms; 12. *D. nudipes* Tul.; 13. *D. odorata* (Aubl.) Willd.; 14. *D. oleifera* Benth.; 15. *D. oppositifolia* (Aubl.) Willd.; 16. *D. oppositifolia* var. *parviflora* (Spruce ex Benth.) Benth.; 17. *D. panamensis* (Pittier) Record & Mell; 18. *D. parviflora* Spruce ex Benth.; 19. *D. phaeophylla* Steyererm.; 20. *D. polyphylla* Huber; 21. *D. pteropus* Mart.; 22. *D. pterota* Mart. ex Benth.; 23. *D. punctata* (S.F. Blake) Amshoff; 24. *D. reticulata* Benth.; 25. *D. rigida* (Schery) R.S. Cowan; 26. *D. rosea* Spruce ex Benth.; 27. *D. speciosa* Ducke; 28. *D. tetraphylla* Spruce ex Benth.; e 29. *D. trifoliolata* Ducke. (Missouri, 2003).

De acordo com Ducke (1939), *D. odorata*, que foi primeiramente descrita na Guiana Francesa, é citada para a flora da Venezuela, porém, possivelmente por uma confusão com *D. trifoliolata* ou *D. punctata*. Este mesmo autor, em 1942, revisou o gênero *Dipteryx* (Syn. *Coumarouma*) descrito por Screber em 1791, que reúne 13 espécies, das quais duas ocorrem na América central (ex. *Dipteryx panamensis*), duas no centro e nordeste brasileiro (ex. *Dipteryx alata*), e nove na floresta amazônica (ex. *Dipteryx odorata*).

A origem do cumaru verdadeiro vem de quatro espécies do gênero *Coumarouma* Aubl. (de quem *Dipteryx* Schreb. é, em parte, sinônimo): *C. odorata*, *C. rosea*, *C. punctata* e *C. trifoliolata*; estas espécies formam, dentro deste gênero, um grupo morfológicamente caracterizado pelo cálice coriáceo e mais ou menos tomentoso e pelas folhas 2 a 6 folioladas (só em ramos estéreis até 8 folioladas). As quatro espécies do cumaru verdadeiro (*D. odorata*, *D. rosea*, *D. punctata* e *D. trifoliolata*) são árvores com madeira muito dura e pesada, flores na maior parte róseas e muito perfumadas, pericarpo dos frutos oleoso e aromático e sementes oleosas com forte cheiro devido à presença de cumarina. “Cumaru” é o nome brasileiro de uma semente (“fava”) provida de forte e característico cheiro, empregada na perfumaria e na medicina, é exportada em grandes quantidades para Europa e América do Norte. As árvores

que a produzem são conhecidas por nome vulgar idêntico ou, mais freqüentemente pelo de “cumaruzeiro” (Ducke, 1939).

Conforme Prance e Silva (1975), é conhecida vulgarmente no Brasil como Cumaru amarelo, Cumaru do Amazonas, Cumaruzeiros, Kumbarú, Muira payé, Parú, Cumbari; na Guiana como Cumara e Cuamara; na Guiana Francesa como Guayae, Faux, Féve tonka, Faux Gaiac; na Colômbia como Sarrapia; na Venezuela como Sarrapia e Yape; Em Inglês é conhecida como Tonka bean tree. Para Vasconcelos (2001), possui outros nomes comuns, tais como: Cumaru, Cambarú, Cambarú-ferro, Champanhe, Cumarú-da-folha-grande, Cumarú-ferro, Cumarú-rosa, Cumarú-roxo, Cumarú-verdadeiro, Cumbari e Muirapagé. Segundo Rain-Tree (2002), esta espécie possui os seguintes nomes comuns: Tonka, Tonka Bean, Amburana, Imburana de Cheiro e Tonquin Bean.

De acordo com os dados da Sudam (1979) e IBDF (1981), no exterior é conhecida como Tonka (Guiana Inglesa), Koemaroe (Suriname), Gaiac de cayenne e Faux gaiac (Guiana Francesa), Charapilla (Peru), Sarrapia (Venezuela e Colômbia) e Ebo (Panamá, Costa Rica e Honduras).

✎ *Caracterização da Espécie*

D. odorata é uma árvore, que pode alcançar mais de 30m na mata primária, mais baixa quando em formações secundárias ou cultivadas; casca pardo-amarelado-clara, bastante lisa; alburno com cheiro de feijão verde ou ervilhas; folhas com raquis prolongado muito além do último folíolo; folíolos quatro a seis (em ramos estéreis até oito), alternos ou opostos, sem pontos transparentes (Ducke, 1939). Alencar *et al.* (1979), estudando esta espécie na Reserva Ducke, município de Manaus - AM, encontrou indivíduos apresentando o fuste de forma cônica, cônica torta e cilíndrica; a forma da copa pela metade e circular irregular; e a posição da copa em dossel inferior e dossel.

Apresenta fuste ligeiramente tortuoso, superior a 60cm de diâmetro com casca lisa esverdeada de 0,5cm de espessura, possui resina incolor viscosa, sapopema de até 1m de altura. A madeira apresenta cerne castanho-amarelo escuro; alburno bege-claro; grã revessa; textura média; cheiro desagradável quando verde, desaparecendo após a secagem, gosto indistinto (INPA, 2001). A madeira é muito pesada (1,07 a 1,18 g/cm³ - seca ao ar); alburno diferenciado do cerne, estreito, de 2 a 3cm de largura; cerne de cor castanho claro-amarelado;

textura fina e média; grã revessa; superfície de pouco brilho e lisa ao tato; madeira dura ao corte; cheiro e gosto indistintos; aspecto fibroso atenuado (Sudam, 1981). O peso específico da madeira, segundo IBDF (1981), para o volume verde: 0,79 a 0,97, média 0,89g/cm³; volume a 15% de umidade: 0,95 a 1,00 / 0,90 a 1,20g/ cm³; volume seco em estufa: 1,02g/ cm³.

Para Vasconcelos (2001), a madeira possui as seguintes características anatômicas: parênquima axial distinto com auxílio de lupa, paratraqueal aliforme do tipo losangular, às vezes formando pequenos arranjos oblíquos. Poros visíveis a olho nu, numerosos, solitários na maioria, geminados e múltiplos de 3-5, alguns contendo uma substância escura no seu interior. Raios no topo, finos e numerosos, bem distribuídos, só vistos com auxílio de lupa; na face tangencial são baixos e estratificados; na radial bem distintos e contrastados. Canais secretores ausentes. Camadas de crescimento pouco visíveis, demarcadas por fibras de parede mais espessas que formam zonas escuras.

Nos estados do Pará e Amazonas, é encontrada freqüentemente do litoral atlântico até o centro do Amazonas próximo a Manaus. As árvores ocorrem na mata primária, usualmente alcançando posição de dossel superior ou emergente em florestas primárias (Parrota *et al.*, 1995). É comum em Manaus e no interior do Estado, sendo cultivado na reserva Ducke e é encontrada desde o Maranhão até Mato Grosso, da Argentina, passando pelo Espírito Santo, Pernambuco e Ceará. É nativa da América do Sul, incluindo Amazônia (Prance e Silva, 1975). Em observações realizadas por Ducke (1939), é a espécie mais comum na metade oriental da Amazônia, desde o litoral do Pará (Bragança) até Manaus e nos afluentes meridionais até os médios cursos do Tocantins (Alcobaça) e Tapajós (Cachoeira do Mangabal); é nativa da mata da “terra firme” (terras não inundáveis) raramente cultivada.

Soares e Carvalho (1998) conduziram estudos na Floresta Nacional do Tapajós, em 72 hectares, onde foram estabelecidas 24 parcelas de 50m x 50m, cada uma subdividida em 25 subparcelas de 10m x 10m, em que foram registradas todas as árvores com DAP (diâmetro da altura do peito) igual ou superior a 5cm. Os resultados de abundância mostraram que *D. odorata* apresentou apenas três árvores em cada dez hectares. Quanto à dominância, esta espécie apresentou uma área basal de 0,069m²/ha. Com relação à freqüência, verificou-se uma baixa ocorrência na área do Tapajós, encontrada em apenas uma subparcela. Quanto ao volume da espécie na área apresentou 0,9m³/ha. Com base na abundância, dominância e freqüência foi possível determinar o Índice de Importância Ecológica do *D. odorata* (IVI =

0,28). Em pesquisas realizadas por Costa *et al.* (2002), foi classificada no grupo ecológico de espécies intolerante a sombra. No município de Oriximiná - PA, em uma floresta as margens do Lago Acapu, destaca-se entre as espécies de grande volume de madeira e mais abundantes na área, com 0,37 N/ha (número de árvores/hectare) e o volume de madeira de 3,08 m³/ha (Miranda *et al.*, 2000).

2.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS

↳ *Importância Medicinal e Aromática*

Segundo Parrota *et al.* (1995) os frutos indeiscentes, carnudos, e oblongos, têm de 5,0 a 6,5 cm de comprimento, e seu endocarpo lenhoso contém uma só semente aromática que, para Rodrigues (1989), contém 30% de um óleo amarelo-claro, perfumado, que se altera rapidamente em contato com o ar. A substância aromática dessas amêndoas é conhecida por Cumarina, usada na indústria de perfumaria. Dessas amêndoas pode-se extrair uma tintura medicinal, considerada antiespasmódica e tônica, constituindo-se em um moderador dos movimentos cardíacos e da respiração.

Carvalho *et al.* (1998) relata que as sementes são usadas como aromatizante para chocolate, bebidas e perfumaria; o óleo da semente é utilizado para curar úlceras bucais, coqueluche, dores de cabeça e das articulações, tuberculose e adenopatia. A cumarina é uma substância que também serve para aromatizar o tabaco (Bezerra, 2001). A quase totalidade do cumaru exportada pelo Pará e Amazonas provém da espécie *D. odorata* (Ducke, 1939).

Freedom (2004) comenta que a cumarina apresenta uma essência com toque quente e abaunilhado. Os índios usavam essas sementes como adornos perfumados, em braceletes e colares, untavam os cabelos para dar brilho e perfumar. Os europeus, já no século XIX, usavam esta essência na aromatização do rapé, do tabaco, dos charutos, e até mesmo de uísques. Estas sementes também eram utilizadas em sachês, dentro dos armários, para perfumar as roupas.

↳ *Importância Madeireira*

É utilizada na construção civil (vigas, caibros, ripas, tábuas, tacos para assoalhos, batentes de portas, lambris, forros); uso externo (postes, esteios, estacas, cruzetas, dormentes de grande durabilidade); confecção de carrocerias e vagões; construção naval e fabricação de móveis, torneados e cabos de ferramentas. É uma madeira resistente a fungos, brocas aquáticas e insetos (Forex, 2001).

A madeira muito pesada ($0,95-1,00 \text{ g/cm}^3$) e imputrescível, é tida como uma das melhores madeiras para dormentes, não apenas pela durabilidade, como também por não se fender quando exposta ao sol (Loureiro *et al.* 1979).

2.3 - ASPECTOS REPRODUTIVOS

↳ *Sementes e Germinação*

As sementes são oblongo-atenuadas, levemente comprimidas, e medem cerca de 35-43mm de comprimento, 14-18mm de largura e 8-12mm de espessura. Testa castanho-escura, glabra, rugosa e pouco brilhante. Hilo oblongo, com ranhura longitudinal, situado na extremidade basal. Em corte longitudinal, o tegumento aparece delgado e papiráceo. O embrião levemente encurvado apresenta a plúmula diminutamente franjada e a radícula semi-fusiforme, entre os cotilédones auriculados. A germinação é epígea e fanerocotiledonar, começando aos sete dias de plantio, com o aparecimento da radícula. Aos 12 dias, o hipocótilo eleva do solo os cotilédones semi-abertos, aparecendo à plúmula filiforme. Após 16 dias aparecem as primeiras folhas compostas de seis folíolos ainda incipientes, que após oito dias estão desenvolvidos. Aos 40 dias, de caulículo teretiforme, rugoso, pardacento esverdeado e glabro, a plântula apresentou um par de folhas opostas, longo-peciloladas, verde-claras, compostas de três pares de folíolos opostos, oblongo-acuminados, subsésseis, com raque ultrapassando o último par, em forma de ponta filiforme. Sistema radicular bastante forte, com muitas raízes laterais (Albuquerque, 1993).

Apresenta cerca de 526 sementes por quilo, que levam oito dias para germinar, com taxa de germinação de 73% (Carvalho *et al.*, 1998; Miranda e Carvalho, 1998). Vieira *et al.* (1996), obtiveram 100% de germinação, com um tempo médio de germinação de sete dias,

sendo a germinação do tipo Cryptocotiledonar (quando as plântulas têm cotilédones escondidos no tegumento da semente).

A plântula apresenta raiz axial, angulosa, ferrugínea até próximo do ápice e amarelada no ápice, glabra e estriada, coifa ferrugínea. Raízes secundárias pouco ramificadas. Primeiro protófilo dois, compostos, paripinados, opostos, com dois a três pares de folíolos opostos, Prefolheação convoluta, nervação penínervia reticulada. Pulvínulos reduzidos, verdes, cilíndricos, com muitos pelos simples. Ráquis longa, canaliculada, semi-alada, verde, com um prolongamento apical espatulado com muitos pelos. Pecíolo curto, canaliculado, verde. Segundo protófilo um, composto, paripinado, com dois a três pares de folíolos opostos (Gurgel *et al.*, 2002).

O fruto é uma drupa com pericarpo amargo, não comestível para o homem (Ducke, 1939). Legume drupáceo, indeiscente, monospermico, com placentação parietal, quando maduro o exocarpo é cartáceo e quebradiço, glabro, opaco, irregular e liso; mesocarpo constituindo a polpa que é de cor castanha, macia, farinácea, mais espessa que o exocarpo; endocarpo lenhoso, castanho-claro, formando uma cavidade seminal, cuja superfície é perolada e brilhosa; funículo curto, lenhoso, quebradiço e reto (Gurgel *et al.*, 2002).

✎ **Crescimento e Mortalidade**

O incremento médio anual em altura é de 1,39m e em diâmetro é 1,38cm. O incremento volumétrico médio é de 16,134 m³/ha/ano (Sudam, 1979). Uchida e Campos (2000), informaram que as mudas apresentam rápido crescimento em viveiro, atingindo 30cm de altura em três meses. A altura das mudas na ocasião do plantio exerce importante papel na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio. Cresce melhor a pleno sol, na fase de viveiro, apresentando maior crescimento e mudas vigorosas com um bom padrão de qualidade. O excesso de sombra (70% de sombreamento) prejudica o crescimento das mudas. Em regime de plantio, apresenta índice de sobrevivência de 80% (Sudam, 1979).

✎ **Sistemas Reprodutivos**

Segundo Frankel e Galun, (1977), o sistema reprodutivo é usado amplamente na agricultura como uma ferramenta para regulação e canalização dos componentes da

fecundidade com propósito de selecionar plantas cultivadas, como também para aplicação em genética. Este sistema envolve todos os aspectos da expressão sexual em plantas e a contribuição genética para a próxima geração de indivíduos dentro de uma espécie (Wyatt, 1983).

Para Barret e Eckert (1990), o conhecimento do sistema sexual através dos estudos de polinização em condições naturais, é essencial para se conhecer a evolução e a dependência da relação entre o índice de polinização e produção de sementes e, também para a compreensão do mecanismo de fluxo de genes dentro da população. O sistema reprodutivo além de envolver as expressões sexuais, distribuição das funções masculinas e femininas das flores no tempo e no espaço, compreende também os sistemas de incompatibilidade (Bawa e Beach, 1981).

↳ **Polinização**

As flores são rosadas e extremamente aromáticas, atraindo uma grande variedade de abelhas como polinizadores, permitindo concluir que a síndrome de polinização é melitófila e os principais polinizadores são abelhas das famílias Apidae. O aroma exalado pelas flores exerce forte atração aos polinizadores, orientando as abelhas que buscam pólen e néctar como recompensa. Em área de floresta nativa, este fator favorece a reprodução da espécie, pois as abelhas da família Euglossinae voam grandes distâncias em busca de alimento (principalmente as fêmeas) e aroma (os machos). O aroma é utilizado para a atração sexual das fêmeas. Os polinizadores efetivos são abelhas da família Apidae (*Bombus transversalis*, *B. brevillus*, *Eulaema nigrita*, *Epicharis rustica*, *E. affinis*, *Epicharis* sp. e *Xylocopa frontalis*). E os polinizadores ocasionais são *Apis mellifera*, *Trigona* sp. e alguns lepidópteros (Maués *et al.*, 1999a).

↳ **Fenologia de Floração e Frutificação**

Os conhecimentos dos padrões de floração e frutificação das espécies florestais são importantes para monitorar as árvores como recursos genéticos, pois informam sobre a melhor época do ano para coleta de sementes e podem ainda ser usados para caracterizar o padrão reprodutivo de indivíduos e de espécies (Pires-O'Brien e O'Brien, 1995). Em comunidades

florestais, estes ritmos sazonais de floração e de frutificação podem mostrar padrões fenológicos característicos, os quais são relacionados com os fatores abióticos e bióticos desta comunidade (Spina *et al.*, 2001).

Maués *et al.* (1999a), em Belém - PA, acompanhando a fenologia desta espécie com 10 indivíduos, na área experimental da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, relatou que a floração ocorre de julho a dezembro, período menos chuvoso. Alencar (1998) observou a fenologia no município de Moju - PA, onde a floração ocorreu de agosto a janeiro e a frutificação de março a julho. Na Estação experimental de Curuá-Una/C.T.M., a floração ocorre de fevereiro a abril, a frutificação de julho a agosto, a desfolha parcial de março a abril, apresentando uma regeneração natural regular de 50% (Sudam, 1979). Em observações fenológicas, realizadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, por Guimarães *et al.* (1993), a floração ocorreu de abril a maio, e a frutificação de agosto a outubro, época fria e seca.

Alencar *et al.* (1979) observou a fenologia floresta tropical úmida na Amazônia Central (Reserva Ducke - AM), onde o período de floração ocorreu entre os meses de novembro a fevereiro (período chuvoso), e a frutificação de março a agosto (estação seca). Esta espécie apresentou mudança foliar do tipo perenifolia, algumas vezes semi-caducifolia na estação seca. Observou-se que o período de floração e frutificação ocorre quase regularmente a cada ano, porém, alguns indivíduos do *D. odorata* apresentaram o fenômeno de floração duas vezes no mesmo ano.

Carvalho (1999), observando a fenologia durante 32 meses na Floresta Nacional do Tapajós - PA, constatou a presença de botão floral de setembro a outubro e flores de setembro a novembro (época seca); fruto verde de setembro a fevereiro; fruto maduro de março a julho; estes frutos disseminam no final da época chuvosa e início da época seca (maio-julho) e precisam ter suas sementes armazenadas no mínimo cinco meses antes de serem semeadas. Geralmente, os frutos e as sementes são dispersos por mamíferos (Vieira *et al.*, 1996). Conforme com os dados de frequência dos eventos reprodutivos em *D. odorata* de mata natural na Flona do Tapajós, é agrupado em espécies do grupo C, que são aquelas que frutificam em um intervalo de dois a quatro anos (Leão e Carvalho, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EM ESTUDO

↳ *Área Plantada*

Área experimental da Embrapa Amazônia Oriental, no município de Belém, estado do Pará. Conforme Maués e Santos (1999) esta área apresenta as seguintes coordenadas geográficas 1°27'S 48°29'W, com temperatura média anual de 25,9°C, precipitação pluviométrica de 2.900mm/ano e umidade relativa de 84%. A classificação climática de acordo com Köppen (1923) é do tipo Af.

↳ *Área Natural*

Floresta Nacional do Tapajós (Figura 1) localizada no município de Belterra, que cobre uma área de aproximadamente 600 mil hectares (13 a 60km de largura e 157km de comprimento). É uma faixa de terra entre o rio Tapajós e a BR-163, rodovia Santarém-Cuiabá, estendendo-se do km 50 ao 217 dessa rodovia (Carvalho, 2001). A área de estudo do Projeto *Dendrogene* (Anexo 1) está localizada na altura do Km83. Apresenta as seguintes coordenadas geográficas S 03° 01' 49,1" e W 54° 59' 54,2" (Torre de observação do *D. odorata*, árvore nº503015). O clima é classificado por Köppen (1923) como Am, que é um clima tropical com uma estação seca de dois a três meses e chuvas geralmente acima de 2000mm por ano. A temperatura média anual do ar é 25°C, variando de 18,4 a 32,6°C; a umidade relativa está em torno de 86% (76-93%); a média anual de chuvas em Belterra é em torno de 2.110mm, com período chuvoso de março a maio e período seco ou pouco chuvoso de agosto a novembro (Carvalho, 2001).

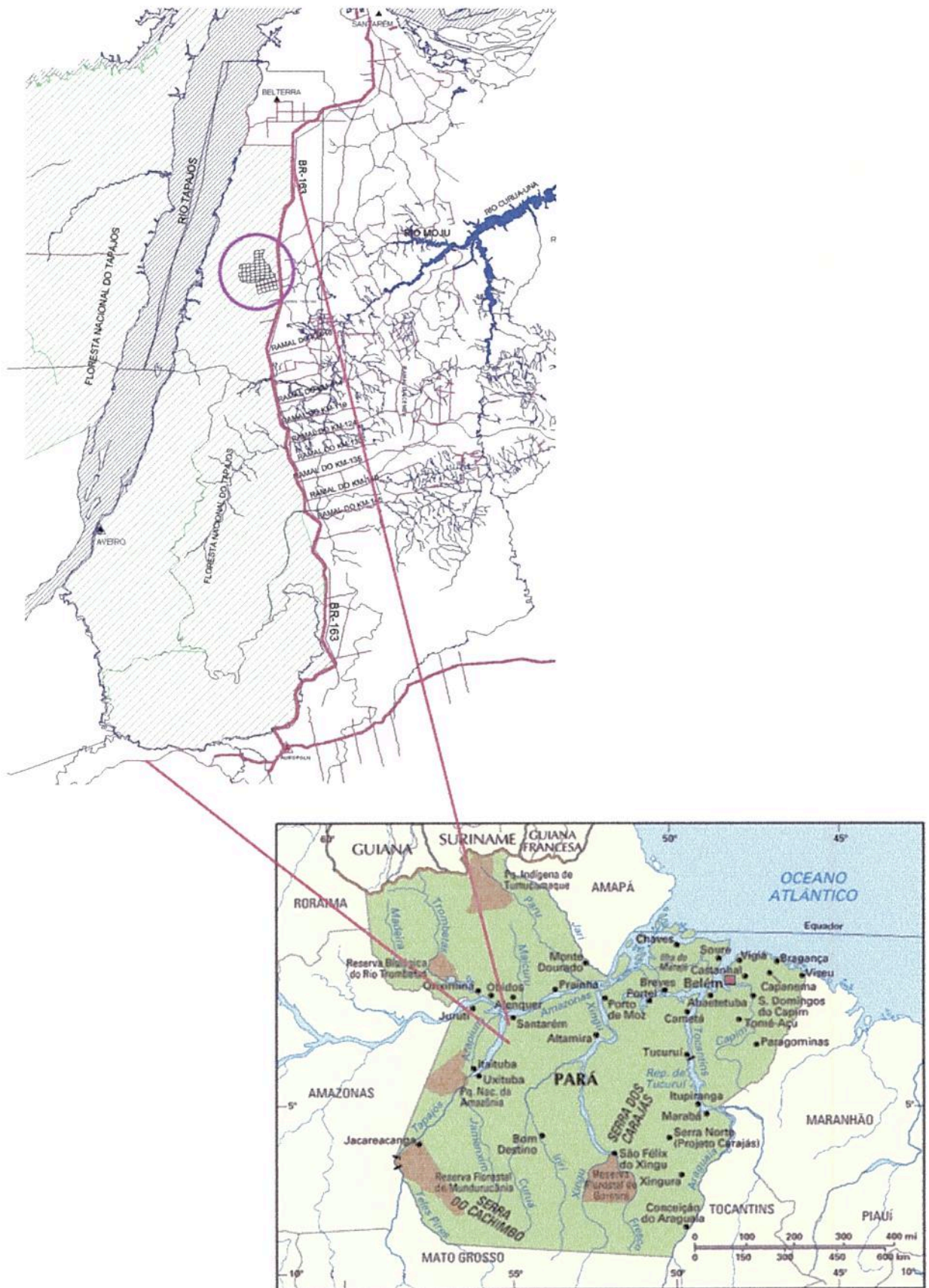


Figura 1 - Localização geográfica da Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra -PA

3.2 – MÉTODOS

Os estudos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Entomologia (Sala de Polinização) da Embrapa Amazônia Oriental. Para os estudos de campo, foram selecionadas quatro árvores em área plantada na Embrapa Amazônia Oriental (planta 1 - P1; planta 2 - P2; planta 3 - P3; e planta 4 - P4) e uma em área natural na Floresta Nacional do Tapajós (planta 5 - P5 / árvore da torre nº503015), onde foram montadas cinco torres de observação (de dois a 35m de altura, Anexo 2) para realização da pesquisa. Para os testes de polinização cruzada em área natural, foram coletadas flores de outra árvore (nº502670) com equipamentos de rapel.

Os resultados foram analisados através do software BioEstat versão 3.0 (Ayres *et al.*, 2003). Para fotografias, utilizou-se máquina fotográfica digital, modelo Nikon COOLPIX 995.

3.2.1 - MORFOLOGIA FLORAL

Para a caracterização morfológica dos órgãos reprodutivos foram coletadas 15 inflorescências com o auxílio de podão, escadas e torres de madeira. Uma parte foi fixada em FAA (90% de álcool a 70%; 5% de formaldeído; 5% de ácido acético) conforme Radford *et al.* (1974) e outra colocada em recipientes com água destilada para evitar desidratação.

As flores foram analisadas em estereomicroscópio Olympus SZH. A morfologia floral foi descrita com o auxílio de bibliografias especializadas. A coloração das flores foi determinada com o auxílio da tabela de cores Colour Chart - The Royal Horticultural Society (RHS).

Selecionaram-se 25 inflorescências (cinco por árvore), onde foi realizada a medição de comprimento e diâmetro de inflorescências, comprimento e quantidade de ramos, número de botões e flores por inflorescência. A medição das partes florais foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital modelo MITUTOYO, onde foram utilizadas flores fixadas em FAA, caracterizando o comprimento da flor (15 flores), diâmetro da borda floral (15 flores), comprimento do estigma (46 flores) e comprimento da antera (26 flores).

3.2.2 - PERÍODO DA ANTESE

Foram observados os horários da antese, mudanças florais (cor, odor, pólen e néctar) e senescência floral. Para determinação do período da antese, dez botões florais foram escolhidos em diferentes inflorescências e foram acompanhados de meia em meia hora.

O acompanhamento da floração obedeceu as seguintes fases: 1- botão floral desde o início do desenvolvimento até a véspera da abertura e 2- flor em recente antese acessível ao visitante e ou receptiva a polinização, até entrar em processo de senescência.

O período de abertura das flores foi observado apenas na árvore selecionada em área natural (P5). As mudanças florais e senescência floral foram observadas tanto em área natural (P5), como em área plantada (P1, P2, P3 e P4).

3.2.3 - RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA

A receptividade do estigma foi testada através da metodologia proposta por Dafni (1992) utilizando-se peróxido de hidrogênio a 6%. Os estigmas foram imersos em solução de peróxido de hidrogênio a cada duas horas após a abertura das flores, para a verificação da formação de bolhas de ar que é um indicativo da receptividade do estigma.

Este procedimento foi utilizado para as três fases florais analisadas: flor recente (após abertura), flor de um dia após a antese e flor de dois dias após a antese.

Antes dos testes químicos, os estigmas foram previamente examinados em um estereoscópio para eliminar aqueles que apresentassem algum dano no tecido vegetal ou a presença de grãos de pólen germinados na superfície.

3.2.4 - PRODUÇÃO DE NÉCTAR

A análise de concentração de açúcares (grau brix) e volume do néctar (μ l), foi realizada com o auxílio de microcapilares e refratômetro portátil modelo Atago.

A concentração de açúcares foi avaliada em intervalos de uma hora, das 05:00h até às 17:00h para flores no primeiro dia após a antese (n=35), e das 05:00h até às 12:00 para flores no segundo dia após a antese (n=16). Para a análise do volume do néctar foram utilizadas 33 flores no primeiro e segundo dia após antese. Esta análise foi realizada em área natural (P5).

3.2.5 - PRODUÇÃO DE FRAGRÂNCIA

Para determinação dos osmóforos (glândulas secretoras de aroma), utilizou-se flores frescas que foram submersas em solução de vermelho neutro a 0,1%, por intervalos de 1, 60 e 120 minutos. Depois foram lavadas com água destilada e analisadas sob estereoscópio, para localizar as partes coradas de vermelho, que indicaram o local de concentração das glândulas de aroma (Dafni, 1992).

3.2.6 - RELAÇÃO PÓLEN/ÓVULO

A relação pólen/óvulo foi avaliada segundo a metodologia proposta por Dafni (1992), adaptando-se um hemacitômetro e lâminas simples de microscopia, onde foram contados todos os grãos encontrados em uma fração de $0,1\text{mm}^3$.

As anteras fechadas foram maceradas levemente com bastão de vidro em recipiente de vidro com 0,9ml de etanol, três gotas de corante azul de metileno e quatro gotas de detergente neutro. Os tecidos vegetais das anteras esmagadas foram retirados e a solução foi transferida para um recipiente de vidro com capacidade de 10 ml, na solução foi adicionado etanol até 1ml de solução. Para contagem de pólen, foi retirado $1\mu\text{l}$ da solução com o auxílio de micropipeta, transferindo-se para o hemacitômetro e lâminas simples de microscopia. Foram preparadas 12 soluções (cinco lâminas de cada solução) e a contagem foi realizada em microscópio ótico modelo Nikon Microphot – FXH.

Os resultados obtidos foram comparados com a estimativa do sistema reprodutivo estabelecido por Cruden (1977) da seguinte maneira: Cleistogamia (Razão P/O: 2,7 – 5,4); Autogamia obrigatória (Razão P/O: 18,1 – 39,0); Autogamia facultativa (Razão P/O: 31,9 – 396,0); Xenogamia facultativa (Razão P/O: 244,7 – 2588,0); e Xenogamia obrigatória (Razão P/O: 2108,0 – 195.525,0).

3.2.7 - FENOLOGIA

As observações fenológicas foram realizadas semanalmente, quinzenalmente e mensalmente. Observando-se a época em que as árvores estavam com botões florais, flores,

frutos verdes, frutos maduros e disseminação, através de observação visual ou com auxílio de binóculo Nikon com aumento de 10x25.

Observações semanais – após o lançamento das gemas florais e durante o primeiro mês após o início da formação dos frutos oriundos das flores selecionadas para os testes de polinização.

Observações quinzenais – do segundo ao quarto mês após o início do desenvolvimento dos frutos.

Observações mensais – após o quinto mês após a floração para acompanhar a época de disseminação dos frutos.

3.2.8 - VISITANTES FLORAIS

Os visitantes florais foram coletados com rede entomológica, transferidos para recipientes de vidro com acetato, montados e acondicionados em caixa entomológica para identificação, sendo depositados na Coleção Entomológica da Embrapa Amazônia Oriental.

3.2.9 - TESTES DE POLINIZAÇÃO

Foram realizados testes de polinizações controladas, onde as inflorescências com botões foram protegidas com sacos de acetato microperfurados a prova de insetos. Foram utilizadas quatro árvores em área experimental (P1, P2, P3 e P4) uma em floresta nativa (P5), sendo que nesta árvore os testes de polinização foram realizados em dois anos consecutivos. A taxa de fecundação foi avaliada com base no crescimento do tubo polínico e na formação inicial dos frutos até completa maturação. Os tratamentos utilizados foram:

- **Autopolinização Espontânea** - as inflorescências foram ensacadas e deixadas sem manipulação.

P1 - 20 inflorescências

P4 - 6 inflorescências

P2 - 10 inflorescências

P5 (2002) - 15 inflorescências

P3 - 10 inflorescências

P5 (2003) - 10 inflorescências

- **Autopolinização Induzida** - as flores, após antese, foram polinizadas com seu próprio pólen, com auxílio de pincéis.

P1 - 10 inflorescências

P4 - 7 inflorescências

P2 - 10 inflorescências

P5 (2002) - 14 inflorescências

P3 - 11 inflorescências

P5 (2003) - 10 inflorescências

- **Xenogamia** (com emasculação) - as flores, após antese, foram emasculadas (retiravam-se todas as anteras antes da deiscência) e polinizadas com flores de outro indivíduo.

P1 - 10 inflorescências

P4 - 7 inflorescências

P2 - 11 inflorescências

P5 (2002) - 15 inflorescências

P3 - 9 inflorescências

P5 (2003) - 10 inflorescências

- **Controle** - foram marcadas inflorescências para polinização aberta no campo.

P1 - 10 inflorescências

P4 - 8 inflorescências

P2 - 11 inflorescências

P5 (2002) - 16 inflorescências

P3 - 10 inflorescências

P5 (2003) - 10 inflorescências

Após a análise dos resultados, foi calculado o Índice de Auto-Incompatibilidade (ISI) segundo Bullock (1985), da seguinte forma:

$$ISI = \frac{\text{frutos formados através de autopolinização}}{\text{frutos formados através de polinização cruzada}}$$

Considera-se 0,25 como o limite máximo de ISI indicativo de auto-incompatibilidade. Foi também utilizado o Índice de Eficácia Reprodutiva (RE), conforme Zapata e Arroyo (1978) que permite estimar a eficácia relativa da polinização natural (aberta) da seguinte forma:

$$RE = \frac{\text{frutos formados através de polinização natural}}{\text{frutos formados através de polinização cruzada}}$$

3.2.10 - ATAQUE DE LARVAS

As flores com larvas de inseto foram separadas e colocadas em recipientes com areia para criação dos imaturos até a eclosão dos adultos. Foram também coletados os insetos que se alojavam nas inflorescências para verificar se eram os mesmos que eclodiam das larvas, depois de emergidos os adultos, estes foram montados e acondicionados em caixa entomológica para posterior identificação.

3.2.11 - GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO

Foram coletadas flores após 24, 48 e 72h da antese dos seguintes tratamentos: xenogamia, autopolinização induzida, autopolinização espontânea e controle. Essas flores foram fixadas em FAA (90% de álcool a 70%, 5% de formaldeído e 5% de ácido acético) para observação da germinação e do crescimento do tubo polínico em microscópio com fluorescência, conforme a metodologia de Martin (1959). Os pistilos foram tratados por oito a 24h em hidróxido de sódio (NaOH) sobre 8N para limpar e amaciar o tecido, e permitir uma penetração adequada da tintura. Após esse período os pistilos foram lavados com água corrente para remoção do NaOH e posteriormente foram imersos por 4 horas em solução a 0,1N de fosfato de potássio (K_3PO_4) com azul de anilina, esta observação foi realizada em sala escura para visualização do tubo polínico, em microscópio eletrônico com fluorescência modelo Leica MPS 30.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

↳ *Morfologia Floral e Período da Antese*

D. odorata é uma espécie com flores hermafroditas papilionáceas de coloração branca a rosada (Tabela 1). Estas flores apresentam uma pétala estandarte, duas pétalas do tipo asa, e duas pétalas do tipo carena. O cálice apresenta duas sépalas ferrugíneas; a corola possui pétalas brancas na parte basal e rosada no ápice; o androceu é composto por 10 estames diadelfos; as anteras são dorsifixas, ditecas, com deiscência longitudinal; o gineceu é unicarpelar e uniloculado; o ovário é súpero; o estigma é papiloso, como mostra o desenho esquemático da flor (Figura 2). O comprimento da flor variou de 21,96 a 25,42mm ($23,61 \pm 1,11$) $n= 15$; o diâmetro da borda floral variou de 23,42 a 32,09mm ($28,77 \pm 2,45$) $n= 15$; o comprimento do estigma variou de 9,04 a 14,83mm ($11,66 \pm 1,81$) $n= 46$; o comprimento da antera variou de 9,68 a 12,28mm ($10,79 \pm 0,72$) $n= 26$; Suas flores estão dispostas em inflorescências do tipo panículas eretas terminais, que medem de 7-22cm de comprimento e 6-14cm de diâmetro (Tabela 2), com 2-8 ramos/inflorescência.

Tabela 1 - Coloração da flor do *D. odorata*, de acordo com a Tabela de cores Colour Chart - The Royal Horticultural Society (RHS).

LOCAL	PARTE	COLORAÇÃO
Sépala	Externa	Grupo Greyed - Yellow 161 A e B
	Interna	Grupo Greyed - Yellow 161 C e D ; 162 C e D
Asas	Ápice	Violeta 83A ; Purple - violet 80A ; Purple 78A ; Red - purple 72A
	Meio	Purple - Violet 80A
	Base	Purple 75D ; Red - Purple 73D
Carena ou quilha	Ápice	Red - purple 64 B ; 71 B e C
	Base	Red - Purple 69 D ; White 155 B e D
Estandarte	Ápice	Purple - violet 80 A
	Base	White 155 B e D

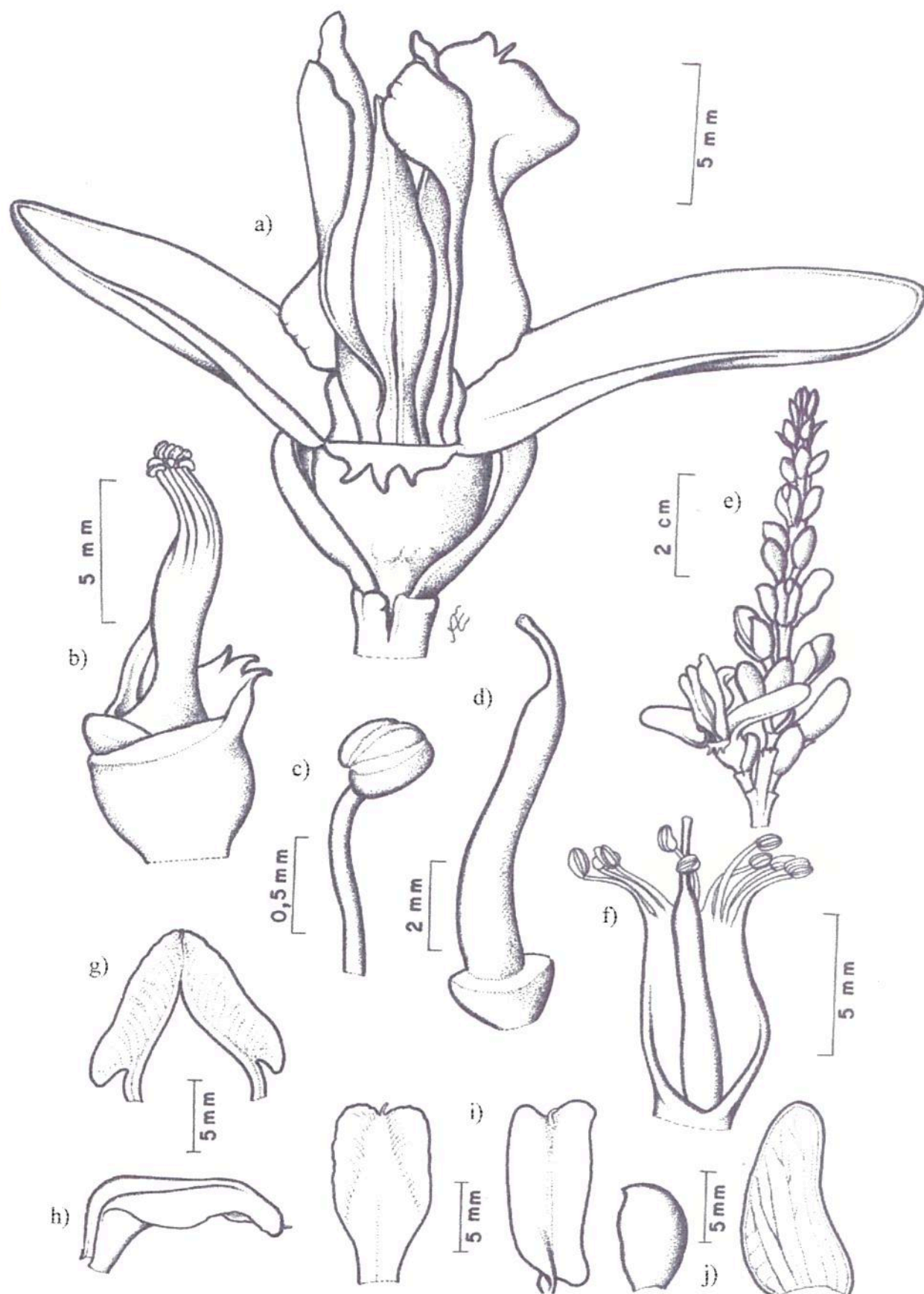


Figura 2 - Desenho esquemático da flor do *D. odorata*: a) Flor completa; b) Androceu; c) Estame; d) Gineceu; e) Ramo da inflorescência; f) Androceu e gineceu; g) Carena; h) Vexilo ou estandarte; i) Asas; j) Sépalas.

Tabela 2 - Número de botões, comprimento e diâmetro da inflorescência, total de flores abertas e número de flores que abriram diariamente nas cinco árvores de *D. odorata*.

<i>Planta 1</i>					
Nº Inflorescência	Nº botões / Inflorescência	Comprimento (cm) Inflorescência	Diâmetro (cm) Inflorescência	Total de flores abertas / inflorescência	Média de flores abertas diariamente na inflorescência
1	47	14	12	46	4,1 (1 - 9)
2	115	22	13	69	6,2 (2 - 42)
3	76	17	14	49	4,4 (1 - 15)
4	23	10	12	19	1,7 (1 - 6)
5	24	11	9	20	1,8 (2 - 5)
	(57 ± 38,96)	(14,8 ± 4,87)	(12 ± 1,87)	(40,6 ± 21,2)	(3,64 ± 1,9)
<i>Planta 2</i>					
Nº Inflorescência	Nº botões / Inflorescência	Comprimento (cm) Inflorescência	Diâmetro (cm) Inflorescência	Total de flores abertas / inflorescência	Média de flores abertas diariamente na inflorescência
1	95	12	9	72	4,8 (1 - 12)
2	126	12	9	45	3 (1 - 12)
3	98	8	7,5	40	2,6 (2 - 8)
4	109	9	9,5	70	4,6 (1 - 12)
5	163	17	9,5	63	4,2 (2 - 24)
	(118,2 ± 27,83)	(11,6 ± 3,51)	(8,9 ± 0,82)	(58 ± 14,65)	(3,84 ± 0,98)
<i>Planta 3</i>					
Nº Inflorescência	Nº botões / Inflorescência	Comprimento (cm) Inflorescência	Diâmetro (cm) Inflorescência	Total de flores abertas / inflorescência	Média de flores abertas diariamente na inflorescência
1	84	10	8	37	2,8 (1 - 8)
2	65	10	8	27	2 (1 - 8)
3	68	7	6	42	3,2 (1 - 8)
4	63	7	6	49	3,7 (1 - 8)
5	74	11	6	44	3,3 (1 - 7)
	(70,8 ± 8,47)	(9 ± 1,87)	(6,8 ± 1,10)	(39,8 ± 8,35)	(3 ± 0,64)

Planta 4

Nº Inflorescência	Nº botões / Inflorescência	Comprimento (cm) Inflorescência	Diâmetro (cm) Inflorescência	Total de flores abertas / inflorescência	Média de flores abertas diariamente na inflorescência
1	156	10	7,5	105	8,7 (3 - 17)
2	205	12	11	165	13,7 (9 - 21)
3	213	17	14	90	7,5 (2 - 17)
4	149	11	7	118	9,8 (5 - 20)
5	131	8	7	78	6,5 (4 - 17)
	(170,8 ± 36,16)	(11,60 ± 3,36)	(9,30 ± 3,11)	(111,2 ± 33,66)	(9,24 ± 2,79)

Planta 5

Nº Inflorescência	Nº botões / Inflorescência	Comprimento (cm) Inflorescência	Diâmetro (cm) Inflorescência	Total de flores abertas / inflorescência	Média de flores abertas diariamente na inflorescência
1	112	12	10	37	4.1 (1 - 8)
2	130	14	10	67	7.4 (3 - 14)
3	101	11	8	62	6.8 (3 - 14)
4	138	13	9	89	9.8 (4 - 16)
5	93	10,5	9	65	7.2 (2 - 11)
	(114,80 ± 18,99)	(12,1 ± 1,43)	(9,20 ± 0,84)	(64 ± 18,49)	(7,06 ± 2,03)

As relações entre as flores e seus polinizadores são freqüentemente interpretadas como resultado de interações onde as estruturas florais estão adaptados para otimizar o transporte do pólen e mediar a ação dos vetores (Faegri e Van der Pijl, 1979). Assim, as informações sobre a biologia floral baseada em características florais, como a organização das inflorescências, deiscência das anteras e recompensa floral, associados ao comportamento das plantas em seu ambiente, contribuem para interpretação da biologia da polinização de uma comunidade (Ramirez *et al.*, 1990).

Prance e Silva (1975), estudando as árvores de Manaus, classificaram estas flores da seguinte maneira: flores dispostas em inflorescências do tipo panículas terminais, ferruginoso-pubescentes, aromáticas, com 15-30cm de comprimento. As flores são hermafroditas, zigomorfas, diclamídeas, apopétalas, 1,5cm de diâmetro, receptáculo coriáceo; pedicelo cilíndrico, tereto com bráctea e bractéola curta; 5 sépalas, gamossépalas, valvares, côncavas, 1,0cm, com lacínias marrons, ferrugineas; 5 pétalas, livres, carena 1,5-2cm, de cor rosada à lilás, estandarte branco; estames de 5-8 férteis, raramente 10, inseridos num disco; anteras basifixas alongadas, deiscência rimosas; carpelos 2; ovário súpero, glabro, oblongo; 1-óvulado; placentação parietal; óvulo anfitropo; estilete curto, terminal; estigma linear.

Quanto à antese, os botões florais levam de sete a quatorze dias para desenvolverem-se até a véspera da abertura da flor. As flores têm antese matutina, abrindo nas primeiras horas da manhã, por volta das 5:00 – 5:30 exalando odor forte e adocicado, estando a maioria aberta às 6:30 (Figura 3), a abertura das flores ocorre na seqüência da base para o ápice da inflorescência.

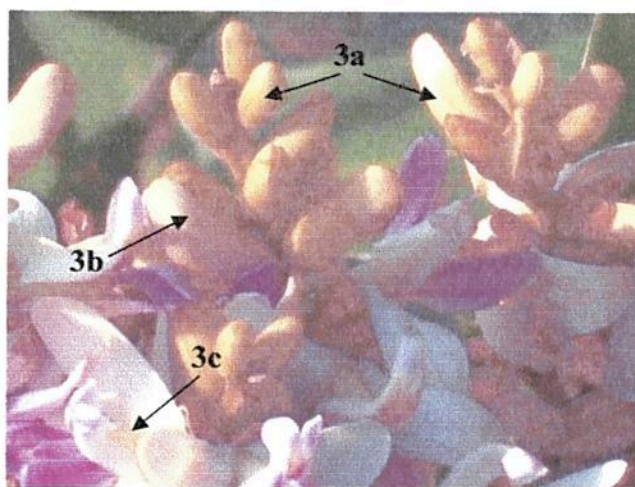


Figura 3 - Inflorescência com botões em desenvolvimento (3a), botões em pré-antese (3b) e flores abertas (3c).

Ao final da tarde, estando às flores fertilizadas ou não, as pétalas começam a murchar, permanecendo secas durante 2-3 dias até a senescência ou início da formação do fruto. Os pistilos não polinizados secam lentamente e caem ao longo de três dias. O desenvolvimento dos frutos é relativamente rápido nos pistilos polinizados. As flores a partir do segundo dia, apesar de mostrarem sinais de senescência, ainda produzem néctar e aroma.

↪ *Receptividade do Estigma*

Para obtenção de bons resultados em experimentos de polinização, deve-se acompanhar o tempo e duração da receptividade do estigma. Em estigmas de *D. odorata* tratados com solução de peróxido de hidrogênio a 6%, a receptividade estigmática tornou-se evidente durante as 24 horas após a abertura das flores, sendo que apenas a parte central do estigma é receptiva.

A receptividade do estigma é uma fase crucial na maturação da flor que pode influenciar grandemente na taxa de autopolinização, no sucesso da polinização em diferentes fases do ciclo de vida da flor, na importância relativa de vários polinizadores, na interferência entre funções masculinas e femininas, na taxa de competição inadequada, na transferência de pólen, e nas chances de seção gametofítica (Dafni, 2001).

Em *Vouacapoua americana* Aubl. (Leguminosae) o estigma está receptivo desde a antese até cerca de 48 horas depois (Maués *et al.*, 1999b). Em *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leg: Caesalpinioidea) o estigma permanece receptivo desde o momento da antese até o final do dia, quando a flor se fecha definitivamente, a zona de receptividade localizava-se em uma pequena cavidade de ca. de 0,1mm no ápice do estigma (Venturieri, 2000). O estigma de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leg: Caesalpinioideae) coloriu-se de vermelho, evidenciando a funcionalidade da flor durante toda a antese (Crestana e Kageyama, 1989).

Em *Jacaranda copaia* Aublet. (Bignoniaceae) a receptividade concentra-se na porção interna dos lobos, e inicia logo após a antese, enquanto as anteras ainda estão fechadas, prolongando-se até o dia seguinte (Maués e Santos, 1999). Em *Symphonia globulifera* L. (Clusiaceae) está concentrada no ápice dos lóbulos, mais especificamente nos poros, ocorrendo desde a antese até o dia seguinte (Maués *et al.*, 1999c). Piratelli *et al.* (1998),

estudando a biologia floral de *Jacaratia spinosa* (Aubl) ADC. (Caricaceae), observaram que o estigma já se encontra receptivo mesmo antes do início da antese, assim permanecendo até os últimos estádios da senescência. Em *Calibrachoa elegans* Miers (Solanaceae) o estigma encontra-se receptivo já no botão floral, pouco antes da abertura da corola (Stehmann e Semir, 2001).

✎ **Produção de Néctar**

Os recursos oferecidos pelas flores do *D. odorata* são o pólen, o néctar e o aroma. A concentração de açúcares no néctar aumenta ao longo do dia, devido à evaporação. O período de maior visitação coincide com o período de maior disponibilidade de açúcares que é no período da manhã (Figura 4).

A concentração de açúcares, em flores no primeiro dia após a antese, variou de 29% a 49% ($35,31 \pm 5,39$) $n = 35$ (05:00 às 17:00h). Para flores no segundo dia após a antese, a variação foi de 21% a 38% ($28,75 \pm 6,65$) $n = 16$ (05:00 às 12:00h). A análise da concentração de açúcares no néctar para flores no segundo dia, foi acompanhado apenas até as 12:00h, devido a oferta de flores que haviam sido ensacadas.

O volume do néctar foi avaliado no horário de maior concentração de açúcares (10:00 às 12:00h), o volume variou respectivamente de 0,5 à 1,5 μ l ($0,91 \pm 0,34$) $n = 33$, e de 1 à 3,5 μ l ($2,15 \pm 0,73$) $n = 33$, para flores no primeiro e segundo dia após antese.

No momento da coleta dos dados, a temperatura e a umidade relativa variaram de 24-35°C e 55-96%, respectivamente. O teste de Correlação linear simples (Pearson), mostrou um efeito negativo ($r = -0,70$ e $-0,83$) e significativo ($p < 0,005$) da umidade relativa do ar sobre o percentual de açúcares no néctar, tanto para as flores de 1 dia ($n = 13$, das 05:00 às 17:00h) como para as flores com dois dias de vida ($n = 8$, das 05:00 às 12:00h). Por outro lado, a percentagem de açúcares do néctar das flores apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) e positiva com a temperatura, nas flores de um dia ($n = 13$) e de dois dias depois da antese ($r = 0,75$ e $0,77$).

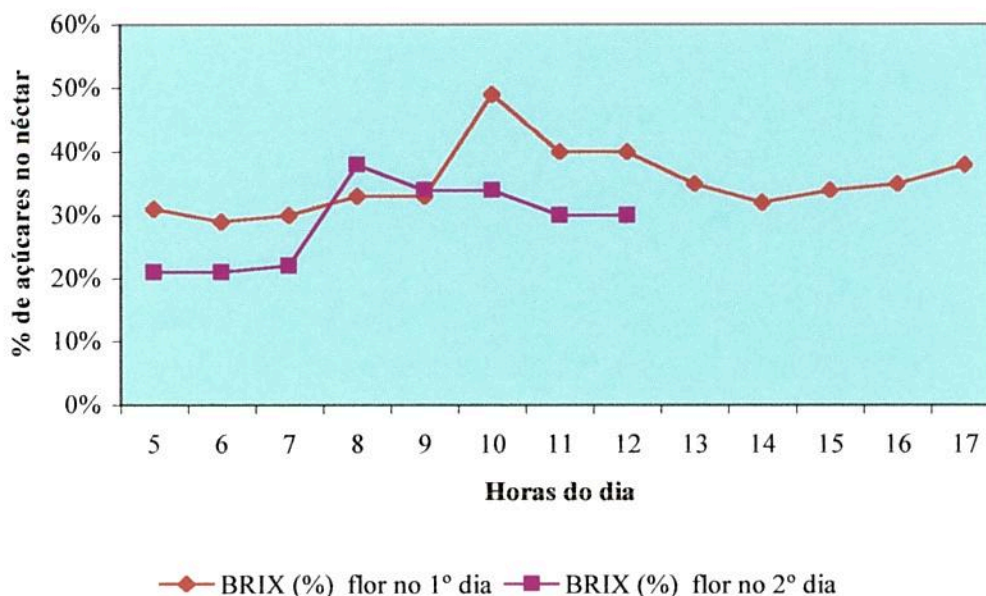


Figura 4 - Variação na concentração de açúcares no néctar de *D. odorata* ao longo do dia, para flores no 1º e 2º dia após a antese.

Machado e Oliveira (2000) também verificaram esta mesma relação do período de maior visitação coincidir com o período de maior concentração de açúcares que ocorreu durante à tarde para *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae). As flores de *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell (Fabaceae), liberam um forte odor e a concentração de açúcares do néctar foi de aproximadamente 34% (Perry e Starrett, 1980). As flores de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leg: Caesalpinioideae) apresentam açúcares na concentração de 25% (Crestana e Kageyama, 1989).

A média do percentual de açúcares encontrada no néctar de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leg: Caesalpinioideae) foi de 30,83 ($\pm 0,26$), $n = 20$. O volume médio do néctar retirado das flores foi de 1,5 μ l (Venturieri, 1999). As flores de *Sclerolobium paniculatum* Vogel (Leg: Caesalpinioideae) apresentaram em média 82,03 ($\pm 0,36$, $n = 20$) do percentual de açúcares encontrado no néctar, o volume do néctar foi de 0,063 μ l ($\pm 0,51$, $n = 20$) (Venturieri, 2000).

Gribel e Hay (1993) encontraram a concentração de açúcares de 13,4% no néctar das flores de *Caryocar brasiliense* Cambess. (Caryocaraceae), e o volume do néctar secretado pelas flores em quatro árvores foi: $320 \pm 99\mu$ l, $401 \pm 69\mu$ l, $945 \pm 45\mu$ l e $2100 \pm 598\mu$ l. As

flores de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae) apresentaram 19,7% de concentração de açúcares no néctar, e o volume secretado por essas flores foi de $310 \pm 75 \mu\text{ l}$ (Gribel *et al.*, 1999).

Para Faegri e Van der Pijl (1979), a estrutura floral e certos atributos como a coloração, horário da antese, e atrativos (néctar, pólen, óleo e aroma), definem a síndrome de polinização de uma planta, bem como o grupo de polinizadores, portanto, o conhecimento de tais características proporciona considerável avanço no campo da biologia reprodutiva de espécies florestais.

Os recursos florais são considerados os componentes das flores usados por animais e, devido este uso, a visitação repetitiva conduz à polinização. O pólen e o néctar são recursos primários oferecidos pelas flores para os animais visitantes (Simpson e Neff, 1981). O néctar é produzido por glândulas nectaríferas, e é composto por água e açúcares (Endress, 1994). Os atrativos florais foram classificados por Faegri e Van Der Pijl (1979) em primários e secundários. Os primários são aqueles pelos quais os vetores são atraídos (pólen, néctar, óleos, resinas e outras substâncias). Os secundários são as estratégias de atração que as flores oferecem aos visitantes (odores, cor, forma, temperatura e outros).

🐝 *Produção de Fragrância*

As flores do *D. odorata*, tratadas em solução de vermelho neutro, revelaram que as glândulas secretoras de aroma estão localizadas na pétala estandarte (vexilo).

Andrade *et al.* (2003) identificaram os constituintes voláteis do óleo nas flores desta espécie, os componentes que apresentaram maior concentração foram: germacreno D (34,2%), biciclogermacreno (14,3%), espatulenol (12,4%), α -cadinol (4,3%) e nonanal (2,9%). A concentração dos outros constituintes não excederam de 1,8%, tais como: heptanal (0,4%); α -pineno (0,6%); sabineno (0,2%); álcool benzílico (0,2%); (E)- β -ocimeno (0,5%); octanol (0,2%); óxido de trans-linalol (furanoide) (0,1%); acetato de benzila (0,3%); salicilato de metila (0,1%); (E)-2-decenal (0,1%); ácido monóico (0,2%); (E,Z)-2,4-decadial (0,1%); δ -elemeno (0,1%); α -cubebeno (0,3%); α -copaeno (1,1%); β -elemeno (1,4%); β -cariofileno (0,5%); β -gurjuneno (0,3%); (E)- β -farneseno (0,7%); germacreno A (0,4%); δ -cadineno (1,5%); globulol (1,4%); cubenol (0,7%); α -murolol (1,5%); *cis*-14-murol-5-en-4-ona (0,4%);

(E,E)-farnesol (1,8%); e ácido palmítico (1,8%). A cumarina, o principal componente existente nas sementes de *D. odorata*, não foi encontrada nas flores.

As flores de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leg: Caesalpinioideae) reagiram negativamente ao vermelho neutro, confirmando a ausência de fragrância como mecanismo de atração aos seus visitantes (Venturieri, 2000). O vermelho neutro coloriu as anteras e o anel nectarífero nas flores de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leg: Caesalpinioideae), a reação mais evidente se deu nos horários de intensa emissão de perfume floral, indicando que o néctar e o pólen exercem, na flor, as funções de atração e alimentação (Crestana e Kageyama, 1989). Em *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae), Bezerra e Machado (2003) encontraram as áreas de concentração de emissão de odor próximas às margens da corola e algumas esparsas por todo perianto.

Nas plantas, o papel ecológico do odor parece estar restringido quase completamente a flores e frutos, as glândulas de aroma florais (osmóforos) não são normalmente visíveis, então é difícil reconhecer e delimitar os osmóforos através de observação superficial, por isso usa-se o teste com solução de vermelho neutro para localizá-los na flor (Endress, 1994).

↳ **Relação pólen/óvulo**

Cada flor apresenta apenas um óvulo e a relação pólen/óvulo obtida sugere o sistema de reprodução de Xenogamia obrigatória (Figura 5) com relação $P/O = 16.391,6$ ($16.391,67 \pm 5.155,31$) $n = 60$, segundo a estimativa de Cruden (1977) a razão P/O para Xenogamia obrigatória varia de 2108,0 - 195.525,0.

Com os resultados obtidos nos testes de polinização, pode-se considerar *D. odorata* sendo obrigatoriamente xenogâmica, pois os frutos resultantes de autopolinização induzida não se desenvolvem até a maturação. Para Cruden (1977), a razão pólen/óvulo reflete na eficiência da polinização, a probabilidade dos grãos de pólen alcançarem o estigma.

Segundo Jurgens *et al.* (2002), há uma diminuição significativa na P/O da xenogamia para xenogamia facultativa e desta para autogamia, porém, outras características e interações também podem afetar na evolução de número de pólen e número de óvulo, e assim também na P/O . Cruden (1977) relacionando o sistema de reprodução com a razão pólen/óvulo, mostra que as plantas xenógamas produzem mais grãos de pólen do que aquelas que são autógamias

e/ou autocompatíveis. Isto sugere que a tendência evolutiva da xenogamia para autogamia é acompanhada por uma diminuição da taxa de grãos de pólen por óvulo. Segundo Cruden (2000), há uma evidência que as relações pólen/óvulo são afetadas pelo sistema sexual, vetores de pólen, mecanismos de polinização e fatores ecológicos.

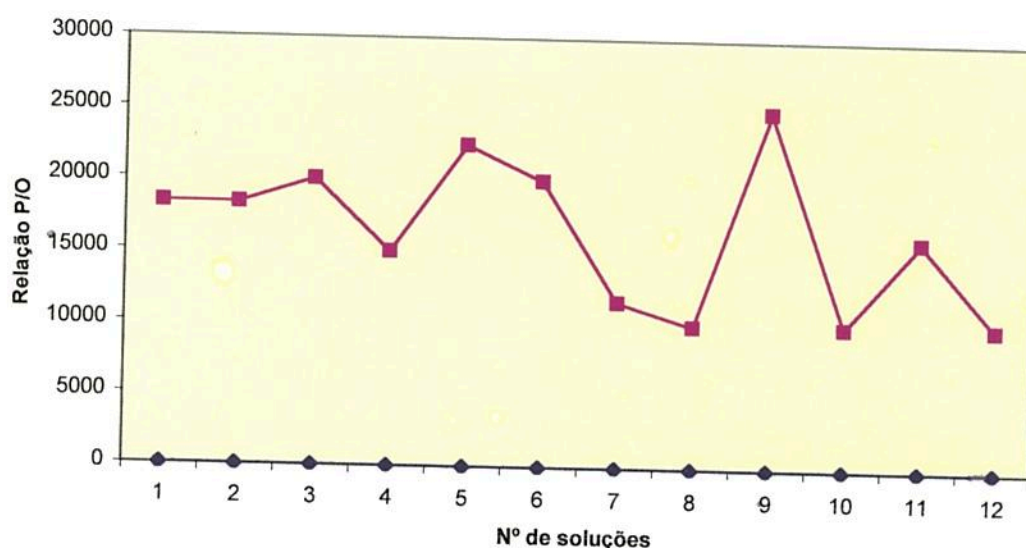


Figura 5 - Relação pólen/óvulo em *D. odorata*.

Machado e Oliveira (2000), estudando a relação P/O em *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae), encontraram um sistema de reprodução entre autogamia obrigatória e facultativa, entretanto, os testes de polinização resultaram que esta espécie aceita apenas a polinização cruzada, pois, os frutos resultantes de autopolinização, não se desenvolvem até a maturação. Daí a importância da associação dos resultados da relação P/O com os resultados de testes de polinização.

Segundo Cruden (1977), os resultados da relação P/O indicam as espécies obrigatoriamente dependentes da xenogamia, corroborando com os resultados obtidos nas polinizações controladas. A fecundação cruzada obrigatória é o modo de reprodução predominante nas comunidades vegetais tropicais (Bawa, 1979). O sistema reprodutivo de xenogamia obrigatória é encontrado em diversas espécies como mostra a tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Relação pólen/óvulo em diversas espécies.

Espécie	Família	Relação P/O	Fonte
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	Leg: Caesalpinioideae	6000	Venturieri <i>et al.</i> (1999)
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Leg: Caesalpinioideae	9.980	Venturieri (2000)
<i>Diplostropis martiusii</i> Benth.	Leg: Papilionoideae	11.662,5	Souza e Maués (2000)
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	53.400,0	Souza e Maués (2001)
<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Leg: Caesalpinioideae	90.580,0	Souza e Maués (2001)
<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.	Lecythidaceae	12.325,0	Souza e Maués (2001)
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standley	Sapotaceae	2.818,3	Souza e Maués (2001)
<i>Manilkara amazônica</i> Huber.	Sapotaceae	6.292,4	Souza e Maués (2001)

👉 Fenologia

Na Floresta Nacional do Tapajós, a árvore de *D. odorata* (P5), onde foram realizados os trabalhos de biologia floral, floresceu em 2002 no mês de outubro, e em 2003 durante o mês de setembro (época seca). Na área experimental da Embrapa Amazônia Oriental, o período de floração (presença de botões florais e flores) das quatro árvores estudadas (P1, P2, P3 e P4), ocorreu entre os meses de outubro a dezembro de 2002 (período menos chuvoso). As flores começaram a abrir uma a duas semanas após o lançamento dos botões florais, e a floração durou de 21 a 27 dias (24 ± 2) $n=5$. A frutificação (frutos verdes e frutos maduros) ocorreu de outubro a julho, a disseminação ocorreu entre os meses de maio a julho.

Alencar *et al.* (1979), acompanhando durante 11 anos os eventos fenológicos na Reserva Ducke - AM, relatou que o intervalo observado (meses) da floração de três indivíduos de *D. odorata* foi de um a cinco meses, com duração mais freqüente de quatro meses. Para a frutificação, o intervalo observado foi de três a oito meses, com a duração mais freqüente de sete meses. A floração ocorreu entre os meses de novembro a fevereiro (período chuvoso), e a frutificação de março a agosto (estação seca). Observou-se que o período de floração e frutificação ocorreu quase regularmente a cada ano, porém, alguns indivíduos de *D. odorata*, apresentaram o fenômeno de floração duas vezes no mesmo ano.

Na Floresta Nacional do Tapajós, Leão e Carvalho (2001), acompanharam a freqüência dos eventos reprodutivos em *D.odorata*, que foi agrupado em um grupo de espécies que frutificam em um intervalo de dois a quatro anos. Carvalho (1999) acompanhou a fenologia durante 32 meses neste mesmo local, onde esta espécie apresentou botão floral de setembro a outubro e flores de setembro a novembro (período seco); fruto verde de setembro a fevereiro; fruto maduro de março a julho; e disseminação de maio a julho, coincidindo com o final da época chuvosa e início da época seca.

A floração ocorreu de forma semelhante ao padrão de Cornucópia quanto à duração e ocorrência do evento na população amostrada, mas individualmente a longevidade das flores foi diferente, pois segundo Gentry (1974), este padrão é quando ocorre floração maciça por três a oito semanas, com flores de um dia de duração, sendo que as do *D. odorata* duram dois dias. O mesmo ocorre com *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell (Fabaceae), com floração assincrônica, e cada árvore floresce aproximadamente durante seis semanas (Perry e Starrett, 1980). Bulhão e Figueiredo (2002), estudando a fenologia de leguminosas no nordeste do Maranhão, relataram que *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae), floresce de dezembro a abril, e a frutificação ocorre de fevereiro a agosto, durante a estação chuvosa.

✎ *Visitantes Florais*

Os recursos florais oferecidos por suas flores podem atrair uma grande diversidade de visitantes (Figura 6) à procura de néctar, pólen e aroma. Quanto ao comportamento dos insetos na flor, pode-se dizer que as visitas, em geral, iniciavam-se por volta das 6:00h (horário da Floresta Nacional do Tapajós, em Belém é as 07:00h, devido diferença no fuso

horário), intensificando-se ao longo da manhã, sendo o período de maior atividade entre 08:00h e 12:00h (horário da Floresta Nacional do Tapajós). A partir desse horário, as visitas começaram a diminuir, porém até o entardecer ainda se observaram visitantes nas flores.

Foram coletadas nas flores as abelhas: *Partamona testacea* (Anexo 3), *Ceratina* sp. (Anexo 4), *Trigona williana* (Anexo 5), *Augochloropsis* sp. (Anexo 6), *Plebeia minima* (Anexo 7), *Trigona truculenta* (Anexo 8), *Partamona* sp. (Anexo 9), *Centris lanipes* (Anexo 10), *Centris* sp. (Anexo 11), *Centris hystides* (Anexo 12), *Eufrosia* sp. (Anexo 13), *Cephalotrigona femorata* (Anexo 14), *Bombus transversalis* (Anexo 15), *Eulaema nigrata* (Anexo 16), *Epicharis* (*Amepicharis*) *nignicollis* (Anexo 17), e *Xylocopa frontalis* (Anexo 18). Estas flores apresentam atributos que as enquadram na síndrome de melitofilia, descrita por Faegri e Van der Pijl (1979), tais como simetria zigomorfa (sépalas mais larga e diferenciada), odor suave e adocicado, resistência mecânica, facilidades para pouso, antese diurna e néctar disponível.

Estas características não limitam as visitas por outros insetos, como vespas, moscas, besouros, mariposas, borboletas e beija flores. As vespas coletadas foram, *Polybia* sp. (Anexo 19), *Polybia quadricincta* (Anexo 20), e *Symoeca virginea* (Anexo 21). São Hymenopteros da família Vespidae, que segundo Gallo *et al.* (1988) são predadoras e na forma adulta se nutrem de substâncias açucaradas como sucos, néctar, etc. (Gallo *et al.*, 1988). As moscas coletadas são das famílias Acrocéridae (Anexo 22 e 23) e Asilidae (Anexo 24). Este mesmo autor relata que os dípteros da família Asilidae são moscas predadoras.

Nas flores de *D. odorata* foram encontradas cinco espécies de besouros pertencentes à família Scarabaeidae: *Pelidonata* sp. (Anexo 25), três da subfamília Rutelinae (Anexos 26, 27 e 28) e um da subfamília Scarabainae (Anexo 29); E um besouro pertencente à família Chrysomelidae (Anexo 30). Os coleópteros pertencentes as famílias Scarabaeidae e Chrysomelidae, foram classificados por Gallo *et al.* (1988) respectivamente como, besouros que atacam flores de diversas plantas e como espécies fitófagas. As borboletas coletadas nessas flores foram: *Heraclides chiansiades* (Anexo 31), *Astrapes fulgurator* (Anexo 32), *Proteides mercurius* (Anexo 33), *Hamadrias arinome* (Anexo 34) e *Philaetria dido* (Anexo 35).

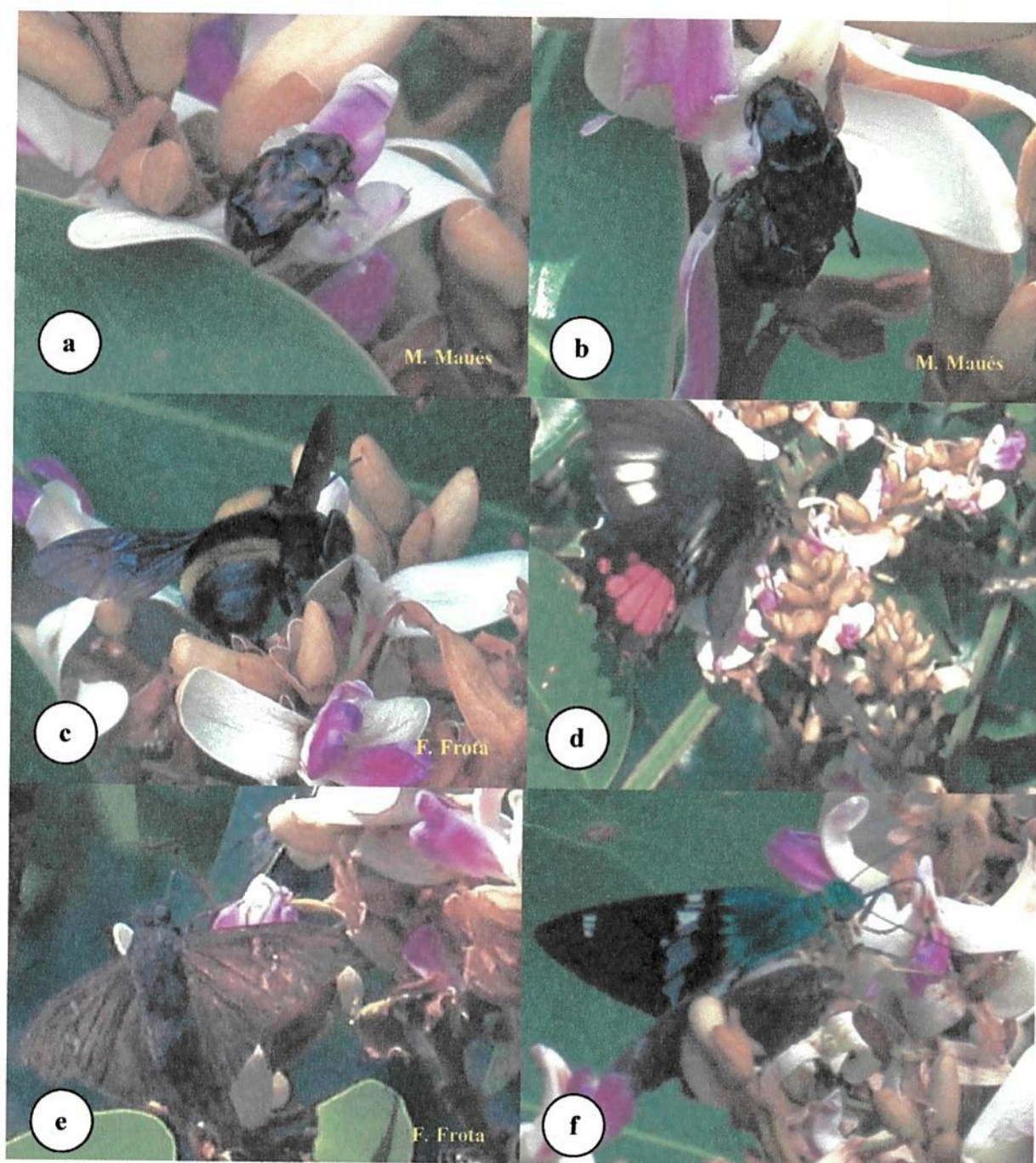


Figura 6 - Insetos visitantes em flores de *D. odorata*: a) e b) Coleóptero da família Scarabaeidae – Subfamília Rutelinae; c) *Bombus transversalis*; d) *Heraclides anchisiades* (Papilionidae); e) e f) Lepidópteros da família Hesperidae.

Os sistemas de polinização envolvem desde insetos pouco especialistas até animais estritamente dependentes das flores para sua sobrevivência, como as abelhas e mesmo vertebrados, como aves e morcegos (Machado e Oliveira, 2000). Conforme Maués *et al.* (1999a), estas flores atraem grande variedade de abelhas como polinizadores, permitindo concluir que a síndrome de polinização é melitófila, e os principais polinizadores são abelhas da família Apidae. O aroma exalado pelas flores exerce forte atração aos polinizadores, orientando as abelhas que buscam pólen e néctar como recompensa. Em área de floresta nativa, este fator favorece a reprodução da espécie, pois as abelhas da família Euglossinae voam grandes distâncias em busca de alimento (principalmente as fêmeas) e aroma (os machos). O aroma é utilizado para a atração sexual das fêmeas. Os polinizadores efetivos são abelhas da família Apidae (*Bombus transversalis*, *B. brevillus*, *Eulaema nigrita*, *Epicharis rustica*, *E. affinis*, *Epicharis* sp. e *Xylocopa frontalis*). E os polinizadores ocasionais são *Apis mellifera*, *Trigona* sp. e alguns Lepdópteros

✍ **Testes de Polinização**

Os testes de polinização em *D. odorata* mostraram que é uma espécie obrigatoriamente xenogâmica, ocorrendo a presença do sistema de auto-incompatibilidade tardia, que retarda o aborto de frutos oriundos de auto-fertilização. Estes frutos começam a ser abortados a partir da primeira semana após o início do seu desenvolvimento (78,83%), ocorrendo abortos até a 17ª semana (Tabela 4). A maioria dos abortos ocorreu nas cinco primeiras semanas, como mostra a Figura 7.

Houve a formação de dois frutos resultantes da autopolinização espontânea, um em área natural (0,06%) e o outro em área plantada (0,06%). Esta formação pode ter ocorrido por danos causados nos sacos que protegiam as inflorescências, que muitas vezes rasgavam devido à insolação, chuvas, e tamanho das inflorescências que ficavam apertadas dentro dos sacos, possibilitando assim, a visita de insetos que favoreceram a polinização. Outro fator que favoreceu a formação desses frutos, é que os sacos de acetato não são 100% a prova de pólen, favorecendo assim, a formação de frutos por contaminação.

Tabela 4 - Quantidade, média, desvio padrão, porcentagem de frutos abortados e de frutificação oriundos da autopolinização induzida em cinco plantas de *D. odorata*.

Semanas	Nº de frutos	Frutos abortados (%)	Frutificação (%)
1 ^a	679 (11.13 ± 11.35)	78,83	21,17
2 ^a	193 (3.86 ± 3.97)	93,99	6,01
3 ^a	77 (1.64 ± 1.79)	97,60	2,40
4 ^a	42 (1.31 ± 0.86)	98,69	1,31
5 ^a	24 (0.86 ± 0.76)	99,26	0,74
6 ^a	19 (1 ± 0.75)	99,41	0,59
7 ^a	14 (0.93 ± 0.59)	99,57	0,43
8 ^a	12 (1 ± 0.60)	99,63	0,37
9 ^a	8 (0.8 ± 0.63)	99,76	0,24
10 ^a	8 (0.8 ± 0.63)	99,76	0,24
11 ^a	8 (0.8 ± 0.63)	99,76	0,24
12 ^a	8 (0.8 ± 0.63)	99,76	0,24
13 ^a	8 (0.8 ± 0.63)	99,76	0,24
14 ^a	6 (0.86 ± 0.38)	99,82	0,18
15 ^a	6 (0.86 ± 0.38)	99,82	0,18
16 ^a	6 (0.86 ± 0.38)	99,82	0,18
17 ^a	5 (0.83 ± 0.41)	99,85	0,15

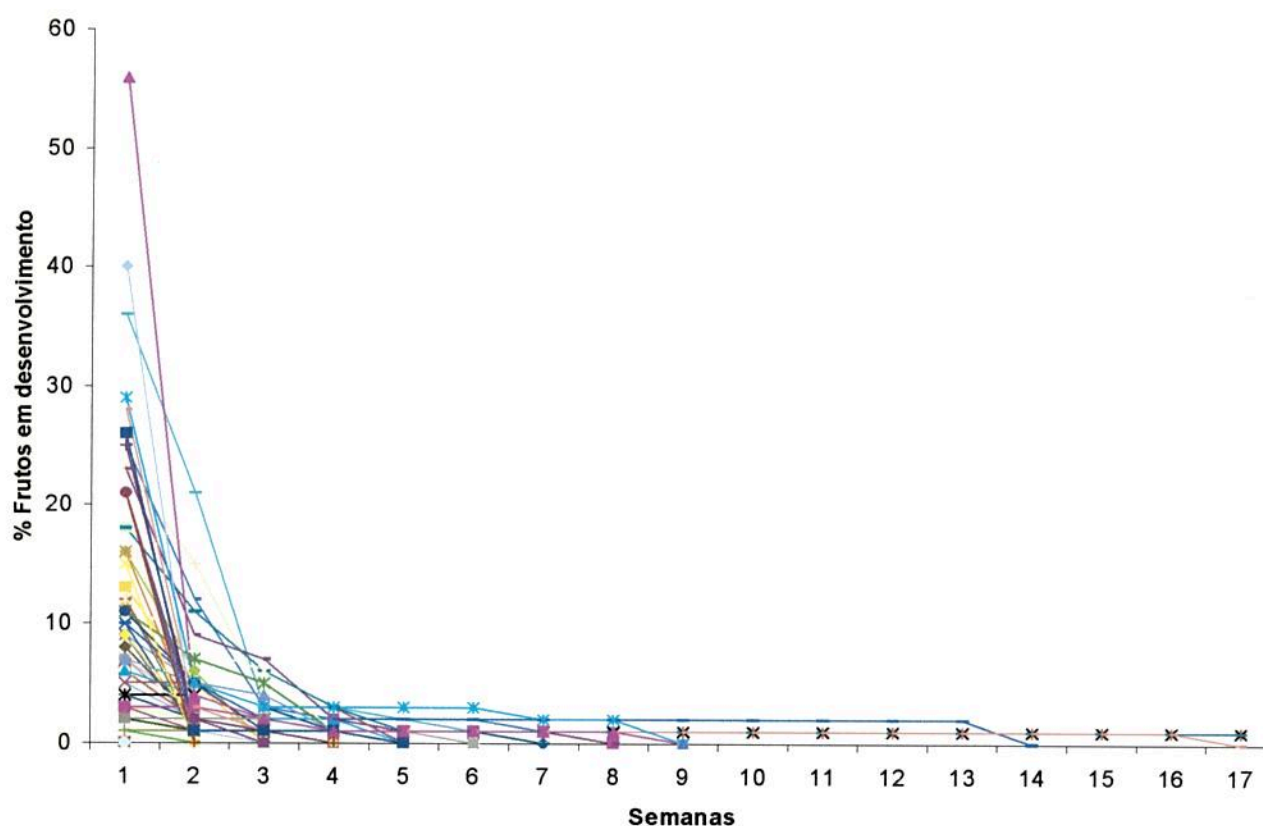


Figura 7 - Período de aborto dos frutos resultantes da autopolinização induzida nas cinco plantas estudadas.

Em área natural houve a formação de um fruto oriundo da autopolinização induzida (fruto resultante das polinizações de 2002), com taxa de frutificação de 0,24%. A taxa de formação de frutos da polinização natural (controle) foi de 0,10% (somente dois frutos em 2002), sendo menor que a taxa de polinização cruzada (xenogamia) que foi de 0,78% (três frutos de 2002) e 2,16% (11 frutos de 2003), como mostra a Tabela 4. Com o Índice de Auto-Incompatibilidade (ISI)= 0,07 e o Índice de Eficácia Reprodutiva (RE)= 0,14. Nas quatro árvores estudadas em área plantada, a frutificação oriunda de flores de autopolinização induzida resultou em quatro frutos desenvolvidos (0,17%). A polinização cruzada manual (xenogamia) produziu uma proporção média significativamente maior de frutos do que a polinização em condições naturais (controle). A taxa de formação de frutos da polinização natural (controle) foi de 0,46% (17 frutos) sendo menor que a taxa de polinização cruzada (xenogamia) que foi de 5,13% (113 frutos) (Tabela 5). Com o Índice de Auto-Incompatibilidade (ISI)= 0,03 e o Índice de Eficácia Reprodutiva (RE)= 0,15.

Para análise dos resultados de frutificação nas cinco árvores utilizou-se o Teste *t* para duas amostras dependentes ($\alpha = 0,05\%$) entre os tratamentos e as variáveis, número de flores polinizadas e o número de frutos formados (Tabela 5 e Figura 8), sugeriu diferenças altamente significativas ($p < 0,000$) entre os testes de polinização avaliados. Obteve-se melhores resultados de frutificação das flores com polinização cruzada, como mostra a Figura 8. Considerando os resultados das duas áreas em conjunto, o Índice de Auto-Incompatibilidade (ISI)= 0,03 indica que *D.odorata* é uma espécie auto-estéril. E a estimativa da eficácia da polinização natural (controle) com o Índice de Eficácia Reprodutiva (RE) foi de 0,14. Pelo Teste *t* para amostras independentes, os tratamentos de polinização avaliados, foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$ se for a 5%; e $p < 0,01$ se for a 1%) para o variável número de frutos formados. As figuras 9 e 10, mostram respectivamente, a comparação dos resultados de frutificação em área natural e plantada e os frutos em diferentes fases de desenvolvimento. Observou-se uma redução na produção de frutos maduros em relação aos frutos iniciados devido à ocorrência de aborto. Estas plantas podem estar regulando sua produção de frutos através de diferenças encontradas na disponibilidade e no serviço dos polinizadores e na ocorrência de aborto. A atuação conjunta destes fatores pode conduzir à redução do número de frutos maduros. Além disso, os danos causados pelo ataque de larvas nas flores também contribuíram para a diminuição do número de frutos formados, e a conseqüente regeneração natural desta espécie (anexo 36).

Tabela 5 - Resultados dos testes de polinização nas cinco árvores estudadas.

Teste de Polinização	Árvore	Nº Botões	Nº Flores polinizadas	Nº Flores com larvas*	Nº Frutos Iniciados **	Nº Frutos formados	Frutificação (%)
<i>Autopolinização Espontânea</i>	P1	1153	1153	-	0	0	-
	P2	1492	1492	-	2 (0,13%)	1	0.06
	P3	2006	2006	-	0	0	-
	P4	1201	1201	-	3 (0,24%)	0	-
	P5 (2002)	1528	1528	-	8 (0,52%)	1	0.06
	P5 (2003)	875	875	-	3 (0,34%)	0	-
	<i>Total</i>	8255	8255	-	16 (0,19%)	2	0.02
		(1.375,83 ± 391,10)	(1.375,83 ± 391,10)	-	(2,50 ± 2,94)	(0,33 ± 0,52)	
<i>Autopolinização Induzida</i>	P1	527	239	118	2 (0,83%)	0	-
	P2	1453	620	160	15 (2,41%)	2	0.32
	P3	1531	843	149	102 (12,09%)	0	-
	P4	987	531	116	52 (9,79%)	2	0.37
	P5 (2002)	665	402	0	78 (19,40%)	1	0.24
	P5 (2003)	1050	571	50	19 (3,32%)	0	-
	<i>Total</i>	6213	3206	593	268 (8,35%)	5	0.15
		(1.035,50 ± 404,53)	(534,33 ± 204,31)	(98,83 ± 61,76)	(44,67 ± 39,53)	(0,83 ± 0,98)	

Continuação

Teste de Polinização	Árvore	Nº Botões	Nº Flores polinizadas	Nº Flores com larvas*	Nº Frutos Iniciados **	Nº Frutos formados	Frutificação (%)
<i>Xenogamia</i>	P1	507	169	261	12 (7,10%)	2	1.18
	P2	2278	822	328	95 (11,55%)	65	7.90
	P3	1460	722	212	101 (13,98%)	25	3.46
	P4	947	487	156	92 (18,89%)	21	4.31
	P5 (2002)	635	382	0	70 (18,32%)	3	0.78
	P5 (2003)	1245	509	64	5 (18,66%)	11	2.16
	Total	7072	3091	1021	465 (15,04%)	127	4.10
		(1.178,67 ± 646,91)	(515,17 ± 234,66)	(170,17 ± 122,75)	(77,50 ± 33,83)	(21,17 ± 23,4)	
<i>Controle</i>	P1	509	509	-	5 (0,98%)	1	0.19
	P2	1587	1587	-	39 (2,45%)	7	0.44
	P3	1012	1012	-	39 (3,85%)	5	0.49
	P4	572	572	-	40 (6,99%)	4	0.69
	P5 (2002)	1863	1863	-	88 (4,72%)	2	0.10
	P5 (2003)	934	934	-	17 (1,82%)	0	-
	Total	6477	6477	-	228 (3,52%)	19	0.29
		(1.079,50 ± 544,09)	(1.079,50 ± 544,09)	-	(38,00 ± 28,41)	(3,17 ± 2,64)	

* O nível do ataque de larvas foi avaliado apenas em flores selecionadas para autopolinização induzida e xenogamia;

** Avaliação realizada 12, 15, 10, 10, 6, e 11 dias após o final da floração respectivamente para P1, P2, P3, P4, P5 (2002), e P5 (2003);

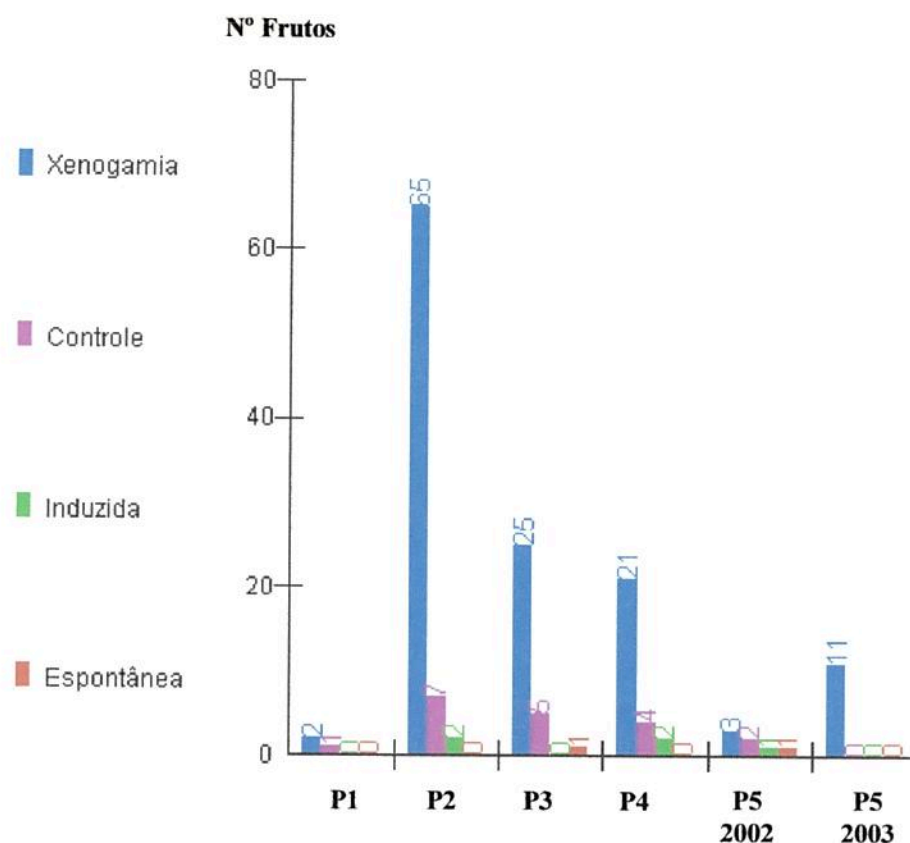


Figura 8 - Frutificação de *D. odorata* nas cinco plantas analisadas em área plantada (Embrapa Amazônia Oriental - PA) e em área natural (Floresta Nacional do Tapajós - PA), entre os anos de 2002 e 2003.

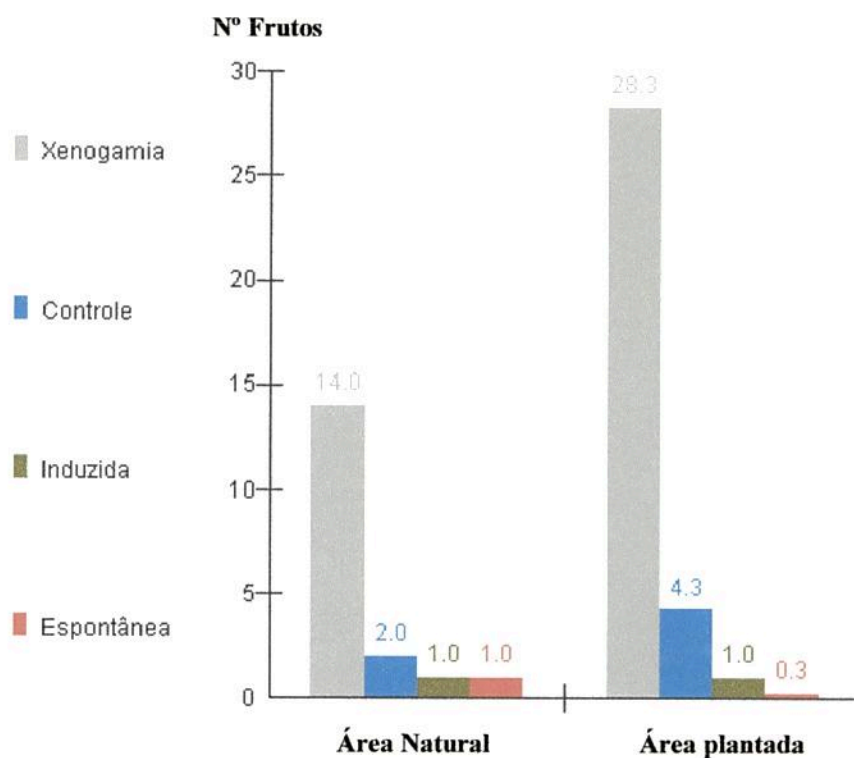


Figura 9 - Resultado comparativo da frutificação de *D. odorata* nas duas áreas estudadas (Embrapa Amazônia Oriental e Floresta Nacional do Tapajós, PA).

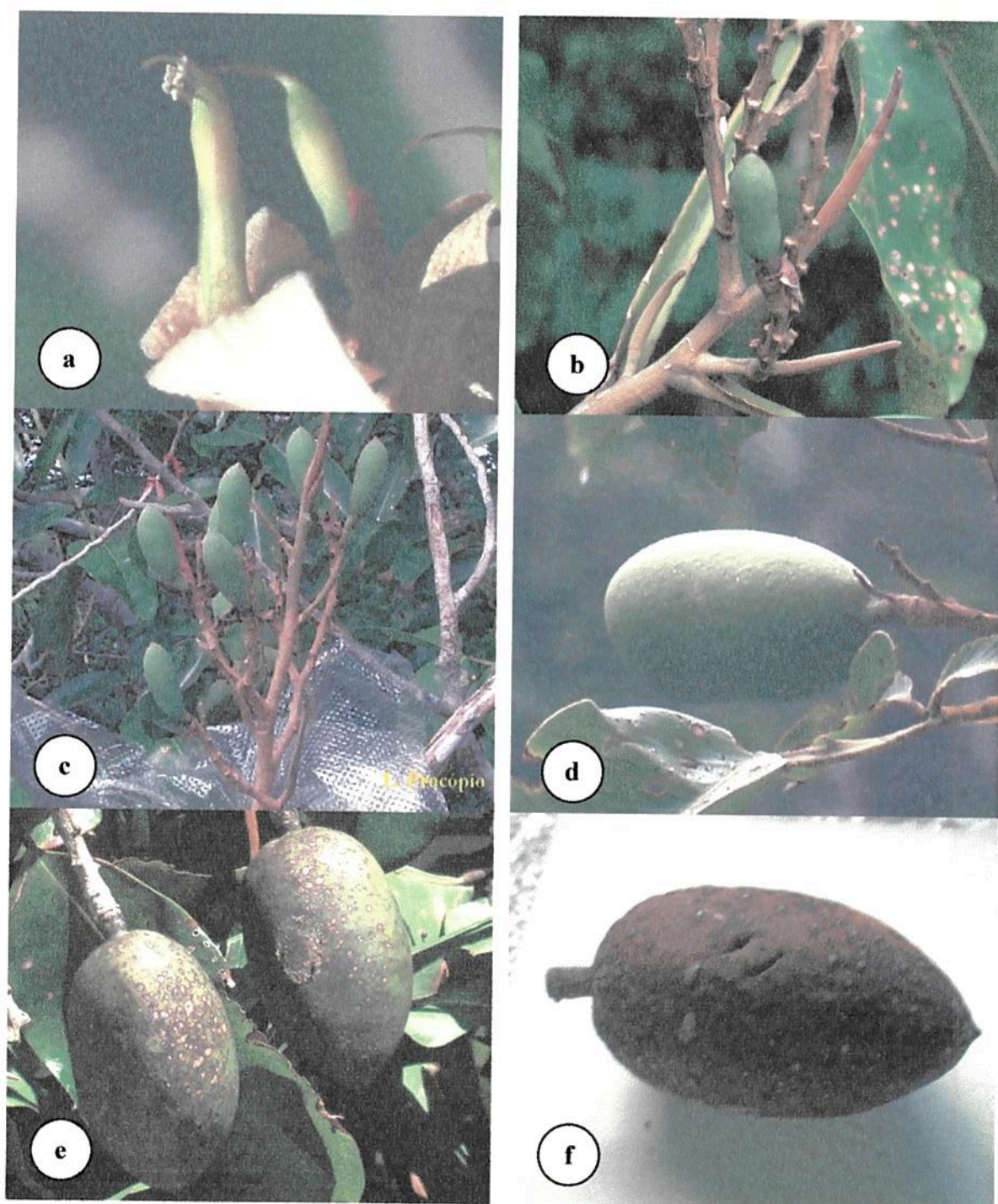


Figura 10 - Frutos de *D. odorata*: a) Cinco dias após a fecundação; b) Um mês após a fecundação; c) Três meses após a fecundação; d) Quatro meses após a fecundação; e) Nove meses após a fecundação e f) Fruto maduro após disseminação.

Segundo Bawa *et al.* (1990)¹, citado por Freitas e Oliveira (2002), as árvores de florestas tropicais, devido ao grande porte, diversidade na morfologia das flores e nos sistemas reprodutivos, apresentam dificuldades para realização das polinizações manuais. Outro problema que ocorre nestas espécies e que dificulta o trabalho é a grande perda de flores. As razões para essa perda ainda não são muito bem explicadas, mas incluem aborto das flores não polinizadas ou seleção das flores autopolinizadas e de polinização cruzada.

Estudos sobre os mecanismos de incompatibilidade em plantas tropicais têm demonstrado um crescente número de espécies apresentando sistema de incompatibilidade tardia em relação àquelas com sistemas convencionais de auto-incompatibilidade (Gibbs *et al.*, 1999). A auto-incompatibilidade (AI) é a incapacidade de uma planta fértil formar sementes quando fertilizada por seu próprio pólen, e tem sido um assunto de grande interesse para geneticistas e melhoristas de plantas. É um mecanismo fisiológico, com base genética, que promove a alogamia. Como barreira reprodutiva, a pré-fertilização é um dos menos dispendiosos mecanismos que impedem a autofecundação, considerando a alocação de recursos maternos (Schifino-Wittmann e Dall'Agnol, 2002).

Segundo Pires-O'Brien e O'Brien (1995), uma das descobertas mais relevantes nos últimos 30 anos é a ocorrência de auto-infertilidade na maioria das árvores da floresta tropical. Auto-esterilidade ou auto-incompatibilidade, com mecanismos clássicos ou não, é amplamente distribuída entre as espécies arbóreas tropicais, que são predominantemente xenógamas obrigatórias (Bawa, 1974; Gibbs e Bianchi, 1999).

Vários trabalhos com espécies tropicais tem relatado essa grande perda de frutos autopolinizados, ocorrendo nas primeiras semanas após o início do desenvolvimento dos frutos, e.g. *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record & Mell Fabaceae (Perry e Starrett, 1980), *Dalbergia miscolobium* Benth. Leguminosae- Papilionoideae (Gibbs e Sasaki, 1998), *Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae (Freitas e Oliveira, 2002), *Casearia grandiflora* Camb. Flacourtiaceae (Machado e Oliveira, 2000). O desenvolvimento irregular de frutos sugere que esta auto-esterilidade possa estar associada à depressão endogâmica e não a mecanismos de incompatibilidade bem definidos (Gibbs *et al.*, 1999).

¹ BAWA, K.S.; ASHTON, P.S.; SALEN, M.N. 1990. Reproductive ecology of tropical forest plants: management issues. In Reproductive ecology of tropical forest plants (K.S. Bawa & M. Hadley, eds.) Unesco, Paris, p. 3-13

Freitas e Oliveira (2002), estudando o sistema reprodutivo e a frutificação em *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae), relataram também que esta espécie forma frutos preferencialmente através de polinizações cruzadas, com o índice de auto-incompatibilidade (ISI) de 0,09, indicando ser esta uma espécie fortemente auto-estéril. A taxa de formação de frutos em condições naturais (controle) foi de 0,5%, sendo menor que a taxa de polinização cruzada manual (1,5%) e a eficácia reprodutiva foi de 0,35.

Barros (2001) realizou testes de polinização em duas espécies da família Bignoniaceae, em *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. a taxa de formação de frutos oriundos de polinização natural foi de 12,3%, sendo mais baixa que os de polinização cruzada artificial (21,8%). Porém, em *T. aurea* (Manso) Benth. & Hook. a taxa de formação de frutos da polinização natural foi maior (17,2%) que os de polinização cruzada (15,5%).

🐛 *Ataque de Larvas*

Neste estudo, foram encontradas larvas dentro das flores (Figura 11) nas duas áreas estudadas, que impediram o desenvolvimento das flores e conseqüentemente a formação de frutos. Das larvas coletadas, eclodiram coleópteros da família Brentidae, subfamília Apioninae, *Apion* sp. (Figura 11 e Anexo 37). O nível do ataque de larvas nas flores analisadas, em área plantada, apresentou os seguintes resultados: P1, P2, P3, e P4 com 48,15%, 25,28%, 18,74% e 21,08% ($28,31 \pm 13,50$; $n = 1500$) de flores com larvas, respectivamente. Em área natural foi analisada apenas uma árvore (P5) que em 2002 não apresentou ataque de larvas, porém, em 2003 apresentou 9,54% de flores com larvas deste mesmo coleóptero.

A Figura 12 mostra flores com e sem larvas para as cinco árvores estudadas. Comparando-se os dados do ataque de larvas nas duas áreas estudadas, em área plantada, a quantidade de flores com larvas foi bem maior do que em área natural (Figura 13). A análise dos resultados pelo teste do Qui-quadrado, mostrou diferenças altamente significativas entre o número de flores atacadas com larvas e flores sadias ($p < 0,000$).

Em estudos realizados por Maués *et al.* (1999a) foi relatado que no mês de novembro de 1998, verificou-se um elevado nível de ataque de larvas de insetos nos botões florais da espécie. Estas larvas foram levadas para o laboratório para análise e verificou-se que

eclodiram adultos de moscas da família Cecidomyiidae. A maior parte dos cecidomídeos são pragas importantes, encontrados formando galhas em diversas plantas no mundo todo, entretanto, algumas espécies são pragas de botões florais e frutos verdes (informação pessoal do Dr. Guy Couturier²). O nível de ataque comprometeu severamente a reprodução, pois a estrutura interna dos botões florais foi destruída pelas larvas, implicando na abertura de flores com anomalias ou impedindo a abertura do botão. Em uma avaliação geral, observou-se que o ataque de moscas atingiu até 90% dos botões florais das árvores em estudo naquele período.

Spironello *et al.* (2003) encontraram um alto nível de aborto nos frutos de *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae), grande parte desses frutos foram atacados por larvas de insetos (38,5-86,5%, n=3.730 frutos, oito árvores). Três espécies de insetos foram identificadas atacando estes frutos: coleóptero não identificado da família Curculionidae, que atacaram os frutos durante a fase intermediária de desenvolvimento; coleóptero do gênero *Heilipus* sp. (75% dos frutos atacados); e lepidóptero não identificado (20%) que atacaram os frutos entre a fase final de desenvolvimento, maturação e pós-queda.

² Pesquisador visitante pertencente ao convênio Embrapa Amazônia Oriental / IRD (Ex:ORSTOM), Antenne IRD, MNHN 45 Rue Buffon 75005, Paris, França.

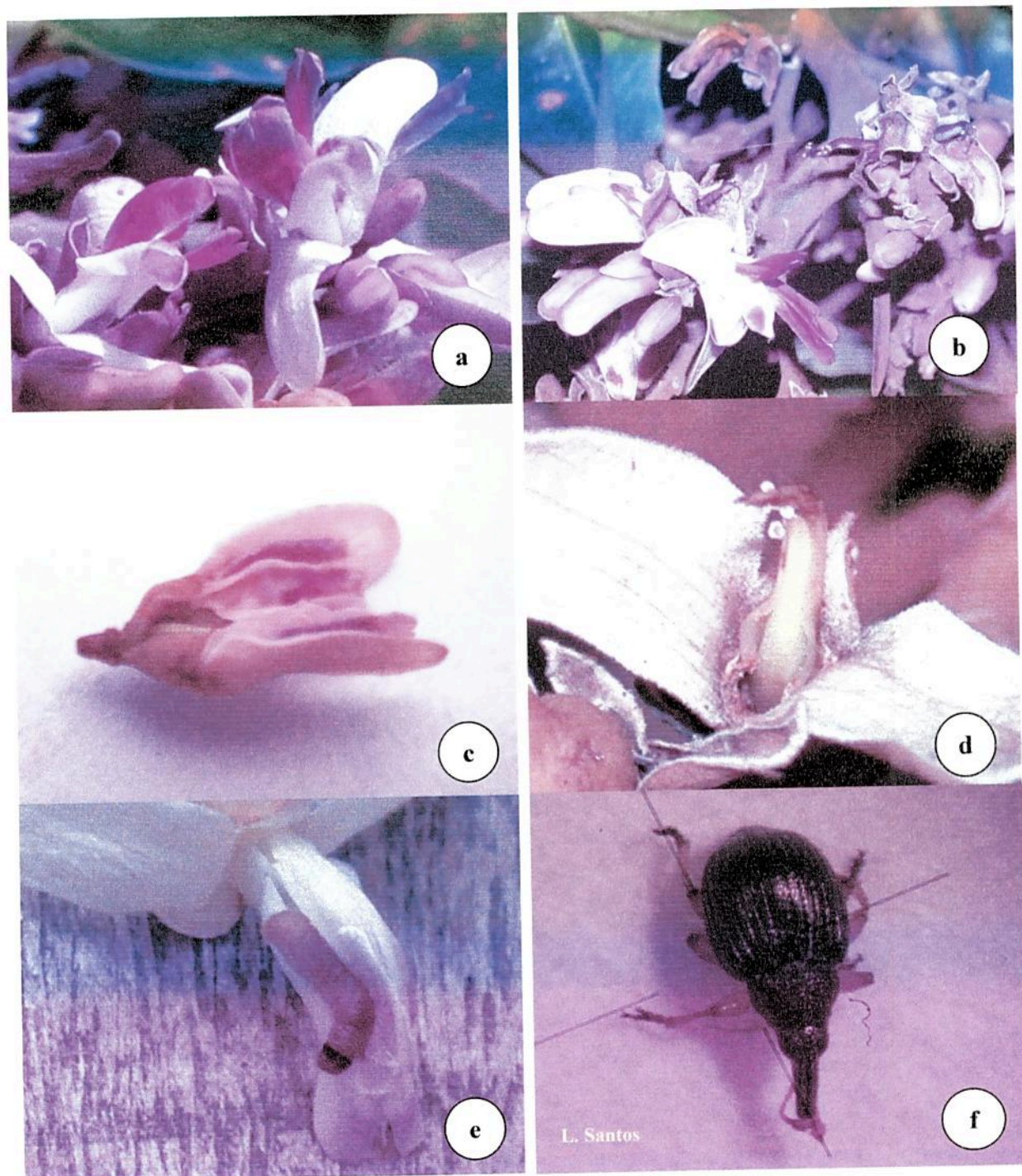


Figura 11 - a) Aspecto da inflorescência sadia; b) Aspecto da inflorescência com ataque de larvas; c) d) e) Flores com larvas; f) Coleóptero da família Brenthididae, subfamília Apioninae, *Apion* sp.

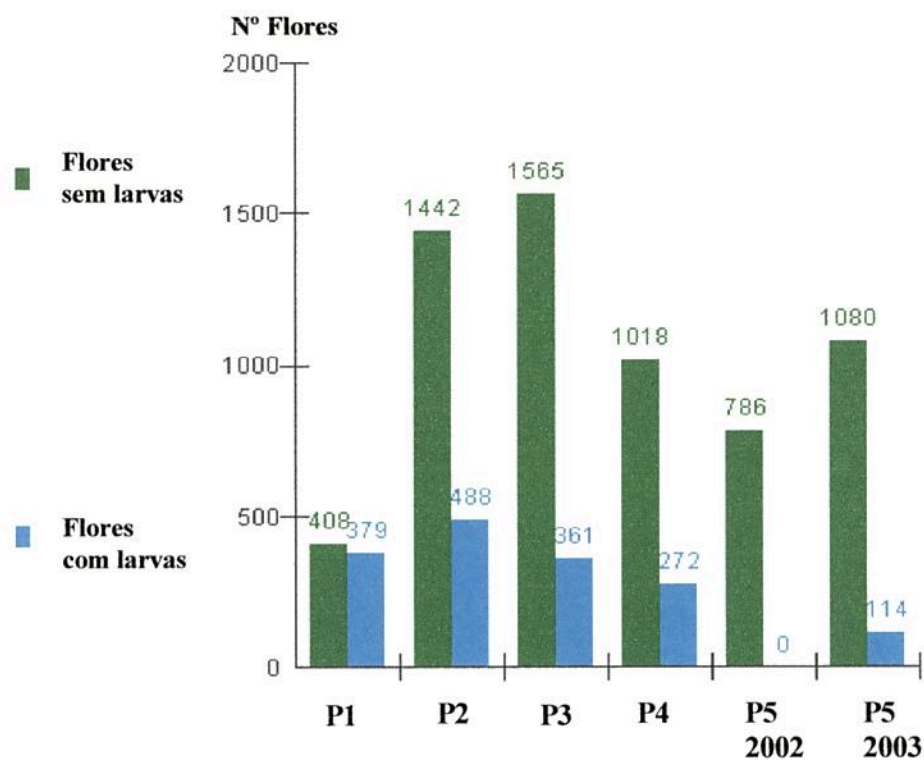


Figura 12 - Quantidade de flores de *D. odorata* com e sem larvas nas árvores estudadas em Belém (P1, P2, P3 e P4) e na Floresta Nacional do Tapajós (P5).

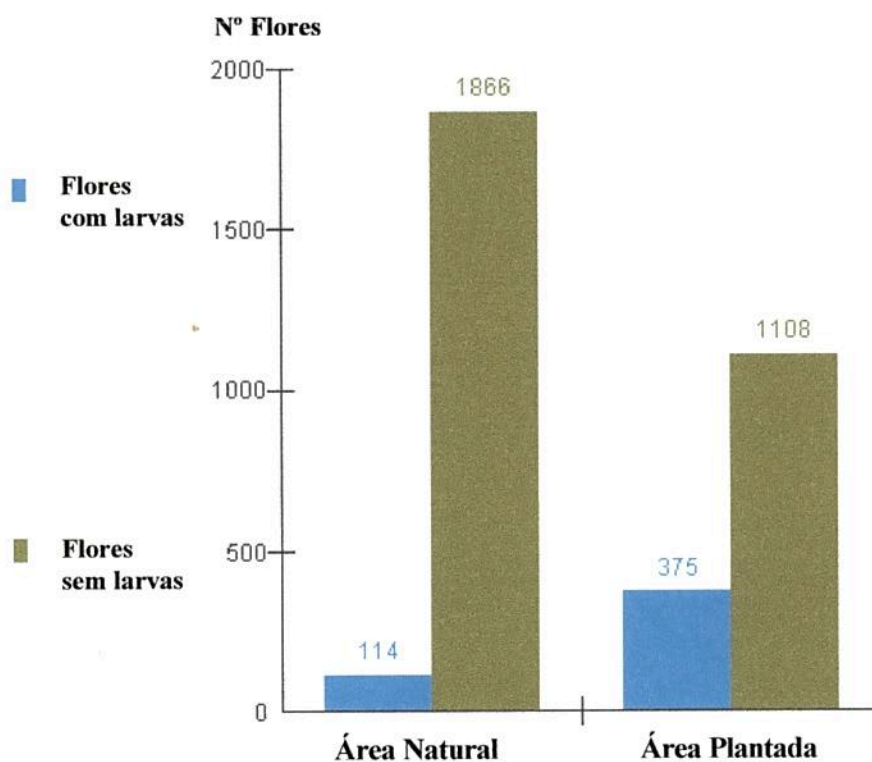


Figura 13 - Quantidade de flores de *D. odorata* com e sem larvas nas duas áreas estudadas (Floresta Nacional do Tapajós e Belém, estado do Pará).

➤ Germinação e Crescimento do Tubo Polínico

Em *D. odorata*, os grãos de pólen oriundos de flores da autopolinização espontânea não germinaram. Os grãos de pólen dos pistilos coletados das flores da polinização aberta no campo (controle) germinaram apenas em 72h (Figura 14a e 14b). As análises realizadas com os pistilos da autopolinização induzida, coletados com 24 e 48h, indicam que o pólen não germina dentro deste período, também germinam apenas em 72h, aceitando a autopolinização induzida, com uma germinação bastante lenta, confirmando juntamente com os resultados de frutificação que nesta espécie ocorre o fenômeno de auto-incompatibilidade tardia (Figura 14c e 14d). Apenas os grãos de pólen dos pistilos da polinização cruzada germinaram a partir de 48h (Figura 14e e 14f). A microscopia de fluorescência mostrou diferenças na germinação do pólen nos pistilos oriundos dos diferentes tratamentos e período coletado.

Estudos recentes têm revelado, com frequência, a ocorrência do sistema de auto-incompatibilidade tardia (LSI) em diversas espécies, tais como: *Castanea mollissima* Blume (Fagaceae); *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae); *Asclepias syriaca* L. (Asclepiadaceae); *Liquidambar styraciflua* L. (Hamamelidaceae); *Gasteria verrucosa* (Mill.) Haw. (Liliaceae); *Epilobium obcordatum* A. Gray (Onagraceae); *Anchusa officinalis* L. e *Borago officinalis* L. (Boraginaceae); *Capparis pittieri* Standl. (Capparidaceae); *Acacia retinodes* Schltdl. (Leguminosae); *Narcissus tazetta* L. (Liliaceae); *Warszewiczia coccinea* (Vahl) Klotzsch (Rubiaceae); *Pseudowintera colorata* (Raoul) Dandy (Winteraceae); e cinco espécies da família Leguminosae (Papilionoideae): *Dalbergia retusa* Hemsl., *Dipteryx panamensis* (Pittier) Record e Mell, *Lotus corniculatus* L., *Medicago sativa* L., e *Myrospermum frutescens* Jacq. Onde, em uma fase inicial, não há diferença no desenvolvimento do tubo polínico entre a polinização cruzada e a autopolinização induzida, ocorrendo uma pré-fertilização e posterior inibição do óvulo nos pistilos autopolinizados (Seavey e Bawa, 1986).

As barreiras de incompatibilidade na pré-fertilização resultam do retardamento ou inibição do crescimento do tubo polínico e da falta de germinação do grão de pólen. Para Bawa (1974), a prevalência de sistemas de auto-incompatibilidade, na maioria de espécies, indica que as barreiras para autofertilização são genéticas e não morfológicas.

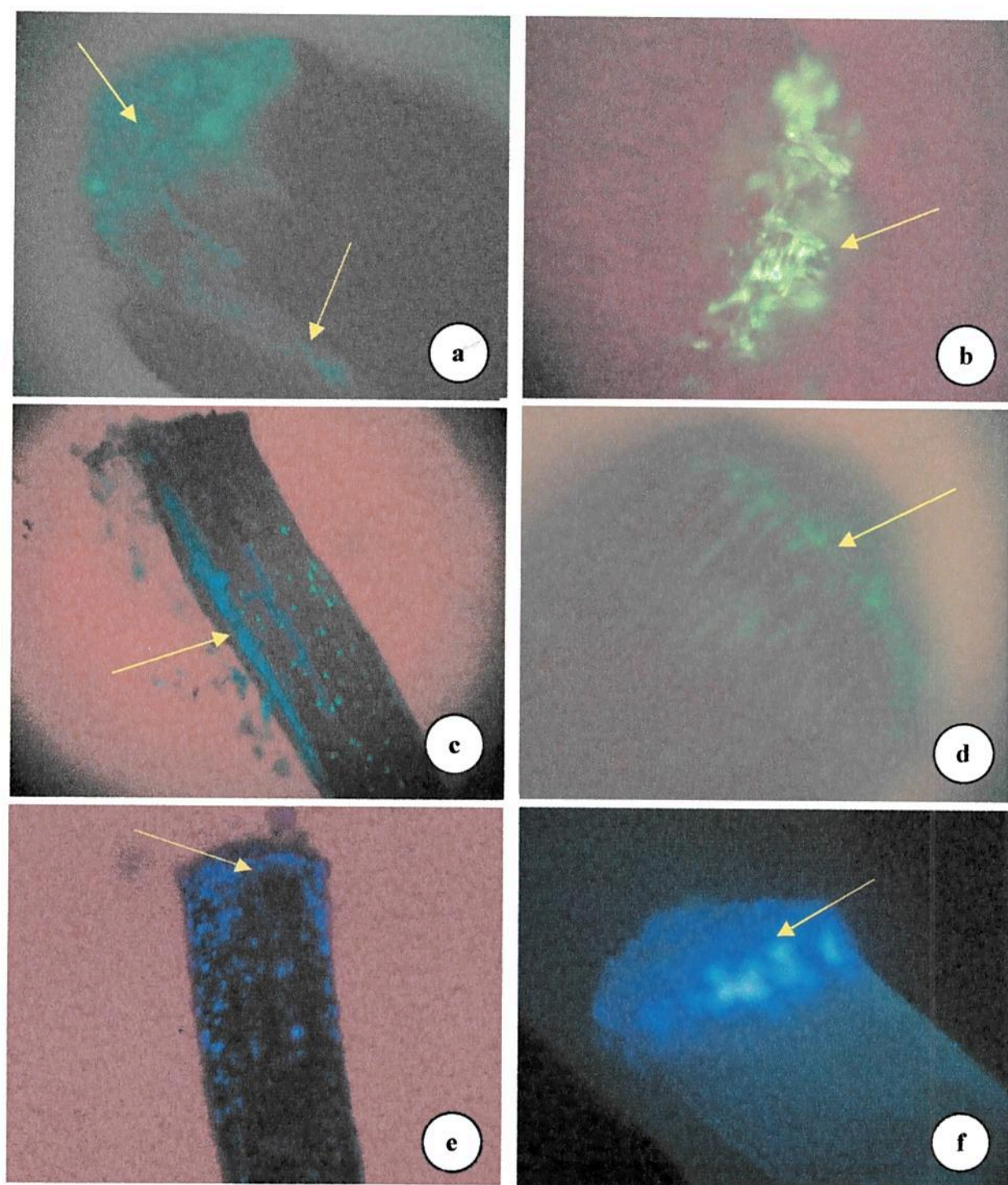


Figura 14 - a) e b) Germinação dos grãos de pólen nos pistilos oriundos do Controle com 72h 40x; c) Autopolinização induzida com 72h mostrando o crescimento do tubo polínico; d) Autopolinização induzida com 72h com grãos de pólen germinados (40x); e) Xenogamia com 48 com grãos de pólen germinados (40x); f) Xenogamia com 72h mostrando a germinação do pólen (40x).

Gibbs (1990) listou diversas espécies neotropicais que apresentam o fenômeno da auto-incompatibilidade, dentre elas algumas leguminosas, tais como: *Acacia micrantha* Desv., *Calliandra laxa* (Willd.) Benth., *Inga brenesii* Standl., *Inga densiflora* Benth., *Inga mertoniana* Jorge Leon, *Inga punctata* Willd., *Inga quaternata* Poepp., *Lysiloma microphylla* Benth., *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze, *Piptadenia obliqua* (Pers.) J.F. Macbr., todas da subfamília Mimosoideae. Algumas espécies da subfamília Caesalpinioideae: *Bauhinia unguolata* L., *Caesalpinia sclerocarpa* Standl., *Hymenaea courbaril* L., *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. E outras leguminosas da subfamília Papilionoideae: *Andira inermis* (W. Wright) Kunth ex DC.; *Canavalia rosea* (Sw.) DC.; *Centrosema pubescens* Benth.; *Clitoria cajanifolia* (C. Presl) Benth., *Lonchocarpus costaricensis* (Donn. Sm.) Pittier, *Pterocarpus rohrii* Vahl, *Swartzia simplex* (Sw.) Spreng.

A presença de tubos polínicos e de óvulos fertilizados nos testes de microscopia de fluorescência indica que não existe um sistema de auto-incompatibilidade clássico que impeça a germinação dos grãos de pólen, crescimento de tubos polínicos, ou mesmo a penetração dos óvulos. O que parece ocorrer, é um fenômeno de auto-esterilidade (ou auto-incompatibilidade tardia) que impede o desenvolvimento e maturação dos frutos formados por auto polinização, estes mecanismos são muito comuns em árvores tropicais (Seavey & Bawa 1986).

As observações sobre a germinação do pólen e crescimento do tubo polínico em *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir (Solanaceae), indicaram que ocorreu uma reação de auto-incompatibilidade no estilete. Nas flores autopolinizadas, 24 horas após a polinização, o pólen germinou e o tubo polínico desenvolveu-se até atingir o terço inferior do estilete, onde cessou seu crescimento e foram visualizados espessamentos de calose. Nas flores que foram submetidas à polinização cruzada, após o mesmo período de tempo, os tubos polínicos já haviam atingido o ovário e os óvulos (Stehmann e Semir, 2001).

Freitas e Oliveira (2002), estudando *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae), relataram que os tubos polínicos nos pistilos submetidos à polinização cruzada e autopolinização manual, apresentam comportamento semelhante. Após 24 horas foram observados tubos polínicos crescendo até o ovário em todos os tratamentos. No ovário foi observada a penetração no óvulo a partir de 24 horas em flores oriundas de polinização cruzada, autopolinização manual e controle. Para 72 horas, parecia haver um número significativamente maior de pistilos de polinização cruzada, com tubos polínicos crescendo no

estilete e no ovário, sugerindo que a eficiência no crescimento dos tubos polínicos pode ser diferente entre os tratamentos.

Em *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. e *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae), a microscopia de fluorescência não mostrou nenhuma diferença no crescimento do tubo polínico entre pistilos oriundos de polinização cruzada e autopolinização, foi observado o pólen penetrando nos óvulos, sugerindo a auto-incompatibilidade de ação tardia (Barros, 2001). Vários autores relatam a ocorrência deste fenômeno LSI (auto-incompatibilidade tardia) em diversas angiospermas, tais como: *Dolichandra cynanchoides* Cham. e *Tabebuia nodosa* (Grisenb.) Grisenb. (Bignoniaceae) (Gibbs e Bianchi, 1999); *Hymenaea stigonocarpa* Mart. (Leguminosae-Caesalpinioideae) (Gibbs *et al.*, 1999); *Vochysia elliptica* Mart., *V. pumila* Pohl., *V. pyramidalis* (Spr.), *V. rufa* Mart., *V. tucanorum* (Spr.), e *V. thyrsoidea* Pohl. (Vochysiaceae) (Oliveira e Gibbs, 1994).

5. CONCLUSÕES

- ↪ As flores de *D. odorata* são visitadas por diversos insetos, como abelhas, vespas, moscas, besouros, mariposas, borboletas e beija flores. Porém, as características morfológicas da flor apresentam atributos que as enquadram na síndrome de melitofilia;
- ↪ A floração é assincrônica e do tipo cornucópia, durando em média três a quatro semanas, tendo ocorrido entre os meses de setembro a dezembro. A frutificação ocorreu de outubro a julho e a disseminação entre os meses de maio a julho;
- ↪ A relação P/O sugere o sistema de reprodução xenogâmico obrigatório. Este resultado foi confirmado através dos testes de polinização controlada;
- ↪ *D.odorata* é uma espécie auto-estéril, pois com os resultados dos testes de polinização nas duas áreas estudadas, o Índice de Auto-Incompatibilidade (ISI) foi de 0,03. A eficácia da polinização natural (controle), através do Índice de Eficácia Reprodutiva (RE) foi de 0,14;
- ↪ As larvas de Coleópteros encontradas nos botões florais e flores causaram sérios danos na formação das flores e, conseqüentemente, na formação de frutos. Em área natural, o nível de ataque de larvas é bem menor do que em áreas plantadas, no que se refere à espécie estudada;
- ↪ Há diferenças na germinação do pólen nas flores oriundas dos diferentes tratamentos e períodos de coleta, o que foi demonstrado através da microscopia de fluorescência. *D. odorata* apresenta o fenômeno de Auto-Incompatibilidade Tardia;
- ↪ A redução na produção de frutos maduros em relação aos frutos iniciados pode estar sendo regulada pela ocorrência de aborto, disponibilidade e serviço dos polinizadores, e os danos causados pelo ataque de larvas nas flores. Contribuindo para a redução do número de frutos formados e a conseqüente regeneração natural desta espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, José Maria de. **Identificação e germinação de sementes amazônicas**. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, p.84-85, 1993.

ALENCAR, Jurandir da Cruz. Fenologia de espécies arbóreas tropicais da Amazônia Central . In: GASCON, Claude e MOUTINHO, Paulo. **Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo**. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Manaus, 1998.

ALENCAR, Jurandir da Cruz; ALMEIDA, Raimundo Aniceto de; FERNANDES, Noeli Paulo. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. **Acta Amazônica** 9(1): 163-198, 1979.

ANDRADE, Eloísa Helena A.; ZOGHBI, Maria das Graças B.; CARREIRA, Léa Maria M. Volatile constituents of the flowers of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. **J. Essent. Oil Res.** 15: 211-212, 2003.

AYRES, Manuel; AYRES Jr, Manuel; AYRES, Daniel Lima; SANTOS, Alex Santos dos. **BioEstat** Versão 3.0. Sociedade Civil Mamirauá / MCT-CNPq. 290p. 2003.

BARRET, S. C.; ECKERT, C. G. Variation and evolution of mating systems in seeds plants. In: Kawano, S. (Ed.) **Biological and evolutionary trends in plants**. Academic. New York, p. 229-254, 1990.

BARROS, Mariluz Granja. Pollination ecology of *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. and *T. ochracea* (Cham.) Standl. (Bignoniaceae) in Central Brazil cerrado vegetation. **Revista Brasileira de Botânica** 24(3): 255-261, 2001.

BAWA, Kamaljit S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community **Evolution** 28: 85-92, 1974.

BAWA, Kamaljit S. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. **New Zeal. J. Bot.** 17: 521-524, 1979.

BAWA, Kamaljit S.; BEACH, J. H. Evolution of sexual systems in flowering plants. **Ann. Missouri Botanical Garden** 68: 254-274, 1981.

BAWA, Kamaljit S.; OPLER, P. A. Dioecism in tropical trees. **Evolution** 29: 167-179, 1977.

BEZERRA, José Augusto. Tradição - Perfume que vem da mata. Disponível em: <http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/185/rep_tradicao.htm>. Acessado em: 26 nov. 2001.

BEZERRA, Elisangela Lúcia de S.; MACHADO, Isabel Cristina. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescentes de Mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica** 17(2): 247-257, 2003.

BULHÃO, Clarissa F.; FIGUEIREDO, Paulo S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica** 25(3): 361-369, 2002.

BULLOCK, Stephen H. Breeding Systems in the Flora of a Tropical Deciduous Forest in México. **Biotropica** 17(4): 287-301, 1985.

CARVALHO, João Olegário Pereira. **Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós**. In: A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID/ SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, p.278-290, 2001.

CARVALHO, João Olegário Pereira de. **Fenologia de cinco espécies arbóreas de interesse econômico na Floresta Nacional do Tapajós**. Comunicado técnico, nº102, p.1-2, fevereiro/1999.

CARVALHO, João Olegário Pereira de; CARVALHO, Manoel Sebastião Pereira de; BAIMA, Anadilza Maria Valente; MIRANDA, Ivana Lobato; SOARES, Márcio Holfmann Mota. **Silvicultura de cinco espécies arbóreas da Amazônia: Indicações de usos de seus produtos madeireiros e não madeireiros**. Comunicado técnico, nº90, p.1-3, dezembro/1998.

COSTA, Dulce Helena Martins; CARVALHO, João Olegário Pereira de; SILVA, José Natalino Macedo. Dinâmica da composição florística após a colheita de madeira em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós (PA). **Revista de Ciências Agrárias** 38: 67-90, jul./dez. 2002.

CRESTANA, Cybele de Souza Machado; KAGEYAMA, Paulo Yoshio. Biologia de polinização de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae), o óleo-de-copaíba. **Revista Instituto Florestal** 1(1): 201-214, 1989.

CRONQUIST, Arthur. **An Integrated system of classification of flowering plants**. The New York Botanical Garden. Columbia University Press. New York, 1262p. 1981.

CRUDEN, Robert Willian. Pollen grains: why so many? **Plant Syst Evol.** 222: 143-165, 2000.

CRUDEN, Robert Willian. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution** 31: 32-46, 1977.

DAFNI, Amots. **Field methods in pollination ecology**. Institute of Evolution, University of Haifa, Israel. February, 103p.(Chaper 3), 2001.

DAFNI, Amots. **Pollination ecology: a practical approach**. Oxford: IRL, 250p., 1992.

DENDROGENE, Conservação Genética em Florestas Manejadas na Amazônia. Disponível em: < <http://www.cpatu.embrapa.br/dendro/ecogene.htm> >, Acessado em: 25 jun. 2002.

DUCKE, Adolfo. **O Cumarú na botânica sistemática e geográfica**. Ministério da Agricultura – Serviço Florestal. Serviço de Publicidade Agrícola. Rio de Janeiro, p.3-6, 1939.

DUCKE, Adolfo. **Notas sobre a flora neotropica – II**. Belém: IAN, Boletim Técnico, nº18 239p. 1942.

ENDRESS, Peter K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Institute of Systematic Botany, University of Zurich. Cambridge Tropical Biology Series, 551p.(Chaper 5), 1994.

FAEGRI, Knut.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3ªed. Oxford. Pergamon Press, 244p. 1979.

FOREX cemex. Disponível em:< <http://www.forex-cemex.com.br/cumaru.htm>>. Acessado em: 26 nov. 2001.

FRANKEL, R.; GALUN, E. **Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding**. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg e New York, 283p. 1977.

FREEDOM. O Poder do aroma. Disponível em: <http://www.freedom.inf.br/revista/HC23/destsazo_holsehold_poderaroma.asp>. Acessado em: 08 mar. 2004

FREITAS, Cristiane V.; OLIVEIRA, Paulo E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica** 25(3): 311-321, 2002.

GALLO, Domingos; NAKANO, Octavio; SILVEIRA NETO, Sinval; CARVALHO, Ricardo P. L.; BATISTA, Gilberto C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. **Manual de Entomologia Agrícola**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 649p, 1988.

GENTRY, Alwyn H. Flowering Phenology and Diversity in Tropical Bignoniaceae. **Biotropica** 6(1): 64-68, 1974.

GIBBS, Peter E. Self-incompatibility in flowering plants: a neotropical perspective. **Revista Brasileira de Botânica** 13: 125-136, 1990.

GIBBS, Peter E.; BIANCHI, Marta B. Does late-acting self-incompatibility (LSI) show family clustering? Two more species of Bignoniaceae with LSI: *Dolichandra cynanchoides* and *Tabebuia nodosa*. **Annals of Botany** 84: 449-457, 1999.

GIBBS, Peter E.; OLIVEIRA, Paulo E.; BIANCHI, Marta B. Postzygotic control of selfing in *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), a bat-pollinated tree of the Brazilian Cerrados. **International Journal of Plant Science** 160(1): 72-78, 1999.

GIBBS, Peter E.; SASSAKI, Regina. Reproductive biology of *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae - Papilionoideae) in SE Brazil: The effects of pistillate sorting on fruit-set. **Annals of Botany** 81: 735-740, 1998.

GRIBEL, Rogério; HAY, John D. Pollination ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil cerrado vegetation. **Journal of Tropical Ecology** 9: 199-211, 1993.

GRIBEL, Rogério; GIBBS, Peter E.; QUEIRÓZ, Aldenora L. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology** 15: 247-263, 1999.

GUIMARÃES, Elsie Franklin; MAUTONE, Luciano; RIZZINI, Carlos Toledo; MATOS FILHO, Armando de. **Árvores do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 198p., 1993.

GURGEL, Ely Simone Cajueiro; SILVA, Marlene Freitas da; CARREIRA, Léa Maria Medeiros. Morfologia do fruto, da semente e da plântula de *Calopogonium mucunoides* Desv.

e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (Leguminosae, Papilionoideae). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, sér. Bot. 18(1): 37-60, 2002.

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Madeiras de Tucuruí, Características e Utilização**. 1981.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA NA AMAZÔNIA Disponível em:< <http://mapara.inpa.gov.br/madeira/bra/search.idc> >. Acessado em: 26 nov. 2001.

JURGENS, Andreas; WITT, T.; GOTTSBERGER, G. Pollen grain numbers, ovule numbers and pollen-ovule ratios in Caryophylloideae: correlation with breeding system, pollination, life form, style number, and sexual system. **Sex Plant Reprod.** 14: 279-289, 2002.

KAGEYAMA, Paulo Yoshio. Conservação “in situ” de recursos genéticos de plantas. **IPEF** 35: 7-37, 1987.

KAGEYAMA, Paulo Yoshio.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Fatores que afetam a produção de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FLIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p.19-46, 1993.

KANASHIRO, Milton; THOMPSON, Ian S.; YARED, Jorge A. G.; LOVELESS, Marilyn D.; COVENTRY, Peter; MARTINS-DA-SILVA, Regina C. V.; DEGEN, Bernd & AMARAL, Weber. Improving conservation values of managed forest: The Dendrogene Project in the Brazilian Amazon. **Unasyuva** 53: 25-33, 2002.

KOPPEN, W. **Die klimate der Erde**. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1923.

LEÃO, Noemi Viana Martins; CARVALHO, João Olegário Pereira. **Fenologia reprodutiva de 25 espécies arbóreas da Amazônia**. In: A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID/ SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, p.117-128, 2001.

LOUREIRO, Arthur A.; SILVA, Marlene F. da; ALENCAR, Jurandir da Cruz. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. v.1, 245p., (p.138-141), 1979.

MACHADO, Adriana de Oliveira; OLIVEIRA, Paulo Eugênio A.M. de. Biologia floral e reprodutiva de *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae). **Revista Brasileira de Botânica** 23(3): 283-290, 2000.

MARTIN, Franklin W. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. **Stain Technology** 34: 125-128, 1959.

MAUÉS, Márcia Motta; SANTOS, Luiz Fernando Couto dos. Biologia floral de Parapará (*Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don Bignoniaceae) In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.20-24, (Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999.

MAUÉS, Márcia Motta; MCQUEEN, Duncan; SANTOS, Luiz Fernando Couto dos. Biologia da polinização do Cumaru (*Dipteryx odorata*, Leguminosae), essência florestal nativa da Amazônia. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.116-120,(Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999a.

MAUÉS, Márcia Motta; SANTOS, Luiz Fernando Couto dos; MCQUEEN, Duncan; MARTINS-DA-SILVA, Regina Célia Viana. Biologia da polinização do Acapu (*Vouacapoua americana* Aubl. Leguminosae) uma essência florestal amazônica. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.15-19, (Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999b.

MAUÉS, Márcia Motta; MCQUEEN, Duncan; SANTOS, Luiz Fernando Couto dos; MARTINS-DA-SILVA, Regina Célia Viana. Biologia floral de Anani (*Symphonia*

globulifera L. Clusiaceae) In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.31-35, (Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999c.

MIRANDA, Ivana Lobato; CARVALHO, João Olegário Pereira de. **Germinação e comportamento das espécies *Bagassa guianensis*, *Copaifera multijuga*, *Hymenaea courbaril*, *Dipteryx odorata* e *Tabebuia serratifolia*, em floresta plantada na Amazônia oriental brasileira**. Comunicado técnico, nº89, p.1-2, dezembro/1998.

MIRANDA, Ivana Lobato; CARVALHO, João Olegário Pereira de; FERREIRA, Maria do Socorro Gonçalves; OLIVEIRA, Lia Cunha de; VIEIRA, Ima Célia Guimarães; ALMEIDA, Wanderléia da Costa; SOARES, Márcio Hofmann Mota; COSTA, Dulce Helena Martins. **Principais espécies arbóreas de valor econômico em um floresta às margens do Lago Acapu, no município de Oriximiná, Pará**. Comunicado técnico, nº31, p.1-4, dezembro/2000.

MISSOURI Botanical Garden. Disponível em: < <http://www.mobot.org/w³tropicos>>. Acessado em: 15 jan. 2003.

OLIVEIRA, Paulo; GIBBS, Peter. Pollination biology and breeding systems of six *Vochysia* species (Vochysiaceae) in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** (10): 509-522, 1994.

PARROTA, John A; FRANCIS, Jonh K.; ALMEIDA, Rionaldo Rolo de. **Trees of the Tapajós**. a photographic field guide. Washington: USDA, 371p., 1995.

PERRY, Donald R.; STARRETT, Andrew. The pollination ecology and blooming strategy of a Neotropical emergent tree, *Dipteryx panamensis*. **Biotropica** 12(4): 307-313, 1980.

PIRATELLI, A J.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; GANDARA, F. B.; SANTOS, E. M. G.; COSTA, L. G. S. Biologia da polinização de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) ADC. (Caricaceae) em mata residual do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Biologia** 58(40): 671-679, 1998.

PIRES-O'BRIEN, Maria Joaquina Pires.; O'BRIEN, Carl Michael. **Ecologia e Modelamento de Florestas Tropicais**. FCAP. Belém, 400p. (capítulo 6), 1995.

PIVETTA, Marcos. **Encontros fugazes**. Ciência e Tecnologia no Brasil. Pesquisa Fapesp, nº90, p.36-39, 2003.

PRANCE, Ghilleen Tolmie. **The pollination of Amazonian plants**. In: Prance, G. T. & Lovejoy, T. E (eds). *Key Environments: Amazonian*. P. 166-191. New York, Pergamon Press. 1985.

PRANCE, Ghilleen Tolmie; SILVA, Marlene Freitas da. **Árvores de Manaus**. Manaus, INPA, p.172-174, 1975.

RADFORD, Albert E.; DICKISON, Willian C.; MASSEY, Jimmy R.; BELL, C. Ritchie. **Vascular plant sistematics**. New York: Herper & Row, 891p. (capítulo 12, 269-284), 1974.

RAIN-TREE Nutrition. Disponível em:< <http://www.rain-tree.com/cumaru.htm>>. Acessado em: 03 jul. 2002.

RAMIRES, Nelson; GIL, Célia; HOKCHE, Omaira; SERES, Alberto; BRITO, Ysaleny; Biologia floral do una comunidad arbustiva tropical en la Guayana Venezoelana. **Ann. Missouri Botanical Garden** 77(2): 383-397, 1990.

RODRIGUES, Roberto Martins. **A flora da Amazônia**. Belém: CEJUP, p. 80-81, 1989.

SCHIFINO-WITTMANN, Maria Tereza; DALL'AGNOL, Miguel. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, 32(6): 1083-1090, 2002.

SEAVEY, Steven R.; BAWA, Kamaljit S. Late-acting Self-Incompatibility in Angiosperms. **The Botanical Review** 52: 196-215, 1986.

SIMPSON, Beryl B.; NEFF, John L. Floral Rewards: alternatives to pollen and nectar. **Ann. Missouri Botanical Garden** 68: 301-322, 1981.

SOARES, Márcio Hofmann Mota; CARVALHO, João Olegário Pereira de. **Importância ecológica das espécies *Bagassa guianensis* (tatajuba), *Copaifera multijuga* (copaíba), *Dipteryx odorata* (cumaru), *Hymenaea courbaril* (jarobá) e *Tabebuia serratifolia* (ipe-amarelo) em floresta natural na Amazônia brasileira.** Comunicado técnico, nº87, p.1-3, dezembro/1998.

SOUZA, Milene Silva de & MAUÉS, Motta Maués. **Aspectos da biologia floral de Paraporá (*Jacaranda copaia* Aubl.), Cumaru (*Dipteryx odorata* Willd.) e Sucupira-do-Igapó (*Diplotropis martiusii* Benth.): morfologia floral e relação pólen/óvulo** . 51º Congresso Nacional de Botânica. Brasília-DF, Brasil, 2000.

SOUZA, Milene Silva de & MAUÉS, Motta Maués. **Biologia floral de cinco espécies madeireiras nativas da Amazônia, com ênfase na morfologia floral e relação pólen/óvulo.** 52º Congresso Nacional de Botânica – XXIV Reunião Nordestina de Botânica. João Pessoa -PB, Brasil, 2001.

SPINA, Andréa Pozetti; FERREIRA, Washington Marcondes; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas. **Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP).** **Acta Botanica Brasilica** 15(3): 349-368, 2001.

SPIRONELLO, Wilson R.; SAMPAIO, Paulo T. B.; VIEIRA, Gil; BARBOSA, Antenor P. **Ecologia reprodutiva do Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke, Lauraceae) em uma mata de terra firme na Amazônia Central.** Projeto Jacaranda - Fase 2: Pesquisas florestais na Amazônia central / organizadores, Niro Higuchi...(et al.) - Manaus: INPA, p: 69-87, 2003.

STEHMANN, João Renato; SEMIR, João. **Biologia reprodutiva de *Calibrachoa elegans* (Miers) Stehmann & Semir (Solanaceae).** **Revista Brasileira de Botânica** 24(1): 43-49, 2001.

SUDAM - Departamento de Recursos Naturais - Centro de Tecnologia da Madeira - **Pesquisas e Informações sobre espécies florestais da Amazônia**. Belém, p.42-44, 1979.

SUDAM - Departamento de Recursos Naturais – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Madeiras da Reserva Florestal de Curuá-Una estado do Pará: Caracterização anatômica, propriedades gerais e aplicações**. Belém, p.28-29, 1981.

UCHIDA, Toshihiro; CAMPOS, Moacir A. A. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de Cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd - Fabaceae), cultivadas em viveiro. **Acta Amazônica** 30(1): 107-114, 2000.

VASCONCELOS, Francisco José. **Madeiras tropicais de uso industrial do Maranhão: Características tecnológicas**. Manaus: INPA/UFMA, p.40, 2001.

VENTURIERI, Giorgio Cristino. A Ecologia Reprodutiva do Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* var. *paniculatum* Vogel) e do Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) Leg: Caesalpinioideae e a influência da melitofilia na polinização dessas árvores amazônicas. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia. São Paulo, 87p., 2000.

VENTURIERI, Giorgio Cristino. Reproductive ecology of *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke and *Sclerolobium paniculatum* Vogel (Leg: Caesalpinioideae) and its importance in forestry management projects. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.91-97, (Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999.

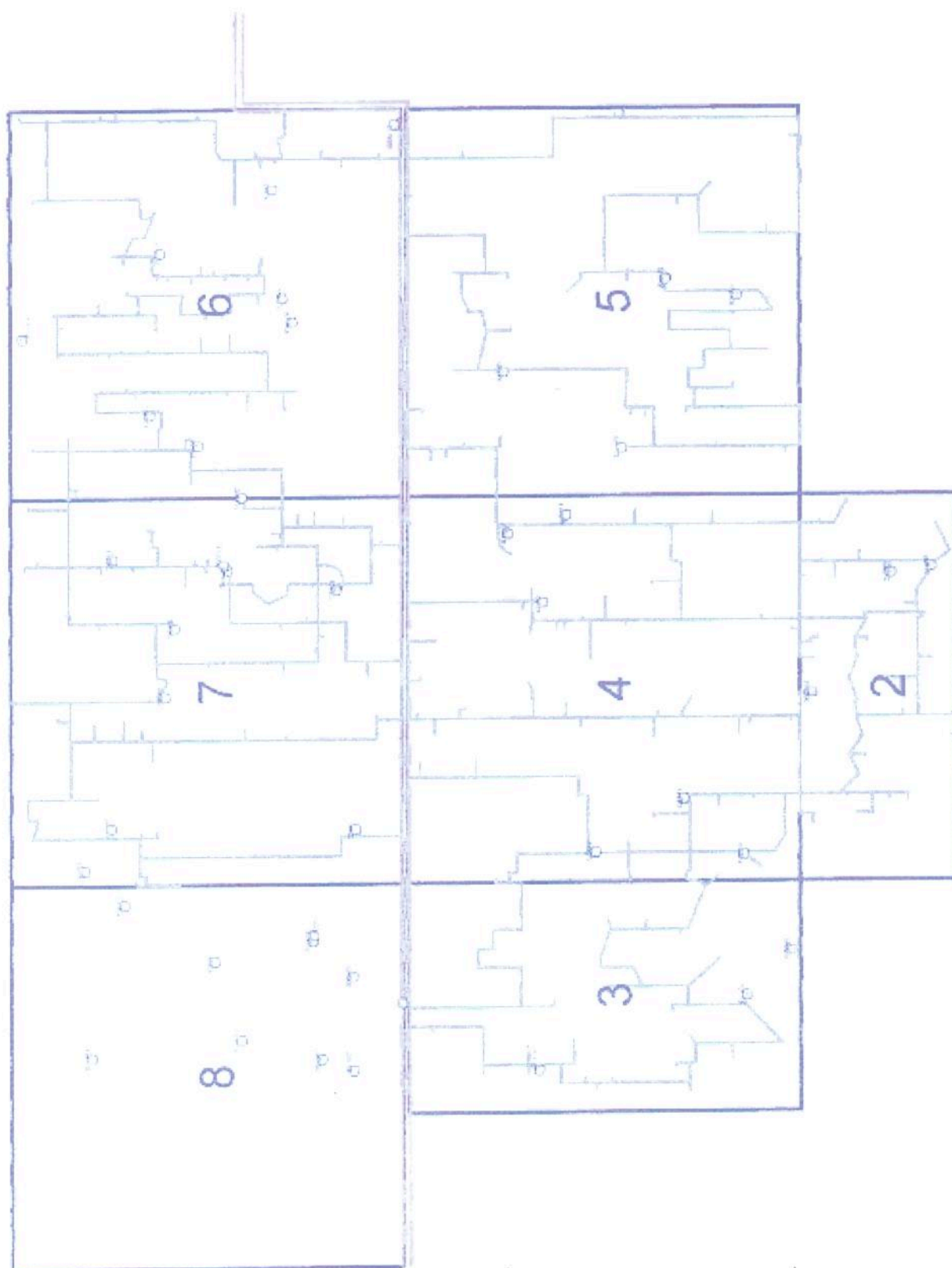
VENTURIERI, Giorgio Cristino.; BRIENZA JÚNIOR, Silvio; NEVES, Cleci de Brito. Ecologia reprodutiva do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* var. *paniculatum* Vogel) Leg: Caesalpinioideae. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: Embrapa-CPATU/DFID, p.83-90, (Embrapa-CPATU. Documentos, 123), 1999.

VIDAL, Waldomiro Nunes; VIDAL, Maria Rosária Rodrigues. **Taxonomia Vegetal**. Universidade federal de Viçosa. Viçosa / Minas Gerais, 89p. 1995.

VIEIRA, Ima Célia Guimarães; GALVÃO, Nancy; ROSA, Nelson de Araújo. Caracterização Morfológica de frutos e germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Botânica** 12(2): 271-288, 1996.

WYATT, R. Pollinator-plant interactions and the evolution of breeding systems, in **Pollination Biology** (ed. Real, L.) Florida: Academic Press, p.51-86, 1983.

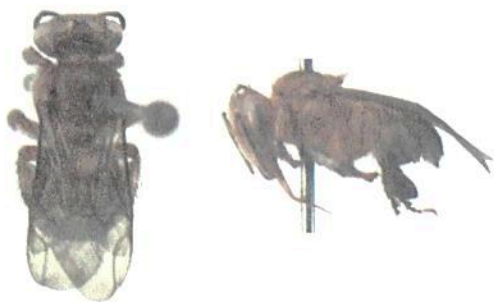
ZAPATA, T. Ruiz; ARROYO, Mary T. Kalin. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica** 10(3): 221-230, 1978.



Anexo 1 - Inventário florestal do *Dipteryx odorata* na área de estudo do Projeto *Dendrogene*, localizada em Belterra - PA (Floresta Nacional do Tapajós), BR-163 Rodovia Santarém-Cuiabá, Km 83.



Anexo 2 – Torre de observação do *D. odorata* nº 503015, na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra –PA.



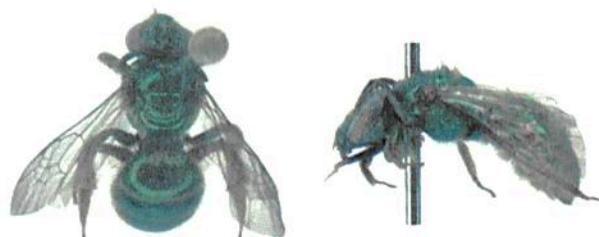
Anexo 3 - *Partamona testacea* (Klug, 1807)
Hymenoptera - Apidae



Anexo 4 - *Ceratina* sp.
Hymenoptera - Apidae



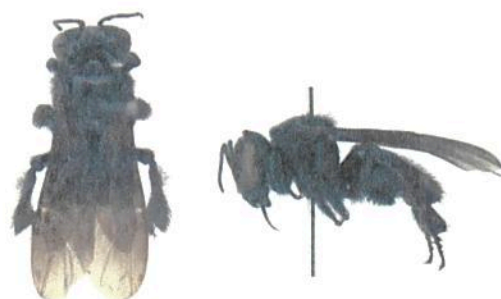
Anexo 5 - *Trigona williana* (Frise, 1900)
Hymenoptera - Apidae



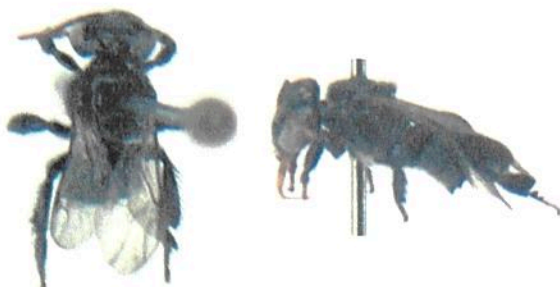
Anexo 6 - *Augochloropsis* sp.
(Hymenoptera - Halictidae)



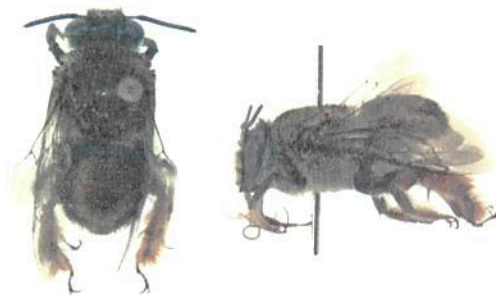
Anexo 7 - *Plebeia minima* (Gribodo, 1893)
Hymenoptera - Apidae



Anexo 8 - *Trigona truculenta* (Almeida, 1984)
Hymenoptera - Apidae



Anexo 9 - *Partamona* sp.
(Hymenoptera - Apidae)



Anexo 10 - *Centris lanipes* (Fabricius, 1775)
Hymenoptera - Apidae



Anexo 11 - *Centris* sp.
(Hymenoptera – Apidae)



Anexo 12 - *Centris hystides* (Ducke)
Hymenoptera - Apidae



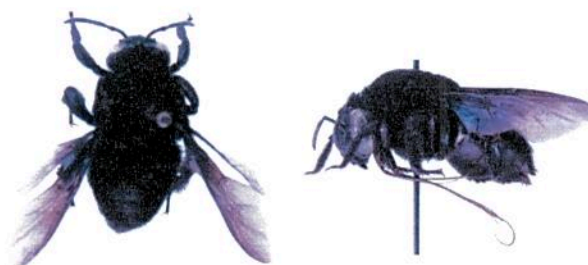
Anexo 13 - *Eufrisia* sp.
(Hymenoptera - Apidae)



Anexo 14 - *Cephalotrigona femorata*
(Smith, 1854) Hymenoptera - Apidae



Anexo 15 - *Bombus transversalis*
(Hymenoptera - Apidae)



Anexo 16 - *Eulaema nigrita* (Lepeletier, 1841)
Hymenoptera – Apidae



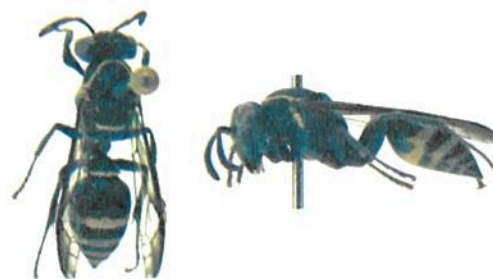
Anexo 17 - *Epicharis (Amepicharis) nignicollis*
Fries (Hymenoptera - Apidae)



Anexo 18 - *Xylocopa frontalis* (Oliver, 1789)
Hymenoptera - Apidae



Anexo 19 - *Polybia* sp.
(Hymenoptera - Vespidae)



Anexo 20 - *Polybia quadricincta*
(Hymenoptera - Vespidae)



Anexo 21 - *Symoeca virginea*
(Hymenoptera - Vespidae)



Anexo 22 - Díptero da família Acrocérídae



Anexo 23 - Díptero da família Acrocérídae



Anexo 24 - Díptero da família Asilidae



Anexo 25 - Coleóptero da família Scarabaeidae
- *Pelidonata* sp.



Anexo 26 - Coleóptero da família
Scarabaeidae, subfamília Rutelinae



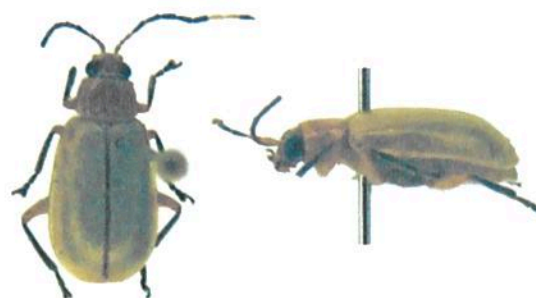
Anexo 27 - Coleóptero da família
Scarabaeidae, subfamília Rutelinae



Anexo 28 - Coleóptero da família
Scarabaeidae, subfamília Rutelinae



Anexo 29 - Coleóptero da família
Scarabaeidae, subfamília Scarabainae



Anexo 30 - Coleóptero da família
Chrysomelidae



Anexo 31 - *Heracles chirsias*
(Papilionidae)



Anexo 32 - *Astraptes fulgerator*
(Hesperiidae)



Anexo 33 - *Proteides mercurius*



Anexo 34 - *Hamadrias arinome*
(Lucas, 1853) Nymphalidae



Anexo 35 - *Philaetria dido* (Linnaeus, 1763) Nymphalidae



Anexo 36 - Regeneração natural de *D. odorata* no transecto da árvore nº 503015, na Floresta Nacional do Tapajós - PA.



Anexo 37 - Coleóptero da família Brentidae, subfamília Apioninae, *Apion* sp.