

**TARCILA CORREIA DE LIMA NADIA**

**SISTEMAS DE POLINIZAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES  
FRUTÍFERAS ENDÊMICAS DA CAATINGA: *Ziziphus joazeiro*  
MART. (RHAMNACEAE) E *Spondias tuberosa* ARRUDA  
(ANACARDIACEAE)**

**RECIFE**

**2005**

**TARCILA CORREIA DE LIMA NADIA**

**SISTEMAS DE POLINIZAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES  
FRUTÍFERAS ENDÊMICAS DA CAATINGA: *Ziziphus joazeiro*  
MART. (RHAMNACEAE) E *Spondias tuberosa* ARRUDA  
(ANACARDIACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina Machado**

**Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ariadna Valentina Lopes**

**RECIFE**

**2005**

Nadia, Tarcila Correia de Lima

Sistemas de polinização de duas espécies frutíferas endêmicas da caatinga : *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) e *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) / Tarcila Correia de Lima Nadia. – Recife : O Autor, 2005.

ix, 78 folhas : il., tab., fig.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Vegetal, 2005.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Biologia vegetal – Aspectos ecológicos. 2. Frutíferas endêmicas – Caatinga, Paraíba – Sistemas de polinização. 3. *Ziziphus joazeiro* (juazeiro) e *Spondias tuberosa* (umbuzeiro) – Fenologia, biologia floral e eficiência de polinizadores. I. Título.

581.162.3

CDU (2.ed.)

UFPE

581.7

CDD (22.ed.)

BC2006-120

TARCILA CORREIA DE LIMA NADIA

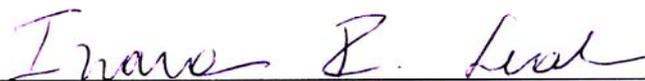
*“Sistemas de Polinização de Duas Espécies Frutíferas Endêmicas da Caatinga: Ziziphus joazeiro Mart. (Rhamnaceae) e Spondias tuberosa Arruda (Anacardiaceae)”*

BANCA EXAMINADORA:



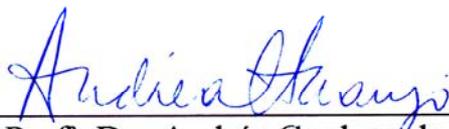
---

Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (orientadora)



---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Inara Roberta Leal



---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Andréa Cardoso de Araújo

Recife-PE.  
2005

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o desenvolvimento desse trabalho, em especial:

À Profa. Dra. Isabel Cristina Machado pela sua grande amizade e valiosa orientação, pela paciência, atenção e carinho;

À Profa. Dra. Ariadna Lopes pela sua grande amizade, valiosa co-orientação, atenção e carinho;

À MSc. Ana Virgínia Leite, minha amiga-irmã, pela constante ajuda nas atividades de campo e pelas produtivas discussões durante o desenvolvimento desta dissertação;

Ao MSc. André Santos, meu grande amigo, pelo apoio em algumas atividades de campo, tais como, mateiro, carregador de escada, vigia noturno e algumas observações feitas referentes ao trabalho, e pelo auxílio à análise estatística dos dados;

À minha avó, Petronila Ramos Lima, pelo carinho e por proporcionar comidas deliciosas para levar ao campo;

À minha mãe que sempre está ao meu lado me ajudando.

À Dona Ana Maria Almeida por permitir que este trabalho tenha sido desenvolvido em sua propriedade, a Fazenda Dona Soledade;

A Marcelo e Claudeci, funcionários de Dona Ana, pela ajuda em algumas atividades de campo.

Ao Sr. Ovídio e Dona Socorro, que proporcionaram um ponto de apoio durante as idas e vindas à fazenda Dona Soledade;

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva, UFPE, pelo agradável convívio, tornando o ambiente agradável para desenvolvimento das análises laboratoriais.

Aos meus amigos e colegas da minha turma de Mestrado, pelo agradável convívio durante as disciplinas e pelas sugestões dadas ao projeto de dissertação;

Ao Dr. José Alves Siqueira-Filho por ter sido o relator do projeto inicial desta dissertação, contribuindo com importantes sugestões;

Ao Dr. Orlando Silveira, pela identificação das espécies de vespas;

Às Dras. Márcia Rego e Patrícia Albuquerque pela identificação das abelhas;

Ao Dr. Marcelo Guerra por disponibilizar o microscópio de fluorescência, para análise da germinação dos grãos de pólen;

E à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado, possibilitando o desenvolvimento desse trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1.** Intensidade de floração (□) e frutificação (▣) de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) durante o período de agosto/2004 a julho/2005, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. Precipitação mensal histórica (—) e entre o período de agosto/2004 a julho/2005 (---) do município de Boa Vista/PB. 26
- Figuras 2-5.** Flores e visitantes florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. 2. Flores na fase masculina; 3. Flor na fase feminina; 4. *Apis mellifera*; 5. *Brachygastra lecheguana*. 27
- Figura 6.** Percentual de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) de algumas espécies visitantes no início, pico e fim de floração, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Apis mellifera* (■), *Polybia ruficeps xanthops* (■), *Brachygastra lecheguana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■). 28
- Figura 7.** Percentual de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) ao longo do dia em indivíduos no início (□), pico (▣) e fim (■) de floração, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. 29
- Figura 8.** Frequência de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. em diferentes estágios de floração, início (a), pico (b) e fim (c), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Apis mellifera* (■), *Polybia ruficeps xanthops* (■), *Brachygastra lecheguana* (■), *Polybia ignobilis* (■) e espécies pilhadoras (■). 30
- Figura 9.** Disponibilidade de grãos de pólen durante a antese floral de flores que abrem no período da manhã (—) e em flores que abrem ao meio dia (---) de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. 31

## Capítulo 2

- Figura 1.** Inflorescência de *Spondias tuberosa* (A), mostrando de forma esquemática (B) a divisão em base, meio e ápice. 53
- Figura 2.** Intensidade de floração (□) e frutificação (▣) de *Spondias tuberosa* durante o período de agosto/2004 a julho/2005 nos municípios de Boa Vista e Cabaceiras, PB. Precipitação mensal histórica do município de Boa Vista (—) e entre o período de agosto/2004 a julho/2005 (---). 54
- Figura 3.** Flores e visitantes florais de *Spondias tuberosa* na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. A. Flor hermafrodita. B. Flor masculina. *Polybia ignobilis* (C) e *Trigona fuscipennis* (D) durante coleta de néctar. 55
- Figura 4.** Porcentagem de flores hermafroditas (□) e masculinas (■) de *Spondias tuberosa* que se abrem por dia por inflorescência (sendo exemplificado por uma inflorescência com duração de oito dias). 56
- Figura 5.** Micrografia em fluorescência de grãos de pólen (setas) oriundos de flores hermafroditas (A) e masculinas (B) de *Spondias tuberosa* e seus respectivos tubos polínico, na superfície estigmática de flores no seu primeiro dia de abertura. 57
- Figura 6.** Percentual de visitas às flores de *Spondias tuberosa* ao longo do dia em indivíduos no início (□), pico (▣) e fim (■) de floração, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. 58
- Figura 7.** Percentual de visitas às flores de *Spondias tuberosa* das espécies visitantes no início, pico e fim de floração, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (■), *Trigonisca pediculana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■), *Apis mellifera* (■), Moscas (■), Vespas pequenas (■), *Polistes canadensis* (■). 59
- Figura 8.** Frequência de visitas às flores de *Spondias tuberosa* em diferentes estádios de floração, início (A), pico (B) e fim (C), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (■), *Trigonisca pediculana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■), *Apis mellifera* (■), Moscas (■), Vespas pequenas (■), *Polistes canadensis* (■). 60
- Figura 9.** Disponibilidade de pólen em flores de *Spondias tuberosa* durante a antese floral (A) e em relação à frequência de visitas (B). (---) Grãos de pólen de flores hermafroditas, (—) grãos de pólen de flores masculinas, (□) frequência de visitas. 61

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- Tabela 1.** Quantidade e dimensões das estruturas florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), de acordo com as fases sexuais, masculina (♂) e feminina (♀). Medidas feitas em uma população na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. \*Diâmetro. 32
- Tabela 2.** Visitantes florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), comprimento do corpo, local de deposição do pólen (LDP), estádios de floração em que foram registrados, recursos coletados e resultado de suas visitas. Observações feitas na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. ND = não definido, PB = partes bucais, I = início de floração, P = pico de floração, F = fim de floração, N = néctar, PL = pólen, PO = polinizador, PI = pilhador. 33
- Tabela 3.** Número de frutos formados por inflorescência e sucesso reprodutivo de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) sob condições naturais e através de polinização cruzada manual para análise da eficácia reprodutiva, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. 34

## Capítulo 2

**Tabela 1.** Dimensões e quantidade de estruturas de flores hermafrodita e masculina de *Spondias tuberosa*, ocorrentes na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. \*Diâmetro, u = teste de Mann-Whitney, n.s. = não significativo. (p < 0,05). 62

**Tabela 2.** Eficácia reprodutiva de *Spondias tuberosa* e formação de frutos a partir de diferentes doadores de pólen, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. <sup>1</sup>Foram consideradas o total de flores hermafroditas por inflorescência, no caso da polinização natural, ou 30% das flores hermafroditas por inflorescência, no caso da polinização cruzada manual. <sup>2</sup>Foram marcadas ou manipuladas duas flores por inflorescência (dados obtidos por Leite *et al.* in prep.). <sup>3</sup>Polinização cruzada com diferentes doadores de pólen. \*Ovário em início de desenvolvimento, sem atingir a maturidade. 63

**Tabela 3.** Visitantes florais de *Spondias tuberosa*, em uma área de Caatinga na Paraíba, com respectivos comprimento do corpo, local de contato do pólen e resultado das visitas. LDP = local de deposição do pólen no corpo do visitante, PB = partes bucais, VT = porção ventral do tórax, ND = não definido, PO = polinizador, PI = pilhador, N = néctar, PL = pólen, I = início de floração, P = pico de floração, F = fim de floração. 64

**Tabela 4.** Polinizadores observados em *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* em uma área de Caatinga na Paraíba (ver capítulo 1). Em destaque os polinizadores em comum. \*principal polinizador; +polinizador; ...não polinizador; -não visitante. 65

**Tabela 5.** Formação natural de frutos de *Spondias tuberosa* e de *Ziziphus joazeiro* em diferentes situações: 1. período em que apenas *S. tuberosa* estava em floração; 2. período em que apenas *Z. joazeiro* estava em floração; e 3. período em que ambas as espécies estavam floridas. Experimentos conduzidos na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. <sup>a</sup> $\chi^2=2,9$ ; g.l.=1; p=0,16; <sup>b</sup> $\chi^2=3,2$ ; g.l.=1; p=0,15. 66

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	02
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	05
4.1 CAPÍTULO 1 – Biologia floral e polinização de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. (Rhamnaceae): atuação de <i>Apis mellifera</i> e de outros visitantes florais autóctones como polinizadores	09
4.2 CAPÍTULO 2 – Polinização de <i>Spondias tuberosa</i> Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga	35
5. CONCLUSÕES	67
6. RESUMO GERAL	68
7. GENERAL ABSTRACT	69
8. ANEXOS	70

## 1. INTRODUÇÃO

A biologia floral envolve muitos ramos da botânica, tais como morfologia, anatomia, biologia da polinização, sistema reprodutivo, genética, biologia molecular, paleobotânica, sistemática e evolução (Endress 1994). A morfologia floral, em especial, através da descrição da disposição e das características dos órgãos florais, pode servir como subsídio para inferir sobre os prováveis vetores de polinização, além de ser muito importante para reconstrução filogenética das angiospermas em todos os níveis (Endress 1994). De igual importância, o conhecimento sobre a biologia da polinização das espécies vegetais é fundamental para estudos sobre os processos evolutivos e pesquisas em agricultura, bem como para avaliação de ações de conservação (Endress 1994, Kearns & Inouye 1993).

A Caatinga é um ecossistema unicamente brasileiro ocorrendo desde o Estado do Ceará até o norte de Minas Gerais, representando cerca de 70% da região Nordeste. Esse ecossistema apresenta clima semi-árido e árido com período de seca prolongado (de seis a nove meses), possuindo um considerável número de espécies endêmicas. No entanto, em relação às demais regiões brasileiras, a Caatinga é a menos estudada e a menos protegida, com poucas unidades de conservação (Leal *et al.* 2003). Estudos acerca da biologia floral e dos sistemas de polinização em espécies de Caatinga irão contribuir para o melhor entendimento dos processos ecológicos desse ecossistema (Machado & Lopes 2003, 2004).

Esta dissertação está dividida em dois capítulos, os quais abordam a importância econômica e ecológica de duas espécies frutíferas de caatinga, ambas exploradas de forma extrativista. O primeiro capítulo aborda a seqüência de antese e a atuação dos visitantes florais no processo de polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), com ênfase para o papel da abelha introduzida *Apis mellifera*. O segundo capítulo é dedicado à espécie *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), enfocando a distribuição dos tipos florais que determinam o caráter andromonóico da espécie e a contribuição das diferentes espécies de visitantes florais na sua polinização. No fim desse capítulo, há uma discussão sobre o grau de similaridade entre os polinizadores de *Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosa* e como isso influencia no sucesso reprodutivo dessas espécies.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### **Importância econômica de espécies de *Ziziphus* e *Spondias***

Dentre as Angiospermas, várias famílias possuem representantes com alto potencial econômico, muitas das quais amplamente utilizadas por seus frutos, madeira, produtos químicos primários e secundários, entre outros (ver Braga 1972, Andrade-Lima 1989, Joly 1991, Lorenzi 1998, Barroso *et al.* 1999). Dentre estas, *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) e *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) apresentam grande importância econômica.

São encontrados estudos que tratam da obtenção de mudas, plantio, manutenção, colheita e melhor manejo da cultura de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) para aumento de sua produtividade (Epstein 1998, Drumond *et al.* 2001), além de já haverem sido testadas a produtividade e a melhor forma de aproveitamento do fruto de umbu para fabricação de doces (Cavalcanti *et al.* 1999, 2000). Em relação a *Ziziphus joazeiro* (juazeiro), Barros *et al.* (1991) investigaram o valor nutritivo de sua folhagem para uso na alimentação de caprinos e ovinos, uma vez que essa espécie é uma das poucas que se mantém sempre verde na caatinga. Esses trabalhos, no entanto, não levam em consideração aspectos sobre a ecologia da polinização que também são importantes para pesquisas em agricultura (Kearns & Inouye 1993).

### **Biologia da polinização e reprodutiva nas famílias Rhamnaceae e Anacardiaceae**

Estudos enfocando aspectos sobre a biologia reprodutiva e/ou polinização foram feitos para algumas espécies das famílias Rhamnaceae e Anacardiaceae, havendo maior concentração de estudos para a família Rhamnaceae. Um dos pontos importantes apontados nos estudos sobre a biologia da polinização em espécies dessa família é a ocorrência de heterodicogamia no gênero *Ziziphus*, o qual apresenta flores protândricas e indivíduos com diferentes horários de antese (Galil & Zeroni 1967, Zietsman 1990, Pinheiro *et al.* 1991, Renner 2001). Essa característica facilita a polinização cruzada e impede a ocorrência de geitonogamia, uma vez que a sobreposição das fases sexuais ocorre em indivíduos diferentes (Lloyd & Webb 1986), sendo citada para as espécies *Ziziphus joazeiro* (Pinheiro *et al.* 1991), *Z. jujuba*, *Z. mauritiana* (Renner 2001), *Z. mucronata* (Zietsman 1990, Renner 2001) e *Z. spina-christi* (Galil & Zeroni 1967, Renner 2001).

As espécies da família Rhamnaceae estudadas em relação à biologia reprodutiva como *Colletia paradoxa* (D'Ambrogio & Medan 1993), *Discaria americana* (Medan 1991, 1993) *D. nana* (Medan 2003), *Trevoa quinquenervia* (Medan & D'Ambrogio 1998), *Ziziphus celata* (Weekley & Race 2001) e *Z. spina-christi* (Galil & Zeroni 1967) apresentaram sistema de

auto-incompatibilidade. *Ziziphus joazeiro*, por sua vez, foi considerada como auto-compatível por Pinheiro *et al.* (1991), necessitando, porém, do agente polinizador, uma vez que não forma frutos por autopolinização espontânea. A auto-incompatibilidade, associada ainda à característica de heterodicogamia de algumas espécies, e conseqüente obrigatoriedade da polinização cruzada para formação de frutos (como citado pelos autores), revela a dependência dos vetores de polinização para a reprodução sexuada dessas espécies (Galil & Zeroni 1967, D'Ambrogio & Medan 1993, Medan & D'Ambrogio 1998, Weekley & Race 2001, Medan 2003).

Em relação à família Anacardiaceae, poucos trabalhos foram encontrados tratando de aspectos da biologia floral e reprodutiva. Wannan & Quinn (1991) descrevem a estrutura floral baseada na morfologia e anatomia dos carpelos para a família, na tentativa de esclarecer afinidades morfológicas e evolutivas entre os gêneros, e Young (1971) estudou a biologia reprodutiva de *Rhus integrifolia* e *R. ovata*. Segundo seus resultados, ambas as espécies eram ginodióicas, apresentando mecanismo de auto-incompatibilidade, e foram polinizadas principalmente por *Apis mellifera* e algumas espécies de *Andrena*. Apesar de esse estudo apontar os polinizadores das espécies em questão, não há qualquer detalhamento sobre o comportamento dos mesmos. Além desses, vários trabalhos foram desenvolvidos sobre o sistema de polinização e formação de frutos de *Anacardium occidentale* (cajueiro) (Freitas & Paxton 1996, Freitas 1997a, 1997b, Freitas & Paxton 1998, Freitas *et al.* 2002), uma espécie também de grande importância econômica devido à comercialização de seu fruto. Estes trabalhos citaram *Apis mellifera* e *Centris tarsata* como os principais polinizadores de *Anacardium occidentale*.

### **Visitantes florais registrados nas duas famílias**

Os principais visitantes florais para as espécies de Rhamnaceae estudadas, *Colletia paradoxa* (D'Ambrogio & Medan 1993), *Discaria americana* (Medan 1991), *D. nana* (Medan 2003), *Trevoa quinquenervia* (Medan & D'Ambrogio 1998), *Ziziphus celata* (Weekley & Race 2001) e *Z. joazeiro* (Pinheiro *et al.* 1991), foram dípteros, lepidópteros, himenópteros e coleópteros, sendo os principais vetores de polinização os dípteros e himenópteros (principalmente *Apis mellifera*). Os recursos florais procurados entre os polinizadores foram néctar e pólen. Apenas os estudos realizados com *Colletia paradoxa* (D'Ambrogio & Medan 1993) e *Ziziphus joazeiro* (Pinheiro *et al.* 1991) trazem informações acerca da frequência dos polinizadores, apontando *Apis mellifera* como polinizador mais freqüente. No entanto, essas espécies foram estudadas em áreas fragmentadas ou amplamente degradadas, podendo este

fato estar influenciando na frequência desses visitantes. Além dos trabalhos já citados, Zietsman (1990) encontrou apenas três espécies visitando flores de *Ziziphus mucronata*, sendo duas espécies de mosca (*Sarcophaga* sp. e *Musca domestica*), que atuaram como polinizadoras, e uma espécie de formiga (*Anoplolepis custodiens*), pilhadora. Em área de caatinga, no estado da Bahia, foram registradas 12 espécies de abelhas que coletavam recursos florais em *Ziziphus cotinifolia* (Aguiar 2003).

Apesar de os vetores de polinização serem de fundamental importância para a reprodução sexuada dessas espécies, uma vez que não formam frutos por autopolinização espontânea, a maioria dos estudos existentes não abordam aspectos sobre o comportamento, frequência e eficiência dos polinizadores.

*Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosa*, além da importância econômica, têm também grande importância ecológica, pois são fontes de recurso alimentar para abelhas indígenas sem ferrão da tribo Meliponini (Marinho *et al.* 2002), sendo também registradas visitas de outras abelhas, tais como, *Apis mellifera*, *Centris aenea*, e *Trigona spinipes* em *Ziziphus joazeiro* (Machado 1990, Pinheiro *et al.* 1991, Carvalho & Marchini 1999, Aguiar *et al.* 2003) e *Dialictus opacus*, *Frieseomelitta doederleini* e *Trigona spinipes* em *Spondias tuberosa* (Aguiar *et al.* 1995, Aguiar 2003, Martins *et al.* 2003). Esses trabalhos, em sua maioria, abordam os recursos florais utilizados por essas abelhas, citando várias espécies vegetais, com exceção de Machado (1990) que trata sobre aspectos fenológicos e mecanismos de polinização em espécies de caatinga e Pinheiro *et al.* (1991) que aborda aspectos da reprodução e polinização exclusivamente de *Ziziphus joazeiro*.

### **Fenologia de espécies de *Ziziphus* e *Spondias***

Há vários estudos que abordam aspectos fenológicos da floração e frutificação das espécies *Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosa*. Pinheiro *et al.* (1991) realizaram um estudo fenológico de *Ziziphus joazeiro*, sendo encontrado o período de floração na época seca e o de frutificação na época chuvosa e no início da estação seca. Além desse estudo, Barbosa *et al.* (1989), Machado (1990), Machado *et al.* (1997) e Griz & Machado (2001) fizeram um acompanhamento fenológico de algumas espécies da caatinga, incluindo *Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosa*, sendo registrados períodos de floração e frutificação na estação seca e chuvosa, respectivamente. Esses estudos são importantes para análise da interação planta-polinizador e planta-dispersor dessas espécies (Frankie *et al.* 1974).

Dados sobre os aspectos fenológicos de duas espécies de *Spondias*, *S. mombim* e *S. radlkoferi*, foram utilizados para separar essas duas espécies de acordo com a diferença no

período de floração entre elas, uma vez que *S. radlkoferi* era considerada sinônimo de *S. mombim* (Croat 1974). *Spondias mombim* também foi investigada quanto aos aspectos da fenologia reprodutiva em ilhas no Canal do Panamá, apresentando sincronia na floração e frutificação entre as populações estudadas, com a floração ocorrendo no fim da estação seca e início da chuvosa, e a frutificação durante a estação chuvosa (Adler & Kielpinski 2000). Os autores consideraram a sincronia da floração um importante mecanismo para atração dos polinizadores, uma vez que a espécie é xenógama obrigatória.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, G.H. & KIELPINSKI, K.A. Reproductive phenology of a tropical canopy tree, *Spondias mombim*. **Biotropica**, v.32, p.686-692, 2000.
- AGUIAR, C.M.L. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.20, p.457-467, 2003.
- AGUIAR, C.M.L.; MARTINS, C.F. & MOURA, A.C.A. Recursos florais utilizados por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de caatinga (São João do Cariri, Paraíba). **Revista Nordestina de Biologia**, v.10, p.101-117, 1995.
- AGUIAR, C.M.L.; ZANELLA, F.C.V.; MARTINS, C.F. & CARVALHO, C.A.L. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na caatinga para obtenção de recursos florais. **Neotropical Entomology**, v.32, p.247-259, 2003.
- ANDRADE-LIMA, D. **Plantas das Caatingas**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1989.
- BARBOSA, D.C.A.; ALVES, J.L.H.; PRAZERES, S.M.P. & PAIVA, A.M.A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Botanica Brasilica**, v.3, p.109-117, 1989.
- BARROS, N.N.; FREIRE, L.C.L.; LOPES, E.A. & JOHNSON, W.L. Valor nutritivo do feno de juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) para caprinos e ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1299-1304, 1991.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes. Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3ª edição, Coleção Mossoroense, Fortaleza, 42ºv, 1972.

CARVALHO, C.A.L. & MARCHINI, L.C. Plantas visitadas por *Apis mellifera* L. no vale do rio Paraguaçu, Município de Castro Alves, Bahia. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, suplemento2, p.333-338, 1999.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. & BRITO, L.T.L. Desenvolvimento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) na região semi-árida do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.212-213, 1999.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. & BRITO, L.T.L. Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.252-259, 2000.

CROAT, T.B. A case for selection for delayed fruit maturation in *Spondias* (Anacardiaceae). **Biotropica**, v.6, p.135-137, 1974.

D'AMBROGIO, A. & MEDAN, D. Comportamiento reproductivo de *Colletia paradoxa* (Rhamnaceae). **Darwiniana**, v.32, p.1-14, 1993.

DRUMOND, M.A.; NASCIMENTO, C.E.S. & MORGADO, L.B. Desenvolvimento inicial do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semi-árido pernambucano. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido**. Campina Grande. CD-ROM. 2001.

ENDRESS, P.K. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, v.2, p.31-34, 1998.

FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. & OPLER, P.A. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. In: LIETH H. (ed). **Phenology and Seasonality Modeling**. Springer-Verlag. Berlim. p.287-296. 1974.

FREITAS, B.M. Changes with time in the germinability of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains found on different body areas of its pollinator bees. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, p.289-294, 1997a.

FREITAS, B.M. Number and distribution of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinator bees, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*. **Journal of Apicultural Research**, v.36, p.15-22, 1997b.

FREITAS, B.M. & PAXTON, R.J. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale* L.) pollination in NE Brazil. **The Journal of Agriculture Science**, v.126, p.319-326, 1996.

FREITAS, B.M. & PAXTON, R.J. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee (*Apis mellifera*) and a indigenous bee (*Centris tarsata*) on cashew (*Anacardium*

*occidentale* L.) in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v.35, p.109-121, 1998.

FREITAS, B.M., PAXTON, R.J., HOLANDA NETO, J.P. Identifying pollinators among an array of flower visitors, and the case of inadequate cashew pollination in NE Brazil. *In*: Kevan, P.G, Imperatriz-Fonseca, V.L. (orgs.). **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília. p.229-244, 2002.

GALIL, J. & ZERONI, M. On the pollination of *Zizyphus spinacrista* (L.) Willd. in Israel. **Israel Journal of Botany**, v.16, p.71-77, 1967.

GRIZ, L.M.S. & MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.17, p.303-321, 2001.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 10ª edição, Editora Nacional, São Paulo, 1991.

KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologists**. University Press of Colorado, Colorado, 1993.

LEAL, I.R.; TABARELLI, M. & SILVA, J.M.C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

LLOYD, D.G. & WEBB, C.J. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. **New Zealand Journal of Botany**, v.24, p.135-162, 1986.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Editora Plantarum, 1ºvol., 1998.

MACHADO, I.C. **Biologia floral de espécies de caatinga no município de Alagoinha (PE)**. 1990. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

MACHADO, I.C.S. & LOPES, A.V. Recursos florais e sistemas de polinização e sexuais em caatinga. *In*: Leal I.R., Tabarelli M., Silva J.M.C. (eds). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco. p.515-563. 2003

MACHADO, I.C.S. & LOPES, A.V. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest. **Annals of Botany**, v.94, p.365-376, 2004.

MACHADO, I.C.S., BARROS, L.M. & SAMPAIO, E.V.S.B. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. **Biotropica**, v.29, p.57-68, 1997.

MARINHO, I.V.; FREITAS, M.F.; ZANELLA, F.C.V. & CALDAS, A.L. Espécies vegetais da caatinga utilizadas pelas abelhas indígenas sem ferrão como fonte de recursos e local de nidificação. *In*: **Anais I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. João Pessoa. CD-ROM. 2002.

- MARTINS, C.F.; MOURA, A.C.A. & BARBOSA, M.R.V. Bee plants and relative abundance of corbiculate Apidae species in a Brazilian caatinga area. **Revista Nordestina de Biologia**, v.17, p.63-74, 2003.
- MEDAN, D. Reproductive phenology, pollination biology, and gynoecium development in *Discaria americana* (Rhamnaceae). **New Zealand Journal of Botany**, v.29, p.31-42, 1991.
- MEDAN, D. Breeding system and maternal success of a perennial hermaphrodite, *Discaria americana* (Rhamnaceae). **New Zealand Journal of Botany**, v.31, p.175-184, 1993.
- MEDAN, D. Reproductive biology of the andean shrub *Discaria nana* (Rhamnaceae). **Plant Biology**, v.5, p.94-102, 2003.
- MEDAN, D. & D'AMBROGIO, A. Reproductive biology of the andromonoecious shrub *Trevoa quinquenervia* (Rhamnaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.126, p.191-206, 1998.
- PINHEIRO, M.C.B.; ORMOND, W.T. & CASTRO, A.C. Biologia da reprodução e fenologia de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.51, p.143-152, 1991.
- RENNER, S.S. How common is heterodichogamy? **Trends in Ecology & Evolution**, v.16, p.595-597, 2001.
- WANNAN, B.S. & QUINN, C.J. Floral structure and evolution in the Anacardiaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.107, p.349-385, 1991.
- WEEKLEY, C.W. & RACE, T. The breeding system of *Zizyphus celata* Judd and D. W. Hall (Rhamnaceae), a rare endemic plant of the Lake Wales Ridge, Florida, USA: implications for recovery. **Biological Conservation**, v.100, p.207-213, 2001.
- YOUNG, D.A. The reproductive biology of *Rhus integrifolia* and *Rhus ovata* (Anacardiaceae). **Evolution**, v.26, p.406-414, 1971.
- ZIETSMAN, P.C. Pollination of *Zizyphus mucronata* subsp. *Mucronata* (Rhamnaceae). **Suid Afrikaanse Tydskrif Plantk**, v.56, p.350-355, 1990.

#### 4.1 CAPÍTULO 1

---

Biologia floral e polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de outros visitantes florais autóctones como polinizadores

(Manuscrito a ser enviado para o periódico Acta Botanica Brasilica)

Biologia floral e polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de outros visitantes florais autóctones como polinizadores<sup>1</sup>

Tarcila de Lima Nadia<sup>2,4</sup>, Isabel Cristina Machado<sup>3</sup> e Ariadna Valentina Lopes<sup>3</sup>

**RESUMO** – (Biologia floral e polinização de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de outros visitantes florais autóctones como polinizadores). *Ziziphus joazeiro*, espécie endêmica da caatinga, apresenta grande utilidade econômica, no entanto, há poucos estudos que tratam da biologia reprodutiva dessa espécie. Este trabalho aborda, portanto, a fenologia reprodutiva, a biologia floral e o sistema de polinização de *Ziziphus joazeiro*. Os períodos de floração e de frutificação ocorreram no fim da estação seca e início da chuvosa, com picos nos meses de dezembro e fevereiro, respectivamente. As flores são do tipo disco, esverdeadas, duram ca. 12 horas e possuem nectário largo e amarelo, o qual circunda o gineceu. Ocorre protandria associada a outro tipo de dicogamia, a heterodicogamia. *Ziziphus joazeiro* produz néctar em pouca quantidade (1µl), com alta concentração de açúcares (75%). Os visitantes florais observados foram vespas, abelhas e moscas. *Apis mellifera* apresentou maior frequência de visitas (77,5%), seguido do grupo das vespas (20,4%), sendo considerados os polinizadores efetivos. As moscas e outras espécies de abelhas apresentaram baixo percentual de visitas (2,1%) e não tocavam nas estruturas reprodutivas das flores, sendo pilhadoras de néctar. Alta taxa de desenvolvimento inicial de frutos em uma única inflorescência pode sugerir alta eficiência dos polinizadores, uma vez que o mecanismo de dicogamia presente na espécie praticamente impede a ocorrência de autopolinização espontânea e de geitonogamia.

Palavras-chave – polinização, melitofilia, *Ziziphus joazeiro*, vespa, caatinga

**ABSTRACT** – (Floral biology and pollination of *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): the role of *Apis mellifera* and others autochthones floral visitors as pollinators). *Ziziphus joazeiro*, an endemic species of caatinga, has a great economic importance, however there are a few studies concerning reproductive biology of this species. This paper analyses the reproductive phenology, floral biology and pollination system of *Ziziphus joazeiro*. The flowering and

<sup>1</sup>Parte da Dissertação de Mestrado da primeira Autora. Bolsista CAPES.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, 50372-970, Recife, PE, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, 50372-970, Recife, PE, Brasil.

<sup>4</sup>Autor para correspondência: tarcinadia@yahoo.com.br

fruiting periods occurred at the end of dry season and beginning of wet season, with peaks on December and February, respectively. Flowers are dish type and green, last about 12 hours and have a big yellow nectary, which surround the gynoecium. Protandry occurs associated with another type of dichogamy, the heterodichogamy. *Ziziphus joazeiro* produces a little amount of nectar (1µl), with high sugar concentration (75%). The floral visitors recorded were wasps, bees and flies. *Apis mellifera* had the higher frequency of visits (77.5%), followed by wasp group (20.4%), which are the effective pollinators. Flies and others bees presented a lower percentage of visits (2.1%) and did not touch the reproductive structures of the flowers, being nectar robbers. The high rate of initial fruits development in only one inflorescence can suggest high pollinator efficiency, once the dichogamic mechanisms hinder the occurrence of spontaneous self-pollination and geitonogamy.

Key words – pollination, melittophylly, *Ziziphus joazeiro*, wasp, caatinga

## Introdução

A família Rhamnaceae é composta por cerca de 58 gêneros e 900 espécies, distribuídas em regiões temperadas, tropicais e subtropicais (Barroso 1991; Joly 1998), ocorrendo, no Brasil, cerca de 13 gêneros e 62 espécies (Barroso 1991). O gênero *Ziziphus* é representado por ca. 100 espécies (Judd *et al.* 1999), seis das quais ocorrem na região Nordeste do Brasil (CNIP 2005). *Ziziphus joazeiro*, popularmente conhecida como juazeiro, é endêmica da caatinga (Giulietti *et al.* 2002), apresentando grande importância econômica e ecológica, sendo utilizada localmente para produção de lenha e carvão, arborização de ruas e jardins, além de produzir frutos comestíveis (Lorenzi 1998), os quais são explorados de forma extrativista. Por ser uma das poucas espécies que se conservam sempre verdes (Braga 1976), suas folhas podem ser usadas na alimentação de caprinos e ovinos como um recurso alimentar alternativo durante a época seca na caatinga (Barros *et al.* 1991). Suas flores são importante fonte de recurso alimentar para abelhas indígenas sem ferrão da tribo Meliponini, as quais são utilizadas na meliponicultura, sendo atividade alternativa de renda para produtores da região da caatinga (Marinho *et al.* 2002).

Apesar da importância ecológica da espécie, pouco se conhece sobre sua biologia reprodutiva. Marinho *et al.* (2002) e Aguiar *et al.* (2003) fizeram um estudo abrangendo várias espécies vegetais que são visitadas por meliponíneos e centridinis, citando *Z. joazeiro*, sem, entretanto, mencionar detalhes acerca da ecologia da polinização da mesma. Pinheiro *et*

al. (1991), por sua vez, registraram uma abelha não nativa (*Apis mellifera*) como o polinizador efetivo de *Z. joazeiro*. No entanto, as populações estudadas encontravam-se em áreas bastante devastadas, não tendo sido registradas visitas por espécies nativas (Pinheiro *et al.* 1991).

Dessa forma, faz-se necessário um estudo aprofundado sobre a biologia floral e os polinizadores autóctones desta espécie. Tal conhecimento científico poderá auxiliar futuros trabalhos sobre conservação e manejo, tanto de *Z. joazeiro* como de seus polinizadores. Assim, os objetivos deste trabalho são conhecer a biologia floral de *Ziziphus joazeiro* em uma área de caatinga, bem como verificar o papel de *Apis mellifera* e dos demais visitantes florais como polinizadores, discutindo sua importância para o sucesso reprodutivo dessa espécie vegetal.

## **Material e métodos**

Local de estudo – As observações de campo e coleta de dados foram feitas na fazenda Dona Soledade, com cerca de 690 ha, localizada a 550 m de altitude no planalto da Borborema, entre os municípios de Boa Vista e Cabaceiras (7°20'30,7"S e 36°18'5,8"W), estado da Paraíba, nordeste do Brasil. A fazenda está localizada em região de caatinga denominada como Região do Cariri, apresentando precipitação média anual de aproximadamente 330 mm e com período chuvoso concentrado nos meses de fevereiro a maio (Governo da Paraíba 2005). A vegetação dos Cariris é caracterizada por uma caatinga arbustiva densa ou aberta, apresentando o registro mais baixo de chuvas das caatingas (Prado 2003). A área estudada apresenta como gêneros mais comuns *Pilosocereus*, *Jatropha*, *Mimosa*, *Caesalpinia*, *Schinopsis*, *Myracrodruon* e *Aspidosperma*.

Fenologia reprodutiva e biologia floral – Foi feito acompanhamento da fenologia reprodutiva quinzenalmente em nove indivíduos de *Ziziphus joazeiro*, no período de agosto de 2004 a julho de 2005. O percentual de flores e frutos foi registrado segundo metodologia de Fournier (1974), obtendo-se a intensidade de floração e frutificação (Bencke & Morellato 2002). Foi considerado em início de floração o indivíduo que apresentava cerca de 75% de botões e até 25% de flores abertas. O pico de floração foi caracterizado pelo indivíduo que possuía cerca de 25% de botões, entre 50% e 75% de flores abertas e até 25% de frutos formados ou em desenvolvimento. Indivíduo em fim de floração foi caracterizado por não apresentar botões florais ou esses estarem em número bastante reduzido (< 25%), possuir até 25% de flores

abertas e cerca de 75% de frutos formados ou em desenvolvimento. Os padrões fenológicos de floração foram determinados a partir das classificações de Gentry (1974) e Newstrom *et al.* (1994).

O número de flores por inflorescência foi registrado, no campo, em 30 inflorescências ainda jovens de cinco indivíduos diferentes, contando o número de flores abertas e botões. A duração de antese foi monitorada em campo, marcando-se botões em pré-antese e acompanhando seu desenvolvimento até a senescência floral. A receptividade do estigma foi testada em campo utilizando-se solução 0,25% de permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) (Robinson 1924) no início e seis horas após a antese em dez flores de indivíduos diferentes. Vinte flores foram colocadas em recipiente de vidro com tampa para verificar emissão de odor. Para localização de áreas de concentração de osmóforos, outras 10 flores, de diferentes indivíduos, previamente ensacadas foram submersas em vermelho neutro, lavadas com água destilada e analisadas quanto às regiões coradas (Vogel 1990; Dafni 1992; Kearns & Inouye 1993).

O volume e a concentração de açúcares no néctar foram medidos, em flores previamente ensacadas, com microseringas de 5 µl e 25 µl (Microliter<sup>®</sup>) e refratômetros de bolso 0-32%, 28-62% e 58-90% (Atago<sup>®</sup>), respectivamente. O néctar foi extraído de dez flores de diferentes indivíduos em intervalos de cinco horas a partir do início da antese e, em outras dez flores, ao final de antese (volume acumulado de néctar).

Flores de *Ziziphus joazeiro* foram coletadas para análise da morfologia floral (n=20) em laboratório sob estereomicroscópio. O número de grãos de pólen por antera foi contado em cinco botões em pré-antese de cinco indivíduos diferentes (utilizando-se todas as anteras do botão), com auxílio de lamínula quadriculada sob microscópio óptico através de contagem direta, uma vez que o número de grãos por antera é menor que 2.000 (Cruden 1977). Esses mesmos grãos de pólen foram corados com carmim acético para verificar a viabilidade polínica (Radford *et al.* 1974).

Visitantes florais e disponibilidade polínica – O comportamento dos visitantes florais foi observado diretamente em campo em indivíduos focais e com auxílio de fotografias. Estes foram classificados como polinizadores ou pilhadores, caso efetuassem ou não a polinização durante as visitas às flores. O local de deposição de pólen no corpo do animal visitante foi analisado de acordo com o seu comportamento ao visitar as flores. A atuação da abelha *Apis mellifera* como polinizadora de *Ziziphus joazeiro* foi verificada ensacando botões em pré-antese (n=46), que foram expostos a no mínimo cinco visitas feitas exclusivamente por *Apis*

*mellifera* durante a fase feminina da flor, sendo ensacadas novamente. Após 24 horas, essas flores foram coletadas e fixadas em FAA<sub>70</sub> para serem analisadas quanto ao número de grãos de pólen depositados no estigma e número de grãos de pólen emitindo tubo polínico sob microscópio de fluorescência, seguindo técnica de Martin (1959). Os visitantes florais foram coletados e montados a seco para análise de suas estruturas e para sua identificação. Espécimes testemunho foram depositados no Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva, da Universidade Federal de Pernambuco.

A frequência de visitas foi calculada no início, pico e fim de floração durante 13 horas consecutivas para cada período. Para o cálculo da frequência de visitas, cada espécie visitante foi considerada individualmente, exceto para as espécies de moscas, que foram consideradas em grupo, devido à dificuldade de identificação no campo, durante as visitas. Uma visita foi considerada como sendo cada ato de procura pelo recurso floral em uma das flores da inflorescência por um dado visitante. A frequência de visitas também foi calculada para flores de diferentes idades (do primeiro, do segundo e do terceiro dia). Duas flores de cada idade foram marcadas e acompanhadas quanto ao número de visitas recebidas, sendo essas observações feitas em um período de duas horas consecutivas em cada fase sexual. No total foram realizadas 82 horas de observação.

A disponibilidade de pólen durante a antese foi verificada coletando duas flores, não ensacadas, a cada três horas do início ao fim de antese. Os grãos de pólen foram retirados de todas as anteras de cada flor em lâmina histológica, corados com carmin acético e fixados com glicerina. Posteriormente, foram contados diretamente sob estereomicroscópio. A coleta das flores para disponibilidade de pólen foi feita no pico de floração, totalizando dez flores para cada tipo de indivíduo.

Eficácia reprodutiva – Para verificar a eficácia reprodutiva através da atuação dos polinizadores (Zapata & Arroyo 1978), foram marcadas 30 inflorescências de cinco indivíduos diferentes cujas flores foram contadas e observadas quanto à formação de frutos sob condições naturais, sendo ensacadas outras 15 inflorescências nos mesmos cinco indivíduos para realizar polinizações cruzadas manuais em cerca de 25% das flores de cada inflorescência à medida que as mesmas se abriam. O índice de eficácia reprodutiva foi então calculado através da razão entre a percentagem de frutos formados em condições naturais (controle) e da percentagem de frutos formados através de polinização cruzada manual (Zapata & Arroyo 1978).

Análises estatísticas – Foi utilizado o teste de Lilliefors para verificar a normalidade dos dados. Para verificar diferenças estatísticas entre o volume de néctar produzido nas diferentes fases sexuais foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Para comparações de frequência de visitas em diferentes fases sexuais e dos experimentos de eficácia reprodutiva foi utilizado o qui-quadrado. Por último, foi feita a correlação de Spearman entre o número de flores e de frutos por inflorescência. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do BioEstat 3.0 (Ayres *et al.* 2003).

## Resultados

Fenologia reprodutiva e biologia floral – A floração de *Ziziphus joazeiro* teve início no mês de novembro, apresentando um pico no mês de dezembro, correspondente à estação seca (Fig. 1). A floração se prolongou com baixa intensidade no período chuvoso até meados de junho. Os frutos começaram seu desenvolvimento em meados de dezembro, ainda no fim da estação seca, atingindo a maior intensidade durante o período chuvoso, entre os meses de fevereiro a maio, quando se apresentavam maduros (Fig. 1).

*Ziziphus joazeiro* apresenta inflorescências cimosas axiais com média de 20 flores por inflorescência ( $\pm 11,4$ ,  $n=30$ ). O número de flores que se abre por dia, por inflorescência, variou entre uma e duas flores ( $1,3 \pm 0,7$ ,  $n=50$ ), raramente abrindo três ou quatro. A antese tem duração de ca. 12 horas, havendo dois horários diferentes de abertura floral. Alguns indivíduos de *Z. joazeiro* possuem flores que se abrem por volta das 6:00 h, e em outros indivíduos, as flores abrem-se por volta das 12:00 h. As flores são protândricas, e indivíduos com flores que abrem às 6:00 h apresentam flores na fase masculina pela manhã e flores na fase feminina pela tarde. Por outro lado, indivíduos com flores que abrem às 12:00 h apresentam flores na fase masculina pela tarde e flores na fase feminina na manhã do dia seguinte. Conseqüentemente, enquanto um indivíduo inteiro apresenta flores na fase masculina, há, no mesmo horário, outro indivíduo com todas as flores na fase feminina. Em nenhum momento foi observada sobreposição de fases masculina e feminina em um mesmo indivíduo. A proporção de indivíduos com flores nas fases masculina e feminina na mesma população foi de 1:1 ( $n=10$ ).

A fase feminina começa em torno do meio dia em flores que abrem pela manhã (6:00 h) e por volta das 6:00 h do dia seguinte ao início de antese em flores que abrem ao meio dia, estando o estigma receptivo nesses respectivos horários. Após o período de antese, as flores permanecem na inflorescência por mais três ou quatro dias, apresentando nectário amarelo

esbranquiçado não funcional. Portanto, a duração de cada fase sexual em uma flor foi ca. seis horas. As flores apresentam suave odor adocicado. Na fase masculina, o bordo das anteras e o nectário apresentaram reação positiva com o vermelho neutro. Na fase feminina, além do bordo das anteras e do nectário, todo o gineceu corou com o vermelho neutro.

A taxa de produção de néctar variou entre as flores que se abrem em diferentes horários. As flores que abrem pela manhã produziram néctar durante as fases masculina e feminina, em volumes de, em média,  $0,27 \pm 0,18 \mu\text{l}$ , ( $n=10$ ) e  $0,05 \pm 0,06 \mu\text{l}$ , ( $n=10$ ), respectivamente, havendo diferença significativa no volume de néctar produzido entre as duas fases ( $u=7$ ;  $p=0,0012$ ). As flores que se abrem pela tarde produziram néctar apenas na fase masculina, em média  $0,15 \pm 0,07 \mu\text{l}$  ( $n=10$ ), apresentando diferença em relação à fase masculina das flores que abrem pela manhã ( $u=24$ ;  $p=0,0494$ ). O volume de néctar acumulado durante todo o período de antese foi de  $1 \mu\text{l}$  para flores com antese de ambos horários, apresentando concentração de 75%.

As flores de *Ziziphus joazeiro* são pentâmeras, com diâmetro de 5 mm, apresentando cinco sépalas e cinco pétalas de cor verde, cinco estames e um disco nectarífero amarelo que circunda o gineceu (Fig. 2, 3). O gineceu é formado por ovário bicarpelar e bilocular, apresentando um óvulo por lóculo, estilete único e um estigma bifido. O número de grãos de pólen por flor foi em média de  $9.315 \pm 1.862$  ( $n=5$ ) e a viabilidade polínica média de 91%. Na fase masculina, pétalas e estames estão perpendiculares ao receptáculo floral e o gineceu encontra-se bastante curto (Fig. 2). Nesse momento, as pétalas protegem os estames, cobrindo-os, sem, no entanto, impedir a exposição dos grãos de pólen. Ainda durante a fase masculina, as pétalas se movimentam até atingirem o mesmo nível das sépalas e o estilete se alonga. Na fase feminina (Fig. 3), as pétalas reflexas encontram-se no mesmo nível das sépalas, os estames começam a apresentar o mesmo movimento que as pétalas; e os lobos do estigma tornam-se reflexos. As dimensões das estruturas florais variam de acordo com a fase sexual da flor (Tab. 1).

Visitantes florais e disponibilidade polínica – Foram registradas oito espécies de vespas, cinco de moscas e seis de abelhas visitando flores de *Ziziphus joazeiro* (Tab. 2). Néctar foi o único recurso floral procurado pela maioria dos visitantes florais, exceto para *Frieseomelitta flavicornis* Fabricius que também coletava pólen. Ao coletar néctar, *Apis mellifera* Linné não tocava nas anteras ou estigma da flor (Fig. 4). No entanto, ao se deslocar pela inflorescência em busca de outra flor, *Apis mellifera* podia efetuar a transferência de pólen para o estigma. Nesta espécie, os grãos de pólen podem ficar aderidos em qualquer parte do corpo da abelha.

Ao visitar pelo menos cinco vezes cada flor, *Apis mellifera* realizou a polinização em 78% das flores, sendo que 70% das flores apresentaram grãos de pólen emitindo tubo polínico.

As espécies de vespas contatavam as estruturas reprodutivas da flor (antras e estigma) durante a coleta de néctar (Fig. 5), sendo assim consideradas como polinizadores de *Ziziphus joazeiro*. Nas vespas, o local de deposição de pólen é mais definido, ficando os grãos de pólen aderidos às partes bucais do polinizador (Fig. 5). A espécie de vespa da subfamília Thynninae (Tiphidae), no entanto, foi classificada como pilhadora de néctar, uma vez que raramente visitou as flores e apenas na fase masculina. As outras espécies de abelhas e todas as espécies de moscas pousavam nas flores para coleta de néctar, mas não contatavam as estruturas reprodutivas devido ao seu pequeno tamanho, sendo, então, pilhadoras.

O número de espécies visitantes e a frequência das mesmas variaram de acordo com o estágio de floração de *Ziziphus joazeiro*. No início e pico de floração ocorreu o maior número de espécies visitantes (12 e 13 espécies, respectivamente, considerando as diferentes espécies de moscas como um único grupo). No final da floração foram observadas apenas sete espécies visitantes, incluindo o grupo de moscas. *Apis mellifera* contribuiu com o maior número de visitas tanto no início como no pico de floração, 56,2% e 77,5% do total de visitas, respectivamente (Fig. 6). *Polybia ruficeps xanthops* Richards (Vespidae, Polistinae) foi a segunda espécie que mais contribuiu com número de visitas no início da floração (10,6%), reduzindo consideravelmente sua frequência no pico de floração (0,8%). *Brachygastra lecheguana* (Latreille) e *Polybia ignobilis* (Haliday) (Vespidae, Polistinae) mantiveram aproximadamente o mesmo percentual de visitas (ca. 8% e 6%, respectivamente) no início e pico de floração (Fig. 6). Esses últimos foram, portanto, os visitantes que mais contribuíram em termos de percentual de visitas durante a floração de *Ziziphus joazeiro*, excetuando as visitas por *Apis mellifera*. Os outros visitantes florais foram pouco frequentes, cada um contribuindo com menos de 5% do total de visitas. No final da floração, *Frieseomelitta flavicornis* foi responsável por 90,3% do total de visitas (Fig. 6), no entanto, de acordo com o seu comportamento, não realiza a polinização.

As visitas começavam após as 6:00 h, não mais ocorrendo após as 17:45 h (Fig. 7). O período de maior frequência de visitas ocorreu entre 11:00 h e 14:00 h no início, 9:00 h e 11:00 h no pico, e 9:00 h e 12:00 h no fim de floração (Fig. 7). *Apis mellifera*, *Brachygastra lecheguana* e *Poybia ignobilis* visitaram as flores de *Ziziphus joazeiro* ao longo do dia, tanto no início como no pico da floração (Fig. 8). No final da floração, apenas *Apis mellifera*, entre os polinizadores, foi observada, visitando no período de 8:00 h às 9:00 h (Fig. 8). Os outros polinizadores apresentaram horário mais restrito de visitas. Nos três estádios de floração,

houve registro de pelo menos uma espécie pilhadora visitando flores de *Z. joazeiro* ao longo de todo o dia, havendo maior predomínio de pilhadores no final da floração. Todas as espécies de animais foram observadas visitando apenas flores do primeiro dia (flores funcionais), tanto na fase masculina quanto na fase feminina, havendo maior número de visitas em flores na fase feminina ( $\chi^2=289$ ,  $gl=1$ ,  $p<0,001$ ). Esse fato pode ser devido a menor quantidade de néctar produzida nessa fase, necessitando que haja um maior número de visitas para o suprimento alimentar dos visitantes.

O número de grãos de pólen por flor diminuiu acentuadamente nas três primeiras horas de antese em flores que abrem ao meio dia (Fig. 9). No período da tarde, a frequência de visitas é maior logo nos primeiros horários (ver Fig. 7), ocasionando essa acentuada queda na disponibilidade de grãos de pólen. Em flores que abrem pela manhã, a redução na quantidade de grãos de pólen se estendeu para as seis primeiras horas de antese, correspondendo à duração da fase masculina (Fig. 9), talvez pelo fato de a maior frequência de visitas ocorrer apenas no fim da manhã (ver Fig. 7). O fato de, na fase feminina, as anteras ainda apresentarem alguma quantidade de grãos de pólen pode permitir que ocorra a geitonogamia mediada pelos polinizadores ao se deslocarem pela inflorescência.

Eficácia reprodutiva – O sucesso reprodutivo na polinização cruzada não apresentou diferença em relação à polinização natural, apresentando índice de eficácia reprodutiva de 0,4 (Tab. 3). O número de frutos formados por inflorescência variou entre um e dois, havendo, raramente, inflorescências com três frutos formados. Não houve correlação entre o número de flores e de frutos por inflorescência.

## **Discussão**

Fenologia reprodutiva e biologia floral – *Ziziphus joazeiro* apresentou padrão de floração do tipo cornucópia de acordo com a classificação de Gentry (1974), uma vez que produziu muitas flores ao longo de várias semanas, mostrando certo grau de sazonalidade. A floração de *Z. joazeiro* também pode ser classificada como anual, segundo classificação de Newstrom *et al.* (1994), pois apresentou apenas um ciclo (período de floração seguido de intervalo sem floração) no período de um ano. Alguns trabalhos registraram a sazonalidade da floração e frutificação em espécies da caatinga, sendo influenciada principalmente pela precipitação (Machado *et al.* 1997; Griz & Machado 2001; Barbosa *et al.* 2003). A floração e frutificação ocorreram no fim do período seco e início do período chuvoso, respectivamente, de acordo

com o encontrado por Barbosa *et al.* (1989), Pinheiro *et al.* (1991), Machado (1990), Machado *et al.* (1997) e Griz & Machado (2001). No entanto, Pinheiro *et al.* (1991) registraram diferença no período de floração e frutificação entre os dois tipos de indivíduos de *Ziziphus joazeiro*. Essa diferença não ocorreu na área estudada. A ocorrência de frutificação no período chuvoso pode favorecer a dispersão das sementes e o estabelecimento de plântulas (Bawa 1983; Primack 1987).

O fato de as flores de *Z. joazeiro* permanecerem na inflorescência após o período de antese pode estar relacionado ao aumento da atração floral para os polinizadores, uma vez que o padrão de floração pode estar relacionado ou influenciar a longevidade floral (Primack 1985). Espécies que apresentam padrão cornucopia (*sensu* Gentry 1974) geralmente possuem flores que duram apenas um dia, produzem néctar como recurso floral e são visitadas por amplo espectro de visitantes florais (Primack 1985). *Ziziphus joazeiro* apresentou todas essas características.

A seqüência de antese e as fases florais de *Ziziphus joazeiro* descritas neste trabalho já haviam sido mencionadas de forma semelhante por Pinheiro *et al.* (1991). *Ziziphus spinachristi* (L.) Willd. (Galil & Zeroni 1967) e *Z. mucronata* Willd. (Zietsman 1990) também apresentaram protandria com fases florais de comportamento semelhante a *Z. joazeiro*, com dois grupos de indivíduos com horários diferentes de abertura das flores. Essa diferença no horário de antese favorece a polinização cruzada, uma vez que em um mesmo indivíduo não há sobreposição de fases sexuais, impedindo que ocorra a geitonogamia (Lloyd & Webb 1986). Pinheiro *et al.* (1991) ainda relatam uma sobreposição das fases sexuais em *Z. joazeiro* no final de floração, o que, no entanto, não foi observado no presente estudo. A presença desses dois grupos de indivíduos, juntamente com a ocorrência de dicogamia, caracteriza um tipo de heterodicogamia, descrito por Lloyd e Webb (1986) e que tem sido relatada para um total de 11 famílias e 17 gêneros (Renner 2001). Além das espécies de *Ziziphus* citadas anteriormente, *Z. jujuba* e *Z. mauritiana* também apresentam heterodicogamia (Renner 2001).

A produção de néctar foi maior na fase masculina, diferente do encontrado por Pinheiro *et al.* (1991). Essas autoras observaram baixa produção de néctar no início da antese (correspondendo à fase masculina), atingindo o clímax na fase feminina. No entanto, em nenhum momento as autoras quantificaram o volume de néctar. Na população estudada, ao contrário do relatado por Pinheiro *et al.* (1991), flores na fase feminina produziram menor quantidade de néctar ou, dependendo do tipo de indivíduo, não produziram néctar. A produção de pouca quantidade de néctar é característica de flores polinizadas por pequenos animais (Faegri & Pijl 1979), como é o caso de *Z. joazeiro*. A concentração de açúcares no

néctar também está relacionada com o tipo de visitante floral (Baker 1975; Faegri & Pijl 1979; Proctor *et al.* 1996). Segundo Baker (1975), flores visitadas por abelhas e vespas apresentam alta concentração de açúcares no néctar (13-50%), o que foi encontrado para *Z. joazeiro* no presente estudo, tendo concentração maior (75%) do que o intervalo estabelecido por Baker (1975). Além do volume e da concentração de açúcares no néctar, *Z. joazeiro* também apresentou outras características comuns às espécies polinizadas por vespas, tais como flores claras, com corola curta permitindo fácil acessibilidade ao néctar e emissão de odor adocicado (*sensu* Faegri & Pijl 1979; Endress 1994; Proctor *et al.* 1996). As observações diretas no campo constataram as espécies de vespas e uma espécie de abelha, *Apis mellifera* como os principais polinizadores de *Z. joazeiro*.

Visitantes florais – *Apis mellifera*, por possuir aparelho bucal comprido em relação ao tamanho da flor, não toca nas estruturas reprodutivas ao coletar néctar, podendo efetuar a polinização durante o seu deslocamento pela inflorescência. Entretanto, devido à sua alta frequência de visitas e a alta taxa de polinização efetiva em apenas cinco visitas (70%), essa abelha apresentou um importante papel como polinizador de *Z. joazeiro*. No estudo de Pinheiro *et al.* (1991), *A. mellifera* foi considerada polinizador efetivo de *Z. joazeiro*. As vespas, possuindo aparelho bucal mais curto que *A. mellifera*, efetuavam a polinização tocando nas anteras e no estigma durante a coleta de néctar, sendo consideradas também como importantes polinizadores de *Z. joazeiro*, no presente estudo.

Entre as espécies de vespas, *Brachygastra lecheguana* e *Polybia ignobilis* foram consideradas os principais polinizadores de *Z. joazeiro*, pois estas contribuíram com maior percentual de visitas ao longo de todo o dia. Todos os polinizadores de *Ziziphus joazeiro*, excetuando-se *Apis mellifera*, são espécies nativas da região, sendo *Z. joazeiro* uma importante fonte de recurso alimentar para elas. *Apis mellifera* tem papel importante na polinização de *Ziziphus joazeiro*, principalmente no final da floração, quando não foram registradas visitas dos polinizadores nativos. No entanto, a baixa frequência ou ausência desses últimos durante a floração de *Z. joazeiro* pode ser devido à alta frequência de *Apis mellifera*. Portanto, essa espécie de abelha pode estar afetando negativamente a disponibilidade de recurso alimentar para as espécies polinizadoras nativas. Espécies da tribo Meliponini foram encontradas visitando as flores de *Ziziphus joazeiro*, de modo semelhante ao já registrado por Marinho *et al.* (2002), que reportaram *Z. joazeiro* como importante recurso alimentar para essas espécies. No entanto, no presente trabalho, as abelhas da tribo Meliponini não foram frequentes e não realizavam a polinização em *Z. joazeiro*. Machado

(1990) registrou ainda visitas de *Trigona spinipes* às flores de *Z. joazeiro*, no entanto, essa abelha não foi observada no presente estudo.

Eficácia reprodutiva – O número de frutos formados naturalmente foi bem menor do que o número de flores produzidas e, segundo Stephenson (1981), a produção excessiva de flores, como no caso de *Ziziphus joazeiro*, pode estar relacionada a algumas estratégias que aumentam o “fitness” da planta, tais como aumento da atratividade para o polinizador ou aborto seletivo de frutos, considerados como “de baixa qualidade”. Dificilmente o baixo percentual de frutos formados sob condições naturais em *Z. joazeiro* seria resultado da baixa eficiência de polinizadores, apesar de essa espécie ter apresentado eficácia reprodutiva relativamente baixa, que refletiria a eficiência dos polinizadores (Zapata e Arroyo 1978). Um indicativo para a alta eficiência dos polinizadores em *Z. joazeiro* pode ser o fato de a espécie ter apresentado, algumas vezes, até cinco ou mais frutos em estágio de desenvolvimento inicial em uma única inflorescência. Como na fase de maturação de frutos cada inflorescência produz de um a dois frutos, raramente três, a baixa produção de frutos realmente deve estar mais relacionada com o aborto de frutos jovens do que com a eficiência dos polinizadores.

Desse modo, os polinizadores de *Ziziphus joazeiro* têm papel fundamental para a sua reprodução sexuada, uma vez que a heterodicogamia presente na espécie impossibilita a formação de frutos por autopolinização espontânea ou geitonogamia.

## **Agradecimentos**

Aos MSc. Ana Virgínia Leite (UFPE) pela constante ajuda nas atividades de campo e André Santos (UFPE) pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho, à Dona Ana Maria Almeida pela permissão em desenvolver este trabalho em áreas de sua propriedade particular, a Fazenda Dona Soledade. Ao Dr. Orlando Tobias Silveira (MPEG/PA) pela gentileza na identificação das espécies de vespas, às Dras. Patrícia Albuquerque e Márcia Rego (UFMA) pela identificação das abelhas, ao Governo da Paraíba por disponibilizar os dados pluviométricos na internet, à CAPES pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências bibliográficas

- Aguiar, C.M.L.; Zanella, F.C.V.; Martins, C.F. & Carvalho, C.A.L. 2003. Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na caatinga para obtenção de recursos florais. **Neotropical Entomology** **32**: 247-259.
- Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D.L. & Santos, A.S. 2003. **BioEstat 3.0. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Sociedade Civil Mamirauá / MCT-CNPq / Conservation International.
- Baker, H.G. 1975. Sugar concentration in nectars from hummingbird flowers. **Biotropica** **7**: 37-41.
- Barbosa, D.C.A.; Alves, J.L.H.; Prazeres, S.M. & Paiva, A.M.A. 1989. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Botânica Brasilica** **3**: 109-117.
- Barbosa, D.C.A.; Barbosa, M.C.A. & Lima, L.C.M. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. Pp. 657-693. In: I.R. Leal; M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Barros, N.N.; Freire, L.C.L.; Lopes, E.A. & Johnson, W.L. 1991. Valor nutritivo do feno de juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) para caprinos e ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **26**: 1299-1304.
- Barroso, G.M. 1991. Rhamnaceae. Pp. 237-239. In: G.M. Barroso (ed.). **Sistemática de Angiospermas do Brasil. v. 2**. Viçosa, Imprensa Universitária.
- Bawa, K.S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. Pp. 394-410. In: C.E. Jones & R.J. Little (eds.). **Handbook of Experimental Pollination Biology**. New York, Van Nostrand Reinhold.
- Bencke, C.S.C. & Morellato, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** **25**: 269-275.
- Braga, R. 1976. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Natal, ESAM.
- CNIP – Centro Nordestinho de Informações sobre Plantas**. [on line] Disponível na Internet via [www.url: http://www.cnip.org.br](http://www.cnip.org.br). Consulta realizada em 02/julho/2005.
- Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution** **31**: 32-46.
- Dafni, A. 1992. **Pollination ecology: a practical approach**. New York, Oxford University Press.

- Endress, P.K. 1994. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Faegri, K. & Pijl, L. van der. 1979. **The principles of pollination ecology**. Oxford, Pergamon Press.
- Fournier, L.A. 1974. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba** 24: 422-423.
- Galil, J. & Zeroni, M. 1967. On the pollination of *Zizyphus spina-christi* (L.) Willd. in Israel. **Israel Journal of Botany** 16: 71-77.
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** 6: 64-68.
- Giulietti, A.M.; Harley, R.M.; Queiroz, L.P.; Barbosa, M.R.V.; Bocage Neta, A.L. & Figueiredo, M.A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. Pp. 103-115. In: E.V.S.B. Sampaio; A.M. Giulietti; J. Virgínio & C.F.L. Gamarra-Rojas (eds.). **Vegetação & Flora da Caatinga**. Recife, Associação Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordestino de Informação sobre Plantas – CNIP.
- Governo da Paraíba**. [on line]. Disponível na Internet via [www.url: http://www.paraiba.pb.gov.br](http://www.paraiba.pb.gov.br). Consulta realizada em 15/março/2005.
- Griz, L.M.S. & Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 17: 303-321.
- Joly, A.B. 1998. Rhamnaceae. Pp. 446-448. In: A.B. Joly (ed.). **Botânica: Introdução à Taxonomia Vegetal**. São Paulo, Companhia Editora Nacional.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. 1999. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Massachusetts, Sinauer Associates.
- Kearns, C.A. & Inouye, D.W. 1993. **Techniques for pollination biologists**. Colorado, University Press of Colorado.
- Lloyd, D.G. & Webb, C.J. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. **New Zealand Journal of Botany** 24: 135-162.
- Lorenzi, H. 1998. *Zizyphus joazeiro*. Pp. 299. In: H. Lorenzi (ed.). **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil**. v. 1. Nova Odessa, Editora Plantarum.
- Machado, I.C. 1990. **Biologia floral de espécies de caatinga no município de Alagoinha (PE)**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

- Machado, I.C.S.; Barros, L.M. & Sampaio, E.V.S.B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. **Biotropica** **29**: 57-68.
- Marinho, I.V.; Freitas, M.F.; Zanella, F.C.V. & Caldas, A.L. 2002. Espécies vegetais da caatinga utilizadas pelas abelhas indígenas sem ferrão como fonte de recursos e local de nidificação. In: **Anais I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**.
- Martin, F.W. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. **Stain Technology** **34**: 125-128.
- Newstrom, L.E.; Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** **26**: 141-159.
- Pinheiro, M.C.B.; Ormond, W.T. & Castro, A.C. 1991. Biologia da reprodução e fenologia de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Biologia** **51**: 143-152.
- Prado, D.E. 2003. As caatingas da América do Sul. Pp. 3-73. In: I.R. Leal; M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Primack, R.B. 1985. Longevity of individual flowers. **Annual Review of Ecology and Systematics** **16**: 15-37.
- Primack, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** **18**: 409-430.
- Proctor, M.; Yeo, P. & Lack, A. 1996. **The natural history of pollination**. Oregon, Timber Press.
- Radford, A.E.; Dickinson, W.C.; Massey, J.R. & Bell, C.R. 1974. **Vascular plant systematics**. New York, Harper & Row Publishers.
- Renner, S.S. 2001. How common is heterodichogamy? **Trends in Ecology & Evolution** **16**: 595-597.
- Robinson, I. 1924. Die färbungsreaktion der narbe, stigmatochromie, als morpho-biologische Blütenuntersuchungsmethode. **Sitzungsberichten Akademischer Wissenschaft Wien, Mathematics, Abteilung** **133**: 180-213.
- Stephenson, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics** **12**: 253-279.
- Vogel, S. 1990. **The role of scent glands in pollination**. New Delhi, Amerind Publishing.
- Zapata, T.R. & Arroyo, M.T.K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica** **10**: 221-230.

Ziestman, P.C. 1990. Pollination of *Ziziphus mucronata* subsp. *mucronata* (Rhamnaceae).  
**Suid Afrikaanse Tydskrift Plantk 56: 350-355.**

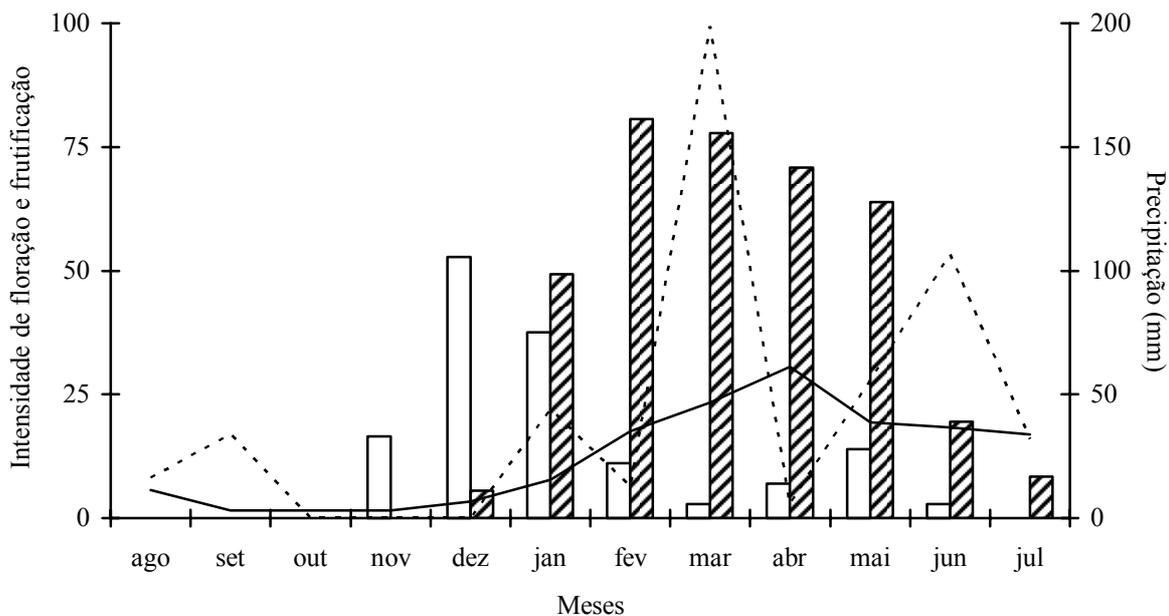


Figura 1. Intensidade de floração (□) e frutificação (▨) de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) durante o período de agosto/2004 a julho/2005, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. Precipitação mensal histórica (—) e entre o período de agosto/2004 a julho/2005 (---) do município de Boa Vista/PB.



Figuras 2-5. Flores e visitantes florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. 2. Flores na fase masculina; 3. Flor na fase feminina; 4. *Apis mellifera*; 5. *Brachygastra lecheguana*.

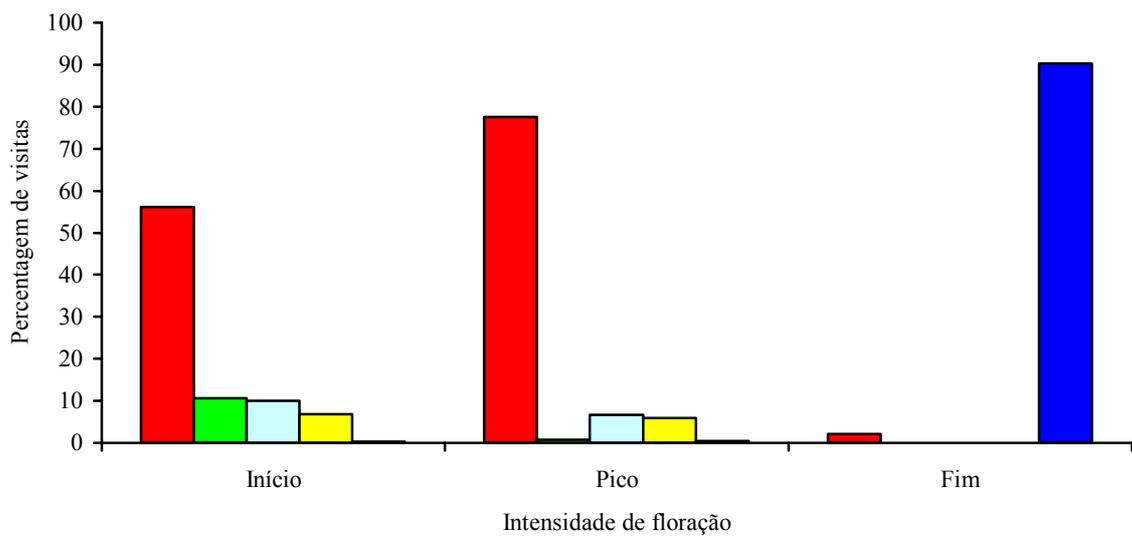


Figura 6. Percentual de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) de algumas espécies visitantes no início, pico e fim de floração, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Apis mellifera* (■), *Polybia ruficeps xanthops* (■), *Brachygastra lecheguana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■).

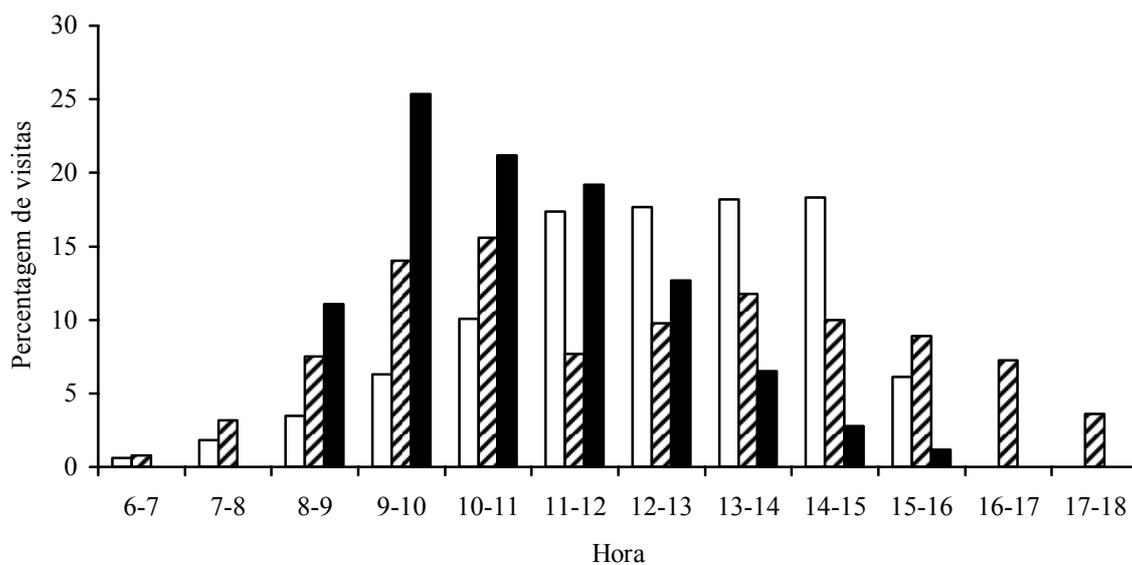


Figura 7. Percentual de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) ao longo do dia em indivíduos no início (□), pico (▨) e fim (■) de floração, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba.

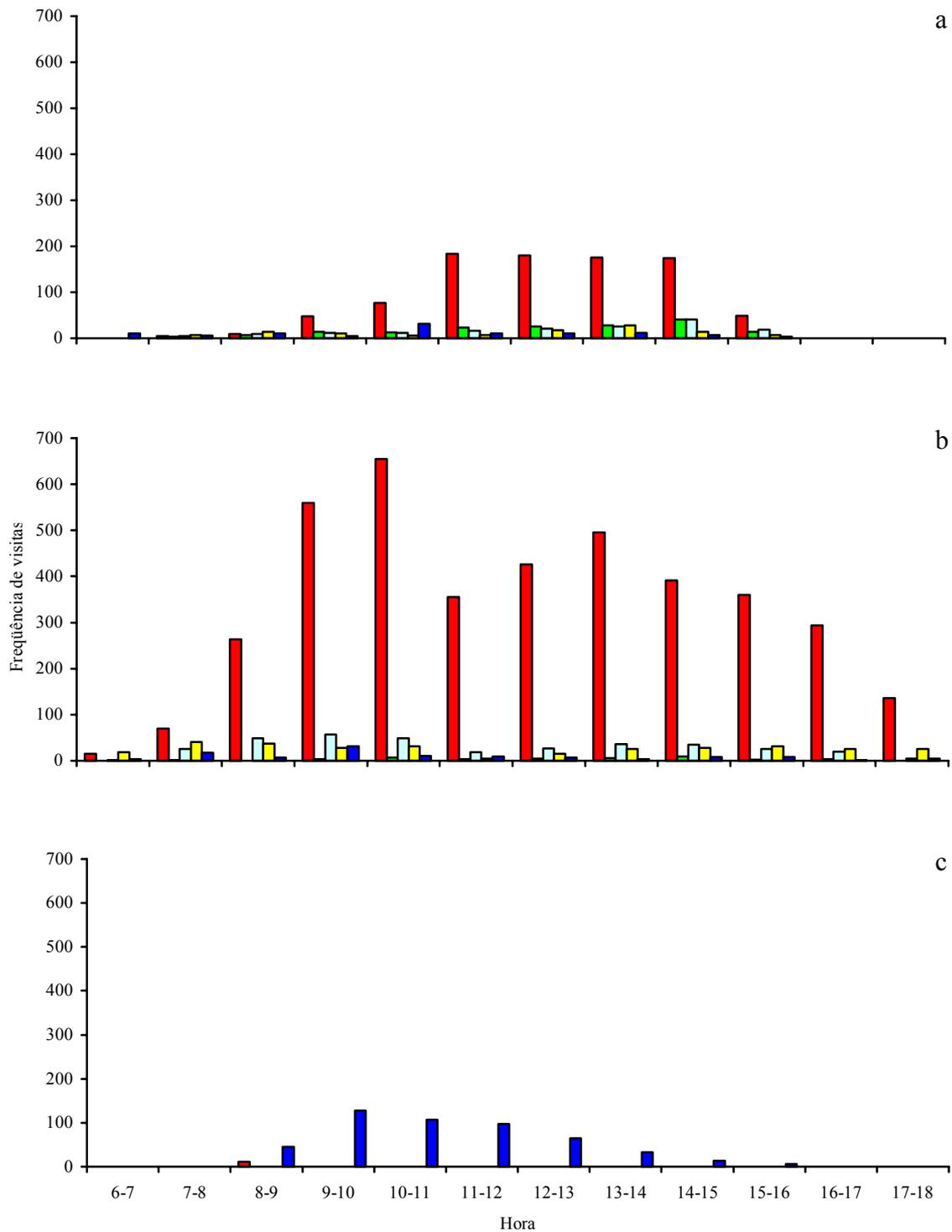


Figura 8. Frequência de visitas às flores de *Ziziphus joazeiro* Mart. em diferentes estágios de floração, início (a), pico (b) e fim (c), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Apis mellifera* (■), *Polybia ruficeps xanthops* (■), *Brachygastra lecheguana* (■), *Polybia ignobilis* (■) e espécies pilhadoras (■).

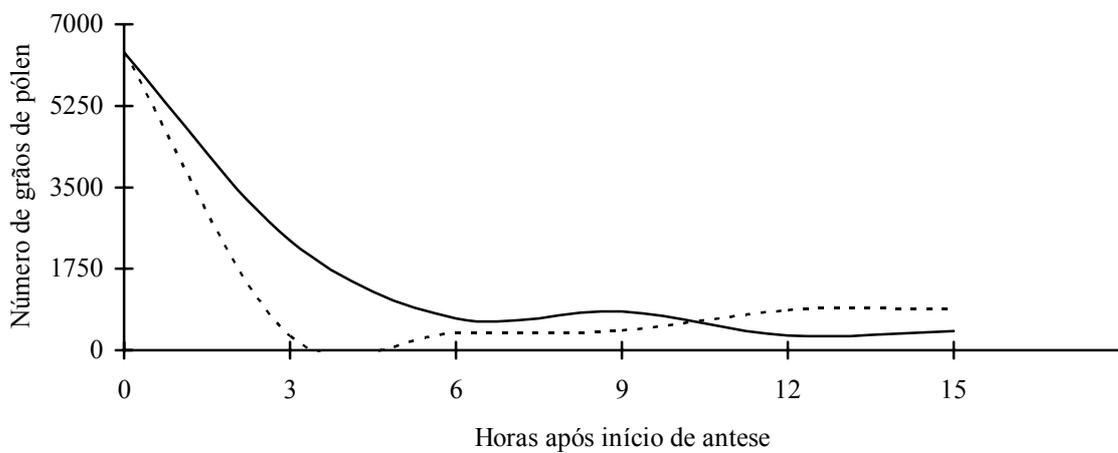


Figura 9. Disponibilidade de grãos de pólen durante a antese floral de flores que abrem no período da manhã (—) e em flores que abrem ao meio dia (---) de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba.

Tabela 1. Quantidade e dimensões das estruturas florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), de acordo com as fases sexuais, masculina (♂) e feminina (♀). Medidas feitas em uma população na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. \*Diâmetro.

Caracteres florais	Quantidade	Dimensões (mm)	
		Fase ♂	Fase ♀
Cálice (sépalas)*	5	5	5
Corola (pétalas)	5	1	2
Estames	5	1	2
Grãos de pólen/flor	9.315 ( $\pm 1.862$ )	-	-
Gineceu (carpelos/lóculos)	2/2	-	1
Óvulos/flor	2	-	-

Tabela 2. Visitantes florais de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), comprimento do corpo, local de deposição do pólen (LDP), estádios de floração em que foram registrados, recursos coletados e resultado de suas visitas. Observações feitas na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. ND = não definido, PB = partes bucais, I = início de floração, P = pico de floração, F = fim de floração, N = néctar, PL = pólen, PO = polinizador, PI = pilhador.

Visitantes	Comprimento (mm)	LDP	Estádio de floração	Recurso coletado	Classificação
<b>Abelhas</b>					
<b>Apidae</b>					
<i>Apis mellifera</i>	10	ND	I/P/F	N	PO
<i>Frieseomelitta flavicornis</i>	5	-	I/P/F	N	PI
<i>Scaptotrigona postica flavisetis</i>	5	-	P/F	N	PI
<i>Trigona fuscipennis</i>	6	-	P/F	N	PI
<i>Trigonisca pediculana</i>	2	-	I/P/F	N/PL	PI
<b>Halictidae</b>					
Sp.1	-	-	F	N	PI
<b>Vespas</b>					
<b>Cabronidae</b>					
<i>Larra</i> sp.	19	PB	I/P	N	PO
<b>Tiphiidae, Thynninae</b>					
Sp.1	10	-	I	N	PI
<b>Vespidae, Polistinae</b>					
<i>Brachygastra lecheguana</i>	9	PB	I/P	N	PO
<i>Polistes canadensis</i>	21	PB	I/P	N	PO
<i>Polybia ignobilis</i>	13	PB	I/P	N	PO
<i>Polybia ruficeps xanthops</i>	9	PB	I/P	N	PO
<i>Polybia</i> sp. grupo <i>occidentalis</i>	10	PB	I/P	N	PO
<i>Protonectarina sylveirae</i>	8	PB	I/P	N	PO
Moscas (4 spp.)	-	-	I/P/F	N	PI

Tabela 3. Número de frutos formados por inflorescência e sucesso reprodutivo de *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) sob condições naturais e através de polinização cruzada manual para análise da eficácia reprodutiva, na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba.

Tratamento	Inflorescências	Flores/Frutos	Sucesso (%)
Polinização natural	30	781/10	1,3
Polinização cruzada	15	67/2	3
Eficácia reprodutiva			0,4

## 4.2 CAPÍTULO 2

---

Polinização de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga

(Manuscrito a ser enviado para o periódico Revista Brasileira de Botânica)

**Polinização de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga**

TARCILA DE LIMA NADIA<sup>1,3</sup>, ISABEL CRISTINA MACHADO<sup>2</sup> & ARIADNA VALENTINA LOPES<sup>2</sup>

Título resumido: Polinização de *Spondias tuberosa*

---

1. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, 50372-970 Recife, PE, Brasil.

2. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, 50372-970, Recife, PE, Brasil.

3. Autor para correspondência: [tarcinadia@yahoo.com.br](mailto:tarcinadia@yahoo.com.br)

**ABSTRACT** – (Pollination of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) and analysis of pollinators share with *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), fruit species and endemics of caatinga). *Spondias tuberosa*, an endemic species of caatinga, has a great economic importance, because its fruits are much commercialized. Although its importance, there are not researches concerning floral and pollination biology of this species, which are important to agriculture research. Therefore, the objective of this study was to analyse the reproductive phenology, floral biology and pollination of *Spondias tuberosa*, and to compare the similarity of its pollinators with those of *Ziziphus joazeiro*, in the caatinga, Boa Vista, Paraíba. The flowering and fruiting season occurred at the end of dry season and during the whole wet season, respectively. *Spondias tuberosa* is andromonoecious and possess hermaphrodites and male flowers on the same inflorescence. The flowers are white and have two groups of stamens. The hermaphrodite flowers have a pentacarpelar gynoecium with a single ovule while the male flowers present a pistiloid. The opening of flowers changes according to development stage of the inflorescence. The majority of hermaphrodite flowers open on the initial development stage. The anthesis began at 5:00h a.m., lasting two days to hermaphrodite flowers and one day to male flowers. Eight species of wasps, six of bees and four of flies were registered visiting flowers of *Spondias tuberosa*. *Scaptotrigona postica flavisetis*, *Trigona fuscipennis* (Apidae) and *Polybia ignobilis* (Vespidae) were the mainly pollinators. The coefficient of similarity between the pollinators of *Spondias tuberosa* and *Ziziphus joazeiro* was low, suggesting that the reproductive success of these species was not affected by pollinator's share, despite the fact that flowering occur in the same time for both species.

Key words – andromonoecy, *Spondias tuberosa*, umbuzeiro, edible drupe, caatinga

**RESUMO** – (Polinização de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga). *Spondias tuberosa*, espécie endêmica da caatinga, apresenta grande importância econômica, pois seus frutos são bastante comercializados. Apesar de sua importância, não há estudos que tratem da biologia floral e da polinização dessa espécie, que são básicos para pesquisas em agricultura. Nesse trabalho, portanto, foram analisados aspectos da fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de *Spondias tuberosa*, bem como o grau de similaridade entre seus polinizadores e os de *Ziziphus joazeiro*, no município de Boa Vista, Paraíba. A floração e frutificação ocorreram no fim da estação seca e durante todo o período

chuvoso, respectivamente. *Spondias tuberosa* é andromonóica, possuindo flores hermafroditas e masculinas em uma mesma inflorescência. As flores são brancas e apresentam dois grupos de estames. As flores hermafroditas possuem gineceu pentacarpelar com um único óvulo e as masculinas apresentam pistilódio. A abertura das flores variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da inflorescência, abrindo a maior parte das flores hermafroditas nos estádios iniciais. A antese iniciou às 5:00 h, tendo duração de dois dias em flores hermafroditas e de um dia nas masculinas. Foram registradas oito espécies de vespas, seis de abelhas e quatro de moscas visitando as flores de *Spondias tuberosa*, sendo as espécies *Scaptotrigona postica flavisetis*, *Trigona fuscipennis* (Apidae) e *Polybia ignobilis* (Vespidae) as principais polinizadoras. O grau de similaridade entre os visitantes florais de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* foi baixo, sugerindo que o sucesso reprodutivo das espécies não foi afetado pela partilha de polinizadores, apesar da floração ter ocorrido na mesma época.

Palavras-chave – andromonoícia, *Spondias tuberosa*, umbuzeiro, espécies frutíferas, caatinga

## Introdução

A família Anacardiaceae tem distribuição pantropical, sendo constituída por cerca de 80 gêneros e 600 espécies, dos quais cerca de 13 gêneros e 68 espécies ocorrem no Brasil (Barroso 1991). Muitas espécies de Anacardiaceae são conhecidas por serem plantas frutíferas de alto valor econômico (*Anacardium occidentale*, caju; *Mangifera indica*, manga; *Pistacia vera*, pistache; *Spondias cytherea*, cajá-manga; *S. mombim*, cajá; *S. purpurea*, cirigüela; *S. tuberosa*, umbu), por produzirem boa madeira (*Astronium fraxinifolium*, *A. lecointein*, muiiraquatiara; *A. urundeuva*, aroeira; *Schinopsis brasiliensis*, baraúna; *Schinus terebinthifolius*) ou substâncias usadas na indústria e na medicina (*Pistacia cabulica*, *P. lentiscus*, *Schinopsis lorentzii*) (Barroso 1991, Barros 1995).

*Spondias tuberosa* é endêmica do semi-árido brasileiro (Drumond *et al.* 2001, Giulietti *et al.* 2002), ocorrendo desde o Piauí, na região Nordeste, até o norte de Minas Gerais (Epstein 1998; Lorenzi 1998). Conhecida popularmente como umbuzeiro ou imbuzeiro, apresenta muitas utilidades econômicas, sendo seu fruto comercializado *in natura* ou em forma de polpa (Lederman *et al.* 1992, Cavalcanti *et al.* 2000). Pode ser cultivada em larga escala, tanto para a alimentação humana, quanto para suplementação alimentar de animais (Cavalcanti *et al.* 2000). Suas raízes e folhas também podem ser utilizadas como alimento e a água armazenada nas raízes pode ser utilizada na medicina popular (Epstein 1998). Além da importância econômica, *S. tuberosa* apresenta grande valor ecológico, fornecendo recursos florais, tais como néctar e pólen, bem como local de nidificação para algumas abelhas da tribo Meliponini (Marinho *et al.* 2002).

Devido à sua importância econômica, estudos foram realizados visando o cultivo, desenvolvimento, colheita e processamento dos frutos de *S. tuberosa* (Epstein 1998, Cavalcanti *et al.* 1999, 2000). Apesar das várias pesquisas desenvolvidas acerca do aproveitamento econômico de *S. tuberosa*, há carência de estudos sobre a biologia floral e a polinização dessa espécie. Estes estudos são importantes para a conservação da espécie, tendo em vista que *S. tuberosa* é explorada de forma extrativista em inúmeros locais de ocorrência natural sem que se conheçam os seus polinizadores e o grau de dependência dos mesmos na formação de frutos.

Neste estudo objetivou-se, então, estudar a biologia floral e a ecologia de polinização desta espécie, bem como analisar o grau de similaridade entre os seus visitantes florais e os de *Ziziphus joazeiro* (Rhamnaceae), outra espécie frutífera da caatinga, sendo ambas sincronopátricas na área estudada.

## Material e Métodos

Local de estudo – O estudo foi realizado na Fazenda Dona Soledade, entre os municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil (7°20'30,7''S e 36°18'5,8''W). A fazenda Dona Soledade é uma área particular com vegetação de Caatinga, possuindo cerca de 690 ha. A região apresenta precipitação média anual de 330 mm e está localizada na Região do Cariri paraibano, onde o período chuvoso ocorre de fevereiro a maio (Governo da Paraíba 2005), havendo um longo período de estiagem (cerca de oito meses), apresentando o registro mais baixo de chuvas das caatingas (Prado 2003).

Fenologia reprodutiva e biologia floral – Foram marcados dez indivíduos de *Spondias tuberosa* para acompanhamento fenológico quinzenal, sendo utilizada metodologia de Fournier (1974) para quantificar a porcentagem de flores e frutos por indivíduo, obtendo-se, assim, a intensidade de floração e frutificação na população (Bencke & Morellato 2002). As observações fenológicas foram realizadas no período de agosto de 2004 a julho de 2005. O padrão fenológico da floração apresentado nesse período foi classificado a partir das proposições de Gentry (1974) e Newstrom *et al.* (1994).

O número de flores por inflorescência foi quantificado, no campo, em quinze inflorescências ainda jovens de dez indivíduos diferentes, considerando as flores abertas e os botões. O desenvolvimento da inflorescência foi acompanhado contando-se o número de flores hermafroditas e masculinas que se abriam por dia. A distribuição dos diferentes tipos florais e suas proporções foram registradas considerando a base, o meio e o ápice da inflorescência, sendo a base formada pelas duas primeiras ramificações, o ápice pelas três últimas e o meio pelas demais ramificações da inflorescência entre a base e o ápice (figura 1).

A longevidade floral foi acompanhada em flores hermafroditas e masculinas, marcando-se botões em pré-antese e acompanhando-os desde a sua abertura até a senescência. A receptividade do estigma foi verificada efetuando-se polinizações cruzadas em dez flores do primeiro e dez do segundo dia de dois indivíduos diferentes (n=20), sendo estas coletadas após seis horas da polinização e fixadas em FAA<sub>70</sub> (Dafni 1992). Posteriormente, estas flores foram coradas com azul de anilina, segundo técnica de Martin (1959), e analisadas sob microscópio de fluorescência para verificação da germinação de grãos de pólen. Para efetuar as polinizações cruzadas (n=20), foram utilizados grãos de pólen de flores hermafroditas e masculinas separadamente (cinco flores do primeiro e cinco do segundo dia receberam grãos de pólen oriundos de flores hermafroditas e as outras cinco flores do primeiro e do segundo dia receberam grãos de pólen oriundos de flores masculinas).

Para verificar emissão de odor, flores foram colocadas em um recipiente de vidro com tampa, sendo destampados e cheirados após 30 minutos (Dafni 1992, Kearns & Inouye 1993). Para localização e delimitação do nectário e das possíveis áreas de emissão de odor, dez flores previamente ensacadas, provenientes de cinco indivíduos, foram mergulhadas em solução de vermelho neutro, sendo observadas as partes florais coradas (Vogel 1990, Dafni 1992, Kearns & Ynouye 1993). O volume e a concentração de açúcares no néctar não foram possíveis de ser mensurados devido à pequena quantidade produzida (inferior a 1 µl).

Flores de *Spondias tuberosa* foram coletadas para análise da morfologia floral em laboratório, sob estereomicroscópio. O número de grãos de pólen de cada um dos dois tipos de antera, tanto de flores hermafroditas quanto de masculinas, foi obtido através de contagem direta com auxílio de lamínula quadriculada sob microscópio óptico. Para esta contagem, os grãos de pólen foram corados com carmim acético, tendo sido obtida, concomitantemente, a viabilidade polínica (Radford *et al.* 1974). Estas análises foram feitas utilizando-se todas as 10 anteras de 16 botões em pré-antese (oito hermafroditas e oito masculinos) de quatro indivíduos diferentes.

Eficácia reprodutiva – Para observar o número de frutos formados por inflorescência sob condições naturais, foram marcadas 28 inflorescências e contado o número total de flores e de botões, sendo posteriormente calculado o número de flores hermafroditas para cada inflorescência através da proporção média de flores hermafroditas por inflorescência. Outras 10 inflorescências jovens foram ensacadas e, à medida que as flores se abriam, foram realizadas polinizações cruzadas em cerca de 30% das flores hermafroditas de cada inflorescência, para se detectar a capacidade suporte de frutos por inflorescência. A partir dos resultados desses dois tratamentos foi calculada a eficácia reprodutiva (Zapata & Arroyo 1978). Para verificar a formação de frutos dependendo do doador de pólen, vinte flores, previamente ensacadas, de cinco indivíduos diferentes receberam grãos de pólen oriundos de flores hermafroditas, e outras vinte receberam de flores masculinas.

Visitantes florais e disponibilidade de pólen – O comportamento dos visitantes florais foi verificado diretamente em campo em plantas focais e também a partir da análise de fotografias. Os visitantes florais foram classificados como polinizadores efetivos, polinizadores ocasionais ou pilhadores, levando em consideração a morfologia do animal visitante, seu comportamento e sua frequência. Espécimes-testemunho dos visitantes florais foram coletados e montados à seco para identificação por especialistas, estando depositados na Coleção Entomológica do Laboratório de Biologia Floral e Reprodutiva, Universidade Federal de Pernambuco.

A frequência dos visitantes florais foi calculada para dois indivíduos durante o início, pico e fim de floração. Foi considerado em início de floração o indivíduo que apresentava mais de 75% de botões florais, até 25% de flores abertas e nenhum fruto formado ou em desenvolvimento. Indivíduos em pico de floração apresentavam até 25% de botões florais, de 50% a 75% de flores abertas e até 25% de frutos em desenvolvimento. O fim de floração foi caracterizado por indivíduos que possuíam menos de 25% de flores abertas, pouco ou nenhum botão floral e mais de 75% de frutos formados ou em desenvolvimento.

A disponibilidade de pólen durante as visitas às flores de *Spondias tuberosa* foi verificada coletando-se duas flores de cada tipo floral a cada quatro horas após o início da antese até a senescência, totalizando 12 flores hermafroditas e seis flores masculinas. Os grãos de pólen de todas as anteras de cada flor foram retirados e colocados em lâmina histológica, corados com carmim acético e fixados com glicerina para posterior contagem sob estereomicroscópio.

A similaridade das guildas de visitantes florais de *Spondias tuberosa* e de *Ziziphus joazeiro* foi calculada utilizando-se o Coeficiente de Jaccard (Krebs 1989). Para verificar se a partilha de polinizadores afeta o sucesso reprodutivo dessas duas espécies, 58 inflorescências foram marcadas e deixadas livres para formação natural de frutos nas seguintes situações: (1) período em que apenas *Spondias tuberosa* estava em floração (novembro/2003) (n=13); (2) período em que apenas *Ziziphus joazeiro* estava em floração (fevereiro/2004) (n=15); e (3) período em que as duas espécies estavam em floração sincronicamente (novembro/2004) (n=15 para cada espécie).

Análises estatísticas – Os dados de grãos de pólen por antera foram testados quanto à normalidade através do teste de Lilliefors. Para comparar as médias de grãos de pólen por antera entre estames (estames curtos e longos) e entre os dois tipos florais (flores hermafroditas e masculinas), foi utilizado o teste Kruskal-Wallis. O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados referentes ao número de flores hermafroditas e masculinas por inflorescência. Para testar a diferença entre o número de flores hermafroditas e masculinas por inflorescência foi utilizado o teste t para amostras relacionadas. Por último, foi calculado o qui-quadrado para verificar diferenças na formação de frutos entre os tratamentos referentes à eficácia reprodutiva, à polinização cruzada dependendo de doador de pólen e à partilha de polinizadores. Os testes estatísticos foram feitos com auxílio do programa BioEstat 3.0 (Ayres *et al.* 2003).

## Resultados

Fenologia reprodutiva e biologia floral – Durante o período de observação, *Spondias tuberosa* floresceu entre os meses de novembro a fevereiro, correspondendo ao fim da estação seca e início da chuvosa na área de estudo, com o pico no mês de dezembro e apresentando ainda alguns indivíduos com poucas flores nos meses de março e abril (figura 2). A frutificação iniciou-se também no mês de novembro, ainda na estação seca, estendendo-se durante todo o período chuvoso, até o mês de maio. O pico de frutificação ocorreu nos meses de fevereiro e março, quando a maioria dos frutos atingiu a maturação, correspondendo ao início do período chuvoso.

*Spondias tuberosa* apresenta dois tipos de flores, hermafroditas e masculinas (figura 3A, B) em um mesmo indivíduo, caracterizando o sistema sexual do tipo andromonóico. As inflorescências apresentaram, em média, 155 flores ( $\pm 46,89$ ), sendo 40% delas hermafroditas e 60% masculinas, não havendo diferença significativa. O número de flores abertas por inflorescência por dia variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da mesma, este sendo de, em média, nove flores por inflorescência por dia, podendo variar de uma a 26 flores. As inflorescências de *S. tuberosa* duraram, em média, sete dias, podendo variar de um a 11 dias. Mais de 70% das flores hermafroditas já haviam aberto do início até a metade do período de duração de uma inflorescência (considerando o início a partir da primeira flor aberta), enquanto que cerca de 60% das flores masculinas iniciaram a antese desse período em diante (figura 4). A distribuição das flores na inflorescência variou de forma que em torno de 63% do total das flores masculinas concentraram-se na base da inflorescência, e cerca de 90% do total de flores hermafroditas no meio e ápice.

As flores dos dois tipos são pentâmeras, possuem cálice verde inconspícuo, cinco pétalas brancas e um androceu composto por dez estames, que estão distribuídos em dois grupos, cinco estames curtos, opostos às pétalas, e cinco estames longos, alternados com estas, todos com filetes brancos e anteras amarelas. As flores masculinas apresentam pistilódio e as flores hermafroditas apresentam gineceu pentacarpelar, pentalocular, com um único óvulo em um dos lóculos, e cinco estiletos livres entre si (figura 3A, B). O diâmetro da corola variou entre as flores hermafroditas e masculinas ( $u=60$ ,  $p<0,001$ ), assim como o tamanho do gineceu das flores hermafroditas em relação ao pistilódio das flores masculinas (tabela 1).

A antese iniciou-se por volta das 5:00 h em ambos os tipos florais, estando as flores completamente abertas em torno das 6:00 h. As flores masculinas permaneceram abertas

durante todo o dia, senescendo na manhã do dia seguinte, enquanto as hermafroditas permaneceram abertas e funcionais por dois ou três dias. Os resultados de crescimento de tubo polínico a partir de polinizações cruzadas indicam que os estigmas estão receptivos desde o início da antese, em flores do primeiro e segundo dia (figura 5). As anteras tornam-se deiscentes desde o início da antese. As flores apresentam um leve odor adocicado. No tratamento com vermelho neutro, as anteras ficaram bastante coradas e o nectário, levemente corado, em ambos os tipos florais.

Os estames mais curtos, que possuem anteras menores, apresentaram, em média, 411 ( $\pm 87$ ,  $n=40$ ) e 372 ( $\pm 67$ ,  $n=40$ ) grãos de pólen por antera em flores hermafrodita e masculina, respectivamente, enquanto que os estames mais longos apresentaram 635 ( $\pm 135$ ,  $n=40$ ) e 573 ( $\pm 99$ ,  $n=40$ ) grãos de pólen por antera, respectivamente, não havendo diferença significativa em ambos os casos. Desse modo, o número total de grãos de pólen por flor não diferiu significativamente entre flores hermafroditas (média de 5231  $\pm 1019$ ,  $n=8$ ) e masculinas (média de 4721  $\pm 635$ ,  $n=8$ ). A viabilidade polínica foi de 98,4% em média ( $\pm 1,55\%$ ), tendo sido semelhante entre os dois grupos de estames e entre os dois tipos florais.

Eficácia reprodutiva – Dentre as inflorescências marcadas para observação de polinização natural (controle), cerca de 36% delas formaram frutos, sendo que, destas, 90% formaram um fruto e 10% dois frutos. Portanto, considerando o total de flores hermafroditas destas inflorescências, apenas 0,58% formaram frutos (tabela 2). No tratamento de polinização cruzada para verificar a capacidade suporte de frutos por inflorescência, não houve formação de frutos, no entanto, houve início de desenvolvimento do ovário em quatro flores de uma única inflorescência. Apesar de não ter havido formação de frutos nesse tratamento, os resultados não diferiram significativamente em relação ao controle.

No tratamento de polinização cruzada utilizando-se grãos de pólen provenientes de cada um dos dois tipos de doadores separadamente, não houve diferença significativa no número de frutos formados em cruzamentos com pólen de flores hermafroditas e flores masculinas (tabela 2), indicando que não houve diferença na fecundidade em função do doador de pólen.

Visitantes florais e disponibilidade de pólen – Foram registradas 17 espécies de insetos visitando as flores de *S. tuberosa*, sendo sete espécies de vespas, seis de abelhas e quatro de moscas (tabela 3). *Polistes canadensis* (L.) e *Polybia ignobilis* (Haliday) (Vespidae, Polistinae) pousavam na inflorescência e coletavam néctar posicionando a cabeça no centro da flor, contatando as anteras e os estigmas com o aparelho bucal (figura 3C). *Apis mellifera* Linné, 1758, *Scaptotrigona postica flavisetis* Moure, *Trigona fuscipennis* Friese, 1900,

(Apidae) ao pousarem em uma flor contatavam as anteras e os estigmas com a parte ventral do tórax (figura 3D). Desse modo, estas espécies de vespas e abelhas realizavam a polinização durante a coleta do recurso floral.

*Polybia ruficeps xanthops* Richards, *Protonectarina sylveirae* (de Saussure), *Protopolybia exigua* (de Saussure) (Vespidae, Polistinae), *Omicron* sp. (Vespidae, Eumeninae), indeterminada Sp.1 (Pompilidae) e as quatro espécies de moscas tocavam nas estruturas reprodutivas somente ocasionalmente quando se deslocavam na inflorescência de uma flor para outra. Duas espécies de abelhas, *Frieseomelitta flavicornis* e *Trigonisca pediculana*, ao visitar as flores de *S. tuberosa* para coleta de néctar, não contatavam as estruturas reprodutivas das flores, sendo consideradas como pilhadoras. *Xylocopa* cf. *frontalis*, ao visitar as flores de *S. tuberosa*, realizava a polinização tocando as estruturas reprodutivas das flores com o aparelho bucal. No entanto, por ter sido um visitante raro (cuja frequência será discutida adiante), foi considerada polinizadora ocasional. Todas as espécies coletavam apenas néctar como recurso floral, com exceção de *Trigonisca pediculana*, que também coletava pólen.

As visitas às flores de *S. tuberosa* começavam por volta das 6:00 h e após as 16:00 h estas não foram mais registradas, tanto no início como no pico de floração. No final da floração, as visitas terminavam mais cedo, por volta das 15:00 h (figura 6). O período de maior frequência de visitas foi entre 6:00 h e 8:00 h, durante todo o período de floração (figura 6). A frequência dos visitantes florais está ilustrada nas figuras 7 e 8. As abelhas *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* foram agrupadas, assim como as espécies de moscas, devido à difícil identificação no campo. O número de espécies visitantes e a frequência dos mesmos variaram de acordo com a fase da floração. No início e no fim de floração foram registradas 15 e 12 espécies de visitantes florais, sendo as vespas pequenas (<10 mm, ver tabela 4) e as abelhas *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* as mais frequentes, respectivamente (figura 7). No pico da floração, foi registrada a presença das 17 espécies visitantes, sendo *Scaptotrigona postica flavisetis*, *Trigona fuscipennis* e *Polybia ignobilis*, todas polinizadoras, as mais frequentes (figura 7).

*Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* visitaram as flores de *Spondias tuberosa* no período entre 5:00 h e 8:00 h, apresentando alta frequência (figura 8). No final da floração, as visitas dessas duas espécies prolongaram-se até às 10:00 h (figura 8C). As espécies de vespas pequenas foram mais frequentes no início da floração, alcançando suas taxas mais altas entre 11:00 h e 16:00 h e contribuindo com 59,62% do total de visitas (figura 7). No pico de floração, essas espécies diminuíram suas frequências, provavelmente devido ao

maior número de espécies de visitantes florais. Nessa fase, *Polybia ignobilis* apresentou o segundo maior percentual de visitas, correspondendo a 31,92% do total de visitas, menor apenas do que o apresentado por *S. postica flavisetis* e *T. fuscipennis*, que juntas representaram 35,54% do total de visitas (figura 7). O período de maior frequência de *P. ignobilis* ocorreu entre 9:00 h e 13:00 h, no pico da floração (figura 8B). No final da floração, as espécies de moscas foram as mais frequentes entre 8:00 h e 12:00 h e foram responsáveis por 11,19% do total de visitas, enquanto que *S. postica flavisetis* e *T. fuscipennis* contribuíram com 72,56% do total de visitas dessa fase (figuras 7 e 8C). As espécies *A. mellifera* (1,07% do total de visitas) e *Xylocopa cf. frontalis* (0,11% do total de visitas) só foram registradas no pico de floração e as demais espécies mantiveram os seus percentuais de visitas nas três fases de floração.

A quantidade de grãos de pólen disponível por flor de *Spondias tuberosa* decresceu substancialmente logo nas primeiras horas da antese (figura 9A), momento em que o número de visitas às flores atingiu o seu pico (figura 9B). Após as 9:00 h o número de grãos de pólen por flor se manteve constante (figura 9).

A similaridade entre os polinizadores de *Spondias tuberosa* e os de *Ziziphus joazeiro* foi de ca. 30% (coeficiente de Jaccard = 0,28). Cinco espécies de visitantes foram comuns a *S. tuberosa* e *Z. joazeiro*: *Apis mellifera*, *Polistes canadensis*, *Polybia ignobilis*, *P. ruficeps xanthops* e *Protonectarina sylveirae* (tabela 4). Entre os tratamentos de formação natural de frutos, não houve diferença estatística nas três diferentes situações: (1) período em que apenas *Spondias tuberosa* estava em floração; (2) período em que apenas *Ziziphus joazeiro* estava em floração e (3) período em que ambas as espécies estavam floridas (tabela 5).

## Discussão

Fenologia reprodutiva e biologia floral – As fenofases de floração e frutificação de *Spondias tuberosa* apresentaram padrão do tipo cornucopia *sensu* Gentry (1974) e anual de acordo com a classificação de Newstrom *et al.* (1994), pois os eventos ocorreram em poucas semanas e uma única vez no intervalo de um ano. A sazonalidade nos eventos reprodutivos é comum para espécies de Caatinga (Machado *et al.* 1997, Griz & Machado 2001, Barbosa *et al.* 2003), sendo influenciada principalmente pela precipitação (Machado *et al.* 1997), como foi o caso de *S. tuberosa* que floresceu no fim do período seco e início das chuvas. A frutificação ocorrendo no período chuvoso, como em *Spondias tuberosa*, pode favorecer a dispersão das sementes e o estabelecimento de plântulas (Bawa 1983, Primack 1987). Griz e Machado

(2001) também observaram frutificação de *Spondias tuberosa* na estação úmida, no município de Alagoinha, Pernambuco.

A maioria das flores hermafroditas de *Spondias tuberosa* foi produzida no estágio inicial do desenvolvimento das inflorescências, localizando-se no meio e ápice da inflorescência, tendo a quantidade de pólen e a viabilidade polínica semelhante às das flores masculinas. Estes resultados contrastam com o padrão encontrado por Symon (1979) para espécies andromonóicas do gênero *Solanum* L. (Solanaceae). Segundo esse autor, as flores hermafroditas também eram produzidas mais cedo, mas em menor número, apresentando menor quantidade ou qualidade de grãos de pólen, localizando-se na base da inflorescência. Uma vez que em *Spondias tuberosa* o número de flores hermafroditas e masculinas é semelhante, a maior quantidade de grãos de pólen com alta viabilidade em flores hermafroditas pode aumentar a expressão sexual masculina. A andromonoiccia pode ser uma vantajosa, particularmente quando o custo da maturação de frutos é alto, como em espécies zoocóricas, e o número de flores masculinas é maior do que o número de flores que podem desenvolver frutos (Diggle 1993). O aumento da expressão sexual masculina também pode favorecer polinizações cruzadas através do aumento do fluxo polínico, principalmente em espécies auto-incompatíveis (Symon 1979, Medan & D'Ambrogio 1998), como é o caso de *Spondias tuberosa* (Leite *et al.*, em prep.).

O fato das flores hermafroditas produzirem grande quantidade de pólen com alta viabilidade pode também estar relacionado à questão de *Spondias tuberosa* estar incluída em um grupo basal dentro da família Anacardiaceae (ver Pell 2004). Considerando que a andromonoiccia é um caráter basal entre as angiospermas, podendo evoluir para a dioiccia (Lloyd 1972, Symon 1979), as espécies andromonóicas tendem a apresentar flores hermafroditas com menor número de grãos de pólen e de baixa qualidade (Symon 1979), sugerindo que *S. tuberosa* esteja em um estado mais basal em relação a outras espécies andromonóicas da família Anacardiaceae, uma vez que esta espécie apresentou flores hermafroditas com grande número de grãos de pólen e alta viabilidade polínica.

Eficácia reprodutiva – A baixa produção de frutos em relação ao número de flores, observada em *Spondias tuberosa*, pode estar relacionada a fatores extrínsecos, tais como recursos limitantes do ambiente (Stephenson 1981), uma vez que foi observado o aborto de frutos jovens. Além disso, o baixo percentual de frutos formados naturalmente deve também estar relacionado à quantidade excessiva de flores produzidas em *Spondias tuberosa*.

A não formação de frutos no tratamento de polinização cruzada pode ser devido à distribuição limitante de recursos, uma vez que foram observados quatro ovários em

desenvolvimento inicial de frutos em uma única inflorescência e, sob condições naturais, *S. tuberosa* produziu apenas um ou raramente dois frutos por inflorescência. Leite *et al.* (in prep.) observaram formação de frutos através de polinização cruzada quando foram manipuladas apenas duas flores por inflorescência, sendo, neste caso, possível calcular a eficácia reprodutiva (ver tabela 2), que é um indicativo de eficiência dos polinizadores (Zapata & Arroyo 1978). Entretanto, os polinizadores devem promover alta taxa de geitonogamia, contribuindo para a baixa produção de frutos sob condições naturais, uma vez que *S. tuberosa* é auto-incompatível (Leite *et al.*, in prep.).

Visitantes florais e disponibilidade de pólen – Dentre os visitantes florais de *Spondias tuberosa*, pode-se considerar as abelhas os principais polinizadores dessa espécie. Apesar de o grupo de vespas apresentar o maior número de espécies polinizadoras (ver tabela 4) e das flores de *S. tuberosa* apresentarem atributos (cores claras, néctar como recurso floral, corola curta permitindo fácil acesso ao néctar, emissão de odor adocicado) que incluam a espécie na síndrome de polinização por vespas (*sensu* Faegri & Pijl 1979, Endress 1994, Proctor *et al.* 1996), estas foram consideradas polinizadores secundários, com exceção de *Polybia ignobilis*. A alta frequência de abelhas no início da manhã, associado ao acentuado decréscimo da quantidade de grãos de pólen disponível nesse mesmo horário, pode indicar maior atuação na polinização de *S. tuberosa* pelo grupo de abelhas durante as primeiras horas de antese. Após esse horário, a quantidade de pólen se mantém constante, mesmo havendo razoável número de visitas, podendo indicar, de forma geral, que os outros visitantes florais, vespas e moscas, podem ter pequeno papel na polinização de *S. tuberosa*. No entanto, no início de floração, as pequenas vespas podem atuar na polinização, uma vez que foi o grupo que apresentou maior percentual de visitas nesse período.

O grupo composto pelas abelhas *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (Meliponini) foram os principais polinizadores de *Spondias tuberosa* nos três estádios de floração, uma vez que apresentaram alta frequência de visitas no início da manhã, quando há maior quantidade de grãos de pólen disponível. Marinho *et al.* (2002) apontaram *S. tuberosa* como importante fonte de recurso para abelhas da tribo Meliponini, que são utilizadas por meliponicultores rurais nordestinos para produção de mel. Por sua vez, Aguiar *et al.* (1995) e Aguiar (2003) registraram *Frieseomelitta doederleini* e *Dialictus opacus* visitando flores de *S. tuberosa* em Itatim, Bahia, e em São João do Cariri, Paraíba, respectivamente, no entanto, essas abelhas não foram observadas no presente estudo. A vespa *Polybia ignobilis* também desempenhou importante papel na polinização de *S. tuberosa* durante o pico de floração, pois

visitava as flores legitimamente, efetuando a polinização em todas as visitas, com alta frequência de visitas nesse período.

Apesar de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* (Nadia *et al.* in prep.) apresentarem síndromes de polinização semelhantes e a floração de ambas ocorrer na mesma época, essas espécies apresentaram baixo índice de similaridade entre os seus polinizadores. Dentre os cinco polinizadores em comum de *S. tuberosa* e *Z. joazeiro*, apenas um, a vespa *Polybia ignobilis*, é considerado como principal para ambas as espécies. Devido a este fato e por não ter havido diferença estatística na formação natural de frutos nas diversas situações apresentadas, pode-se dizer que o sucesso reprodutivo dessas espécies não foi afetado negativamente pela partilha de polinizadores. Ao contrário, a sincronia na floração de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* pode aumentar a atração pelos polinizadores, uma vez que o sucesso reprodutivo das espécies foi mais elevado nesse período (apesar do aumento não ter sido significativo).

Dessa forma, a ocorrência da floração de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* na mesma época e a semelhança dos caracteres florais favorecem o sucesso reprodutivo dessas duas espécies, que por serem auto-incompatíveis (Leite *et al.*, in prep.), dependem dos agentes polinizadores para sua reprodução.

Agradecimentos – À MSc. Ana Virgínia Leite (UFPE), pela constante ajuda nas atividades de campo. Ao Msc. André Santos (UFPE), pelo apoio no campo e auxílio nas análises estatísticas. À Dona Ana Maria Almeida, pela permissão em desenvolver este trabalho em áreas de sua propriedade. Ao Dr. Orlando Tobias Silveira (MPEG/PA), pela gentileza na identificação das espécies de vespas. Às Dras. Márcia Rêgo e Patrícia Albuquerque (UFMA), pela identificação das abelhas. Ao Dr. Marcelo Guerra (UFPE) por disponibilizar o microscópio de fluorescência. Ao Governo da Paraíba por disponibilizar os dados pluviométricos na internet. À CAPES pela bolsa de mestrado concedida à T. L. Nadia. Ao CNPq pelo apoio financeiro e pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa de I. C. Machado e A. V. Lopes.

## Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C.M.L. 2003. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga. *Revista Brasileira de Zoologia* 20:457-467.
- AGUIAR, C.M.L., MARTINS, C.F. & MOURA, A.C.A. 1995. Recursos florais utilizados por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de caatinga (São João do Cariri, Paraíba). *Revista Nordestina de Biologia* 10:101-117.
- AYRES, M., AYRES JR., M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. 2003. BioEstat 3.0. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá / MCT-CNPq / Conservation International.
- BARBOSA, D.C.A., BARBOSA, M.C.A. & LIMA, L.C.M. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. *In* Ecologia e Conservação da Caatinga (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.657-693.
- BARROS, L.M. 1995. Botânica, origem e distribuição geográfica. *In* Cajucultura: Modernas Técnicas de Produção (J.P.P. Araújo & V.V. Silva, orgs.). EMBRAPA/CNPAT, Fortaleza, p.55-71.
- BARROSO, G.M. 1991. Sistemática de Angiospermas do Brasil. v.2. Imprensa Universitária, Viçosa.
- BAWA, K.S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. *In* Handbook of Experimental Pollination Biology (C.E. Jones & R.J. Little, eds.). Van Nostrand Reinhold, New York, p.394-410.
- BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* 25:269-275.
- CAVALCANTI, N.B., RESENDE, G.M. & BRITO, L.T.L. 1999. Desenvolvimento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) na região semi-árida do Nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia* 23:212-213.
- CAVALCANTI, N.B., RESENDE, G.M. & BRITO, L.T.L. 2000. Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). *Ciência e Agrotecnologia* 24:252-259.
- DAFNI, A. 1992. Pollination ecology: a practical approach. Oxford University Press, New York.
- DIGGLE, P.K. 1993. Developmental plasticity, genetic variation, and the evolution of andromonoecy in *Solanum hirtum* (Solanaceae). *American Journal of Botany* 80:967-973.

- DRUMOND, M.A., NASCIMENTO, C.E.S. & MORGADO, L.B. 2001. Desenvolvimento inicial do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semi-árido pernambucano. *In* Anais do Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Campina Grande. CD-ROM.
- ENDRESS, P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- EPSTEIN, L. 1998. A riqueza do umbuzeiro. *Bahia Agrícola* 2:31-34.
- FAEGRI, K. & PIJL, L.VAN DER. 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford.
- FOURNIER, L.A. 1974. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24:422-423.
- GENTRY, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:64-68.
- GIULIETTI, A.M., HARLEY, R.M., QUEIROZ, L.P., BARBOSA, M.R.V., BOCAGENA, A.L. & FIGUEIREDO, M.A. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. *In* Vegetação & Flora da Caatinga (E.V.S.B. Sampaio, A.M. Giulietti, J. Virgínio & C.F.L. Gamarrarojas, eds.). Associação Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordestino de Informação sobre Plantas – CNIP, Recife, p.103-115.
- GOVERNO DA PARAÍBA. [on line]. Disponível na Internet via [www.url: http://www.paraiba.pb.gov.br](http://www.url: http://www.paraiba.pb.gov.br). Consulta realizada em 15/março/2005.
- GRIZ, L.M.S. & MACHADO, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17:303-321.
- KEARNS, C.A. & INOUE, D.W. 1993. Techniques for pollination biologists. University Press of Colorado, Colorado.
- KREBS, C.J. 1989. Ecological Methodology. University of British Columbia. New York.
- LEDERMAN, I.E., BEZERRA, J.E.F., ASCHOFF, M.N.A., SOUSA, I.A.M. & MOURA, R.J.M. 1992. Oferta e procedência de frutas tropicais nativas e exóticas na CEASA – Pernambuco. *Revista Brasileira de Fruticultura* 14:203-209.
- LLOYD, D.G. 1972. Breeding systems in *Cotula* L. (Compositae, Anthemideae). *New Phytology* 71:1181-1194.
- LORENZI, H. 1998. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. v.1. Editora Plantarum, Nova Odessa.

- MACHADO, I.C.S., BARROS, L.M. & SAMPAIO, E.V.S.B. 1997. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. *Biotropica* 29:57-68.
- MARINHO, I.V., FREITAS, M.F., ZANELLA, F.C.V. & CALDAS, A.L. 2002. Espécies vegetais da caatinga utilizadas pelas abelhas indígenas sem ferrão como fonte de recursos e local de nidificação. *In* Anais I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária.
- MARTIN, F.W. 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology* 34:125-128.
- MEDAN, D. & D'AMBROGIO, A.C. 1998. Reproductive biology of the andromonoecious shrub *Trevoa quinquenervia* (Rhamnaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 126:191-206.
- NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- PELL, S.K. 2004. Molecular Systematics of the Cashew Family (Anacardiaceae). Dissertação. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- PRADO, D.E. 2003. As caatingas da América do Sul. *In* Ecologia e Conservação da Caatinga (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p.3-73.
- PRIMACK, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:409-430.
- PROCTOR, M., YEO, P. & LACK, A. 1996. The natural history of pollination. Timber Press, Oregon.
- RADFORD, A.E., DICKINSON, W.C., MASSEY, J.R. & BELL, C.R. 1974. Vascular plant systematics. Harper & Row Publishers, New York.
- STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12:253-279.
- SYMON, D.E. 1979. Sex forms in *Solanum* (Solanaceae) and the role of pollen collecting insects. *In* The Biology and Taxonomy of the Solanaceae, (J.G. Hawkes, R.N. Lester & A.D. Skelding, eds.). Academic Press, London, p. 385-398.
- VOGEL, S. 1990. The role of scent glands in pollination. Amerind Publishing, New Delhi.
- ZAPATA, T.R. & ARROYO, M.T.K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica* 10:221-230.

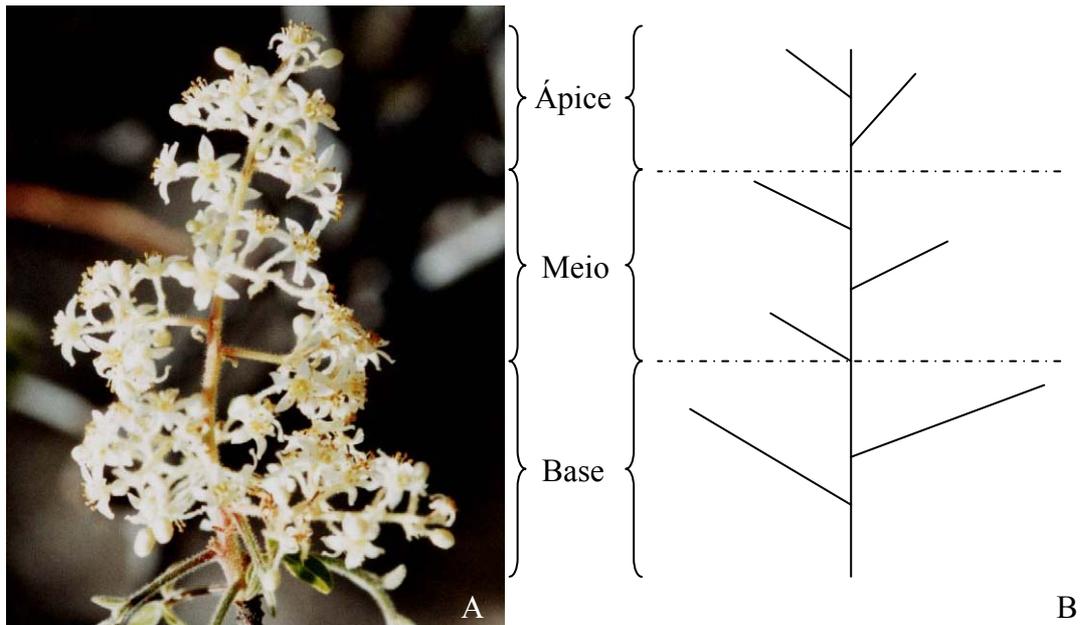


Figura 1. Inflorescência de *Spondias tuberosa* (A), mostrando de forma esquemática (B) a divisão em base, meio e ápice.

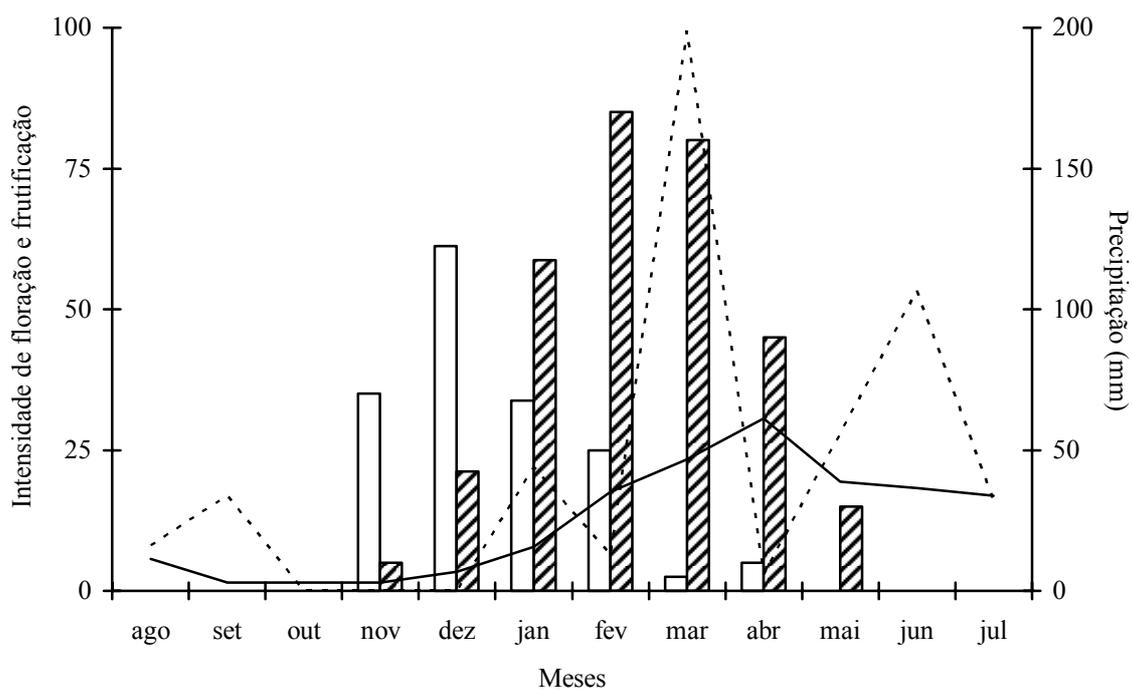


Figura 2. Intensidade de floração (□) e frutificação (▨) de *Spondias tuberosa* durante o período de agosto/2004 a julho/2005 nos municípios de Boa Vista e Cabaceiras, PB. Precipitação mensal histórica do município de Boa Vista (—) e entre o período de agosto/2004 a julho/2005 (---).



Figura 3. Flores e visitantes florais de *Spondias tuberosa* na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. A. Flor hermafrodita. B. Flor masculina. *Polybia ignobilis* (C) e *Trigona fuscipennis* (D) durante coleta de néctar.

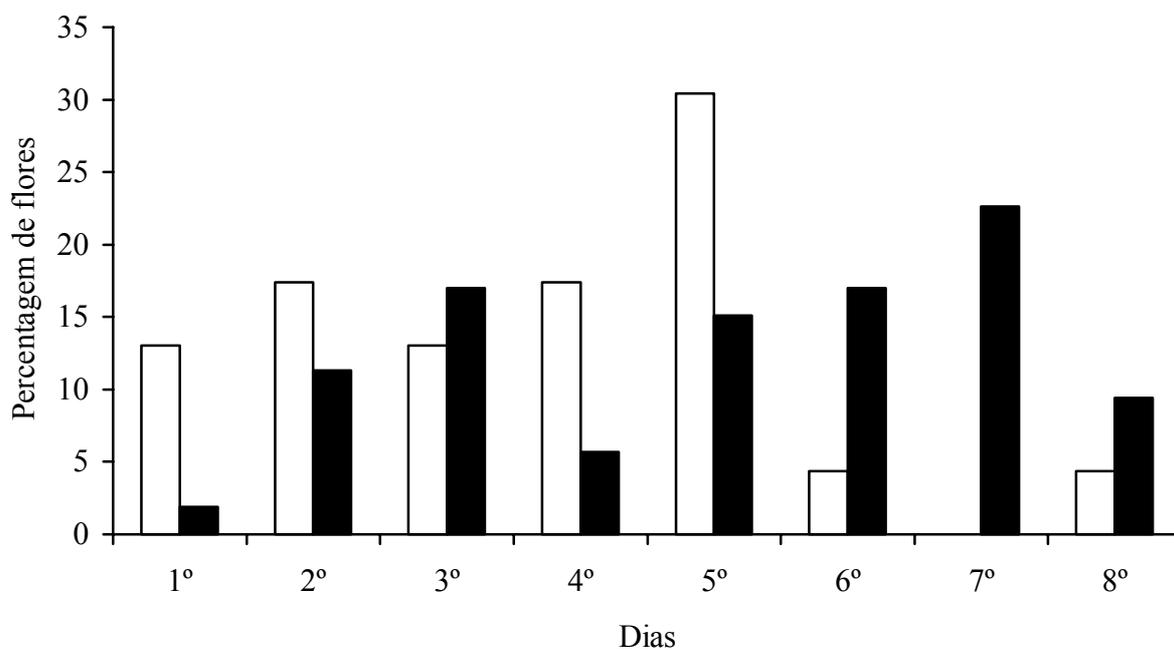


Figura 4. Porcentagem de flores hermafroditas (□) e masculinas (■) de *Spondias tuberosa* que se abrem por dia por inflorescência (sendo exemplificado por uma inflorescência com duração de oito dias).

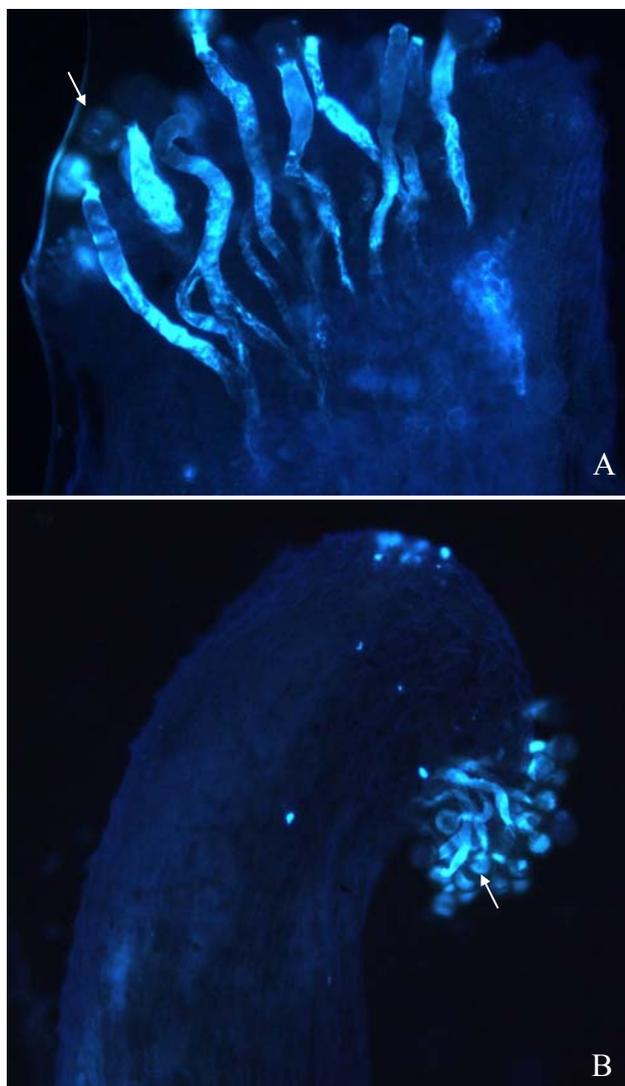


Figura 5. Micrografia em fluorescência de grãos de pólen (setas) oriundos de flores hermafroditas (A) e masculinas (B) de *Spondias tuberosa* e seus respectivos tubos polínico, na superfície estigmática de flores no seu primeiro dia de abertura.

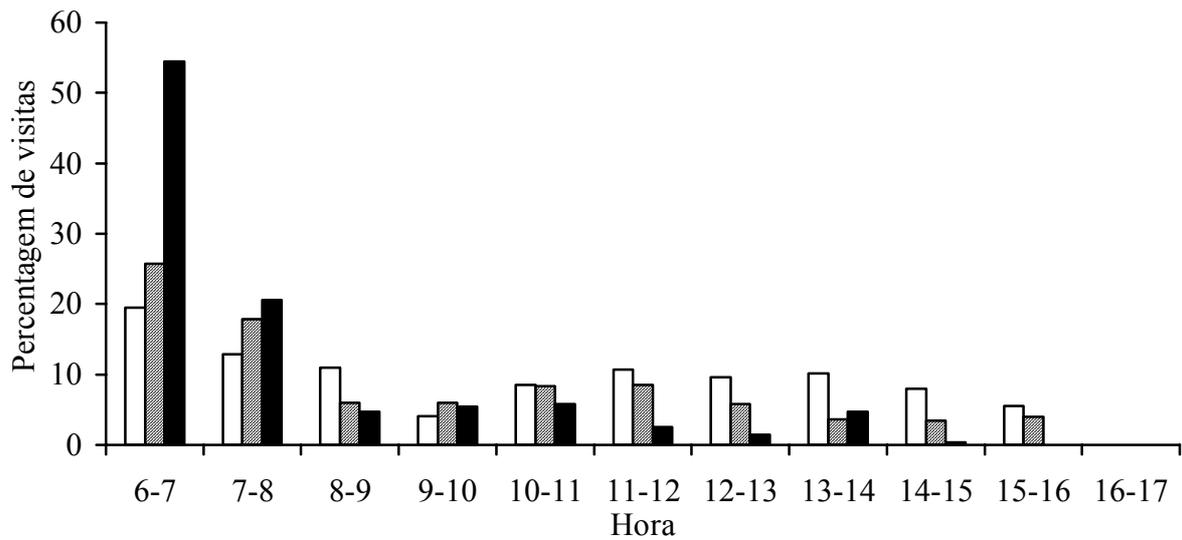


Figura 6. Percentual de visitas às flores de *Spondias tuberosa* ao longo do dia em indivíduos no início (□), pico (▨) e fim (■) de floração, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil.

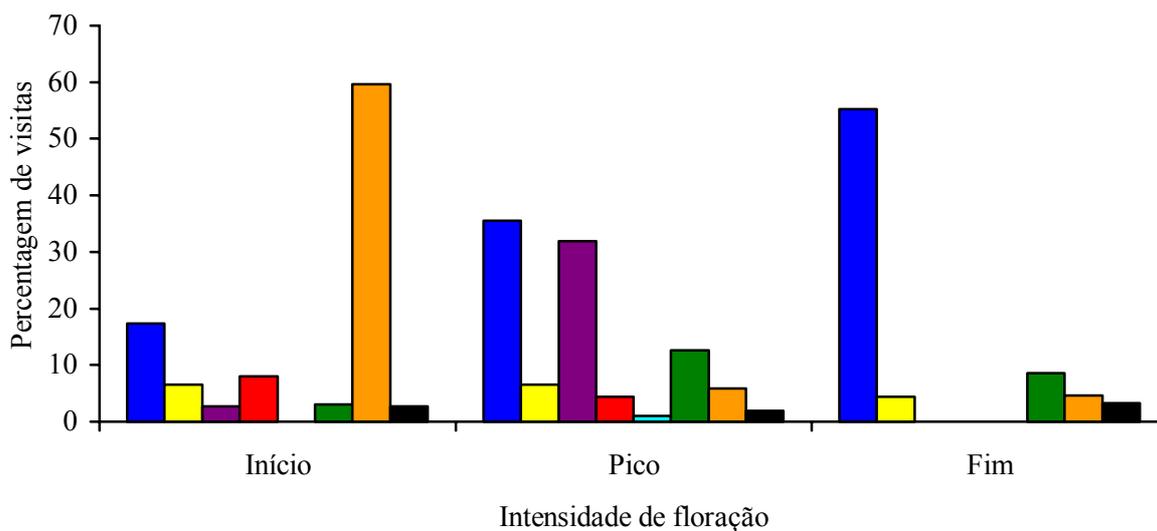


Figura 7. Percentual de visitas às flores de *Spondias tuberosa* das espécies visitantes no início, pico e fim de floração, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (■), *Trigonisca pediculana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■), *Apis mellifera* (■), Moscas (■), Vespas pequenas (■), *Polistes canadensis* (■).

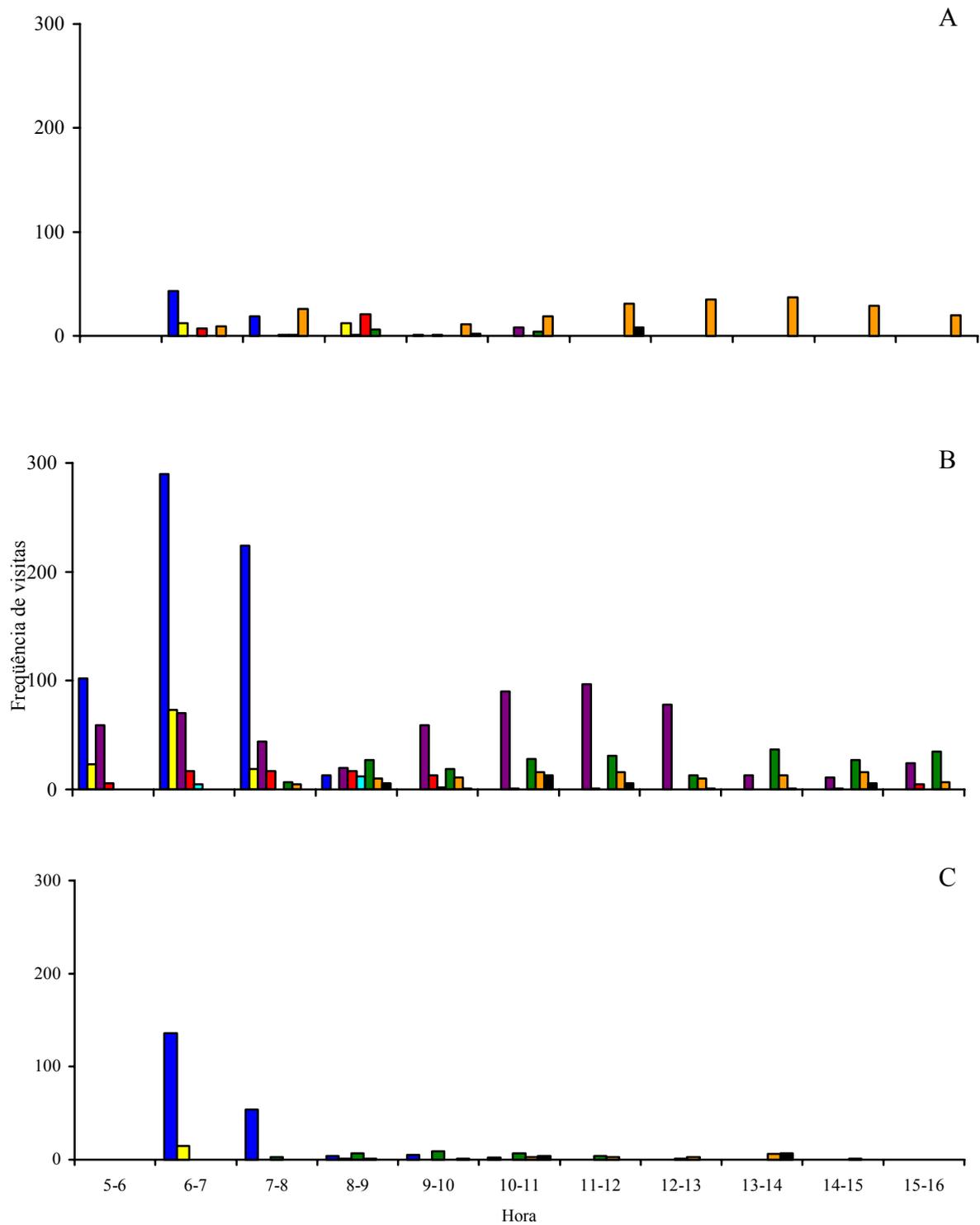


Figura 8. Frequência de visitas às flores de *Spondias tuberosa* em diferentes estádios de floração, início (A), pico (B) e fim (C), na fazenda Dona Soledade, municípios de Boa Vista e Cabaceiras, Paraíba. *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (■), *Trigonisca pediculana* (■), *Polybia ignobilis* (■), *Frieseomelitta flavicornis* (■), *Apis mellifera* (■), Moscas (■), Vespas pequenas (■), *Polistes canadensis* (■).

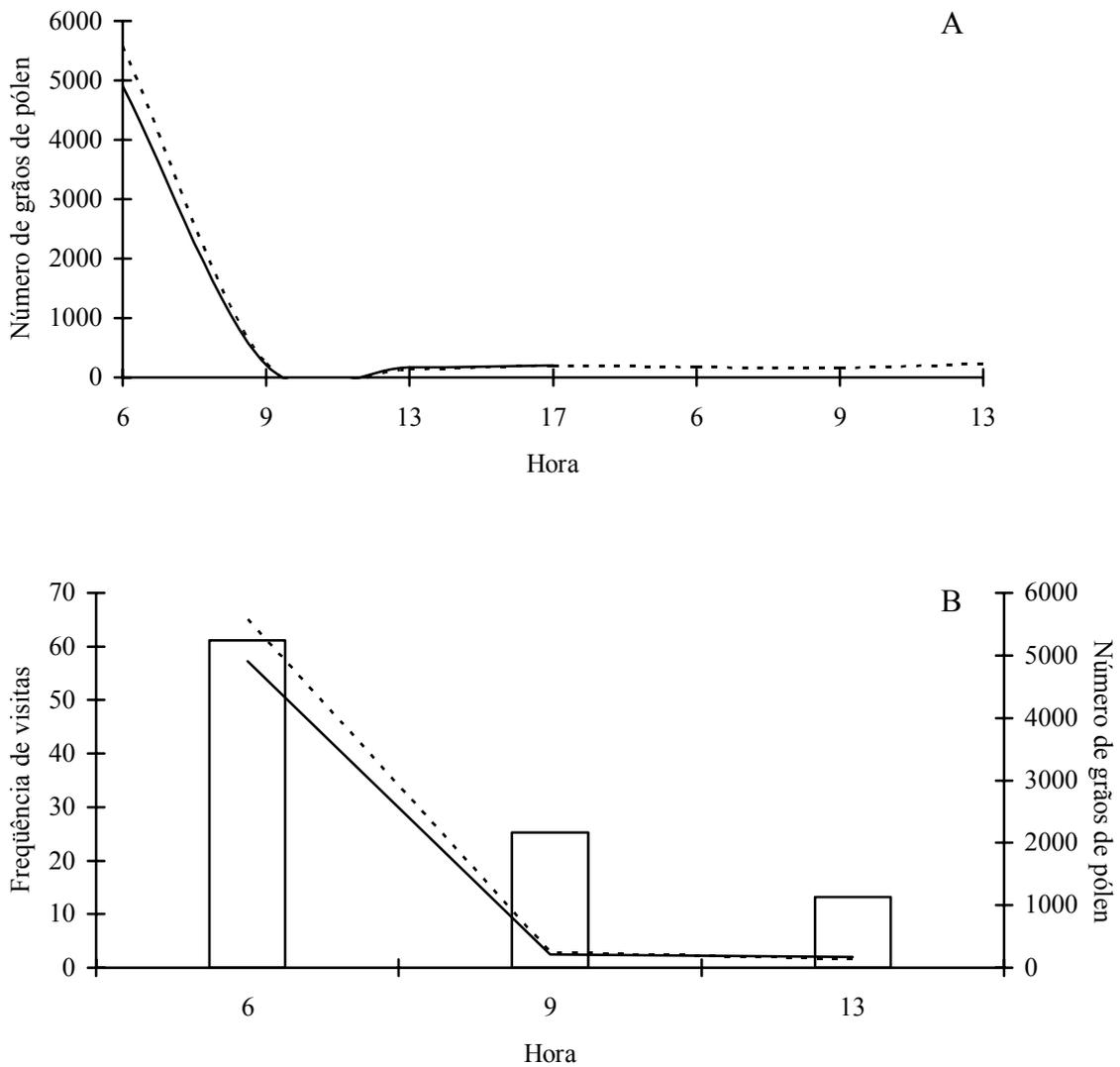


Figura 9. Disponibilidade de pólen em flores de *Spondias tuberosa* durante a antese floral (A) e em relação à freqüência de visitas (B). (---) Grãos de pólen de flores hermafroditas, (—) grãos de pólen de flores masculinas, (□) freqüência de visitas.

Tabela 1. Dimensões e quantidade de estruturas de flores hermafrodita e masculina de *Spondias tuberosa*, ocorrentes na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. \*Diâmetro, u = teste de Mann-Whitney, n.s. = não significativo. ( $p < 0,05$ ).

Caracteres florais	Flores hermafroditas		Flores masculinas		Estatística
	N	Dimensão (mm)	N	Dimensão (mm)	
Cálice (sépalas)	5	-	5	-	-
Corola (pétalas)*	5	8	5	7	u = 60
Estames curtos	5	2	5	2	-
Filete	5	1,5	5	1,5	-
Antera	5	1	5	1	-
Grãos de pólen	411 ±87	-	372 ±67	-	n.s.
Estames longos	5	2,5	5	2,5	-
Filete	5	2	5	2	-
Antera	5	1	5	1	-
Grãos de pólen	635 ±135	-	573 ±99	-	n.s.
Grãos de pólen/flor	5231 ±1019	-	4721 ±635	-	n.s.
Gineceu (carpelo/lóculos)	5	2	-	-	-
Óvulos/flor	1	-	-	-	-
Pistilódio	-	-	1	1	-

Tabela 2. Eficácia reprodutiva de *Spondias tuberosa* e formação de frutos a partir de diferentes doadores de pólen, na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. <sup>1</sup>Foram consideradas o total de flores hermafroditas por inflorescência, no caso da polinização natural, ou 30% das flores hermafroditas por inflorescência, no caso da polinização cruzada manual. <sup>2</sup>Foram marcadas ou manipuladas duas flores por inflorescência (dados obtidos por Leite *et al.* in prep.). <sup>3</sup>Polinização cruzada com diferentes doadores de pólen. \*Ovário em início de desenvolvimento, sem atingir a maturidade.

Tratamento	Inflorescências	Flores	Frutos	Sucesso (%)
<sup>1</sup> Polinização natural	28	1.896	11	0,58
<sup>1</sup> Polinização cruzada	10	175	4*	-
<sup>1</sup> Eficácia reprodutiva				-
<sup>2</sup> Polinização natural	88	176	2	1,14
<sup>2</sup> Polinização cruzada	27	55	12	21,81
<sup>2</sup> Eficácia reprodutiva				0,05
<sup>3</sup> Polinização cruzada				
Flores ♂ x flores ♀	10	20	3	15
Flores ♂ x flores ♂	10	20	1	5

Tabela 3. Visitantes florais de *Spondias tuberosa*, em uma área de Caatinga na Paraíba, com respectivos comprimento do corpo, local de contato do pólen e resultado das visitas. LDP = local de deposição do pólen no corpo do visitante, PB = partes bucais, VT = porção ventral do tórax, ND = não definido, PO = polinizador, PI = pilhador, N = néctar, PL = pólen, I = início de floração, P = pico de floração, F = fim de floração.

Visitantes	Comprimento do corpo (mm)	LDP	Resultado da visita	Recurso coletado	Estádio de Floração
<b>Abelhas</b>					
<b>Apidae</b>					
<i>Apis mellifera</i>	10	VT	PO	N	P
<i>Frieseomelitta flavicornis</i>	5	-	PI	N	I/P
<i>Scaptotrigona postica flavisetis</i>	5	VT	PO	N	I/P/F
<i>Trigona fuscipennis</i>	6	VT	PO	N	I/P/F
<i>Trigonisca pediculana</i>	2	-	PI	N/PL	I/P/F
<i>Xylocopa cf. frontalis</i>	-	PB?	PO	N	P
<b>Vespas</b>					
<b>Pompilidae</b>					
Indeterminada Sp.1	8	ND	PO	N	I/P/F
<b>Vespidae, Eumeninae</b>					
<i>Omicron</i> sp.	9	ND	PO	N	I/P/F
<b>Vespidae, Polistinae</b>					
<i>Polistes canadensis</i>	21	PB	PO	N	I/P/F
<i>Polybia ignobilis</i>	13	PB	PO	N	I/P
<i>Polybia ruficeps xanthops</i>	9	ND	PO	N	I/P/F
<i>Protonectarina sylveirae</i>	8	ND	PO	N	I/P/F
<i>Protopolybia exigua</i>	6	ND	PO	N	I/P/F
<b>Moscas</b>					
Sp.1	8	ND	PO	N	I/P
Sp.2	6	ND	PO	N	I/P/F
Sp.3	-	ND	PO	N	I/P/F
Sp.4	-	ND	PO	N	I/P/F

Tabela 4. Polinizadores observados em *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* em uma área de Caatinga na Paraíba (ver capítulo 1). Em destaque os polinizadores em comum. \*principal polinizador; +polinizador; ...não polinizador; -não visitante.

Polinizadores	<i>Spondias tuberosa</i>	<i>Ziziphus joazeiro</i>
<i>Apis mellifera</i>	+	+
<i>Brachygastra lecheguana</i> *	-	+
<i>Larra</i> sp.	-	+
Moscas	+	...
<i>Omicron</i> sp.	+	-
<i>Polistes canadensis</i>	+	+
<i>Polybia ignobilis</i> *	+	+
<i>Polybia ruficeps xanthops</i>	+	+
<i>Polybia</i> sp. grupo <i>occidentalis</i>	-	+
Pompilidae (Sp.1)	+	-
<i>Protonectarina sylveirae</i>	+	+
<i>Protopolybia exigua</i>	+	-
<i>Scaptotrigona postica flavisetis</i> *	+	...
<i>Trigona fuscipennis</i> *	+	...
<i>Xylocopa</i> cf. <i>frontalis</i>	+	-

Tabela 5. Formação natural de frutos de *Spondias tuberosa* e de *Ziziphus joazeiro* em diferentes situações: 1. período em que apenas *S. tuberosa* estava em floração; 2. período em que apenas *Z. joazeiro* estava em floração; e 3. período em que ambas as espécies estavam floridas. Experimentos conduzidos na fazenda Dona Soledade, Paraíba, Brasil. <sup>a</sup> $\chi^2=2,9$ ; g.l.=1; p=0,16; <sup>b</sup> $\chi^2=3,2$ ; g.l.=1; p=0,15.

Tratamento	Inflorescências/Flores/Frutos	Sucesso (%)
1. <i>Spondias tuberosa</i>	13/826/2	0,1 <sup>a</sup>
2. <i>Ziziphus joazeiro</i>	15/191/0	0 <sup>b</sup>
3. <i>Spondias tuberosa</i>	15/1070/9	0,3 <sup>a</sup>
<i>Ziziphus joazeiro</i>	15/590/10	1,7 <sup>b</sup>

## 5. CONCLUSÕES

A floração e a frutificação de *Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosas* são sazonais, havendo sobreposição das fenofases entre as duas espécies. Ambas as espécies apresentam mecanismos que evitam ou diminuem a ocorrência de autopolinização espontânea e de geitonogamia, tais como a heterodicogamia, em *Ziziphus joazeiro*, e a andromonoiccia juntamente com o mecanismo de auto-incompatibilidade, em *Spondias tuberosa*. Por sua vez, esses mecanismos aumentam a dependência dessas espécies por vetores de polinização para sua reprodução sexuada.

Os atributos florais de ambas as espécies as enquadram na síndrome de polinização por vespas. Os principais polinizadores de *Ziziphus joazeiro* foram espécies de vespas, *Brachygastra lecheguana* e *Polybia ignobilis*, corroborando com a síndrome, no entanto, *Spondias tuberosa* apresentou como seu principal polinizador duas espécies de abelha, *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis*. Os polinizadores, em geral, são espécies nativas da região, sendo *Z. joazeiro* e *S. tuberosa* importante fonte de recurso alimentar para essas espécies. *Apis mellifera* deve afetar negativamente a disponibilidade de recurso alimentar para os polinizadores nativos de *Ziziphus joazeiro*, uma vez que sua frequência às flores foi extremamente alta. O fato de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* apresentarem floração sincrônica, não interfere no sucesso reprodutivo das espécies, uma vez que o grau de similaridade entre os polinizadores de ambas as espécies foi baixo. Além disso, a sincronia na floração aumenta a atração dos visitantes florais, aumentando a produção de frutos por ambas as espécies nesse período.

## 6. RESUMO GERAL

*Ziziphus joazeiro* e *Spondias tuberosa*, espécies endêmicas da caatinga, apresentam grande importância econômica pela produção de lenha, carvão e de frutos comestíveis. Apesar de sua importância, há poucos estudos que tratam da biologia floral e da polinização dessas espécies. Este trabalho propõe-se, portanto, a analisar a fenologia reprodutiva, a biologia floral e o sistema de polinização dessas duas espécies frutíferas de caatinga e comparar o grau de similaridade entre os seus visitantes florais. Os períodos de floração e de frutificação de ambas as espécies ocorreram no final da estação seca e início da chuvosa, respectivamente. As flores apresentaram atributos florais que caracterizam a síndrome de polinização por vespas. Em *Ziziphus joazeiro* ocorre heterodicogamia, enquanto *Spondias tuberosa* é andromônica e auto-incompatível, características que indicam dependência de vetores de polinização para reprodução sexuada das duas espécies. Os visitantes florais observados foram vespas, abelhas e moscas. *Brachygastra lecheguana* e *Polybia ignobilis* (Vespidae) foram os principais polinizadores de *Ziziphus joazeiro*, corroborando com a síndrome de polinização, enquanto que *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (Apidae) foram os principais polinizadores de *Spondias tuberosa*, não corroborando com a síndrome de polinização por vespas. Alta taxa de desenvolvimento inicial de frutos em uma única inflorescência (em *Z. joazeiro*) ou de frutos jovens abortados (em *S. tuberosa*) pode sugerir alta eficiência dos polinizadores, uma vez que os mecanismos de dicogamia presentes em *Ziziphus joazeiro* e a auto-incompatibilidade de *Spondias tuberosa* impedem a ocorrência de autopolinizações. O grau de similaridade entre os visitantes florais de *Spondias tuberosa* e *Ziziphus joazeiro* foi baixo, podendo indicar que o sucesso reprodutivo das espécies não foi afetado pela partilha de polinizadores, apesar da floração ter ocorrido na mesma época.

## 7. GENERAL ABSTRACT

*Ziziphus joazeiro* and *Spondias tuberosa*, endemic species of caatinga, have a great economic importance by the production of firewood, charcoal and edible fruits. Although their importance, there are a few studies concerning floral and pollination biology of these species. This paper analyzes the reproductive phenology, floral biology and pollination system of these two fruitful species of caatinga and compare the similarity between their floral visitors. The flowering and fruiting period of both species occurred at the end of dry season and beginning of wet season, respectively. The flowers have floral traits that characterize the pollination syndromes by wasps. Heterodichogamy occurs in *Ziziphus joazeiro*, while *Spondias tuberosa* is andromonoecious and self-incompatible. These characteristics indicate dependence on the pollination vectors to sexual reproduction for both species. The floral visitors were wasps, bees and flies. *Brachygastra lecheguana* e *Polybia ignobilis* (Vespidae) were the main pollinators of *Ziziphus joazeiro*, corroborating with the pollination syndrome. Although *Spondias tuberosa* also presents features of a wasp-pollinated species its main pollinators were *Scaptotrigona postica flavisetis* e *Trigona fuscipennis* (Apidae). The high rate of initial development of fruits in only one inflorescence (in *Z. joazeiro*) or of aborted fruits (in *S. tuberosa*) can suggest high pollinator efficiency, once the dichogamy mechanism present on *Ziziphus joazeiro* flowers and of self-incompatibility on *Spondias tuberosa* hinder the occurrence of self-pollination. The similarity between the pollinators of *Spondias tuberosa* and *Ziziphus joazeiro* was low, indicating that the reproductive success of these species was not affected by pollinator's share, despite the occurrence of flowering in the same time.

## ANEXOS

Instruções aos autores

Objetivo

A **Acta Botanica Brasilica**, publica em Português, Espanhol e Inglês, artigos originais, comunicações curtas e resumos de dissertações e teses em Botânica.

Normas gerais para publicação de artigos na Acta Botanic

1. A **Acta Botanica Brasilica (Acta bot. bras.)** publica artigos originais em Português, Espanhol e Inglês.
2. Os artigos devem ser concisos, **em quatro vias, com até 25 laudas**, seqüencialmente numeradas, incluindo ilustrações e tabelas (usar fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço entre linhas 1,5; imprimir em papel tamanho A4, margens ajustadas em 1,5 cm). A critério da Comissão Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos poderão ser aceitos, sendo o excedente custeado pelo(s) autor(es).
3. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* devem estar em itálico.
4. O título deve ser escrito em caixa alta e baixa, centralizado, e deve ser citado da mesma maneira no Resumo e Abstract da mesma maneira que o título do trabalho. Se no título houver nome específico, este deve vir acompanhado dos nomes dos autores do táxon, assim como do grupo taxonômico do material tratado (ex.: Gesneriaceae, Hepaticae, etc.).
5. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios etc.). Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer e-mail.
6. A estrutura do trabalho deve, sempre que possível, obedecer à seguinte seqüência:
  - **RESUMO** e **ABSTRACT** (em caixa alta e negrito) - texto corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo e com cerca de 200 palavras. Deve ser precedido pelo título do artigo em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até cinco palavras-

chave à escolha do autor, em ordem de importância. A mesma regra se aplica ao Abstract em Inglês ou Resumen em Espanhol.

- **Introdução** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter uma visão clara e concisa de: a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) objetivos.

- **Material e métodos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas - podem ser incluídos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e métodos**.

- **Resultados e discussão** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): podem conter tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas) estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

As figuras devem ser todas numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da figura. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.

Tanto as figuras como as tabelas devem ser apresentadas em folhas separadas (uma para cada figura e/ou tabela) ao final do texto (originais e 3 cópias). Para garantir a boa qualidade de impressão, as figuras não devem ultrapassar duas vezes a área útil da revista que é de 17,5 x 23,5 cm. Tabelas - Nomes das espécies dos táxons devem ser mencionados acompanhados dos respectivos autores. Devem constar na legenda informações da área de estudo ou do grupo taxonômico. Itens da tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda.

As ilustrações devem respeitar a área útil da revista, devendo ser inseridas em coluna simples ou dupla, sem prejuízo da qualidade gráfica. Devem ser apresentadas em tinta nanquim, sobre papel vegetal ou cartolina ou em versão eletrônica, gravadas em .TIF, com resolução de pelo menos 300 dpi (ideal em 600 dpi). Para pranchas ou fotografias - usar números arábicos, do lado direito das figuras ou fotos. Para gráficos - usar letras maiúsculas do lado direito.

As fotografias devem estar em papel brilhante e em branco e preto. **Fotografias coloridas poderão ser aceitas a critério da Comissão Editorial, que deverá ser previamente consultada, e se o(s) autor(es) arcar(em) com os custos de impressão.**

As figuras e as tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa, de forma abreviada e sem plural (Fig. e Tab.). Todas as figuras e tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto.

Legendas de pranchas necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas figuras e tabelas. Gráficos - enviar os arquivos em Excel. Se não estiverem em Excel, enviar cópia em papel, com boa qualidade, para reprodução.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 µm), o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%).

Escrever por extenso os números de um a dez (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 exsiccatas.

Em trabalhos taxonômicos o material botânico examinado deve ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão e na seguinte ordem: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, coletor(es) número do(s) coletor(es) (sigla do Herbário).

Ex.: **BRASIL. São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., Milanez 435 (SP).

No caso de mais de três coletores, citar o primeiro seguido de *et al.* Ex.: Silva *et al.* (atentar para o que deve ser grafado em CAIXA ALTA, Caixa Alta e Baixa, caixa baixa, **negrito**, *itálico*).

Chaves de identificação devem ser, preferencialmente, indentadas. Nomes de autores de táxons não devem aparecer. Os táxons da chave, se tratados no texto, devem ser numerados seguindo a ordem alfabética. Ex.:

1. Plantas terrestres

2. Folhas orbiculares, mais de 10 cm diâm. .... **2. *S. orbicularis***

2. Folhas sagitadas, menos de 8 cm compr. .... **4. *S. sagittalis***

1. Plantas aquáticas

3. Flores brancas ..... **1. *S. albicans***

3. Flores vermelhas ..... **3. *S. purpurea***

O tratamento taxonômico no texto deve reservar o *itálico* e o **negrito** simultâneos apenas para os nomes de táxons válidos. Basiônimo e sinonímia aparecem apenas em *itálico*. Autores de nomes científicos devem ser citados de forma abreviada, de acordo com índice taxonômico do grupo em pauta (Brummit & Powell 1992 para Fanerógamas). Ex.:

1. *Sepulveda albicans* L., Sp. pl. 2: 25. 1753.  
*Pertencia albicans* Sw., Fl. bras. 4: 37, t. 23, f. 5. 1870.  
Fig. 1-12.

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados e/ou discussão devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de estudo - localiza se ...

Resultados e discussão devem estar incluídos em conclusões.

- **Agradecimentos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): devem ser sucintos; nomes de pessoas e Instituições devem ser por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos.

#### - Referências bibliográficas

- Ao longo do texto: seguir esquema autor, data. Ex.:

Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva et al. (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997).

- Ao final do artigo: em caixa alta e baixa, deslocado para a esquerda; seguir ordem alfabética e cronológica de autor(es); **nomes dos periódicos e títulos de livros devem ser grafados por extenso e em negrito**. Exemplos:

Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em Juncaceae. Pp. 5-22. In: **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica**. Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I.

Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. Amaranthaceae. **Hoehnea** **33**(2): 38-45.

Silva, A. & Santos, J. 1997. Rubiaceae. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). **Flora Brasílica**. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Para maiores detalhes consulte os últimos fascículos rescentes da Revista, ou os links da mesma na internet: [www.botanica.org.br](http://www.botanica.org.br). ou ainda artigos on line por intermédio de [www.scielo.br/abb](http://www.scielo.br/abb).

**Não serão aceitas** Referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações de **simples** resumos simples de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses **devem ser evitadas ao máximo; se necessário, citar no corpo do texto**. Ex.: J. Santos, dados não publicados ou J. Santos, comunicação pessoal.

### Objetivo

A **Revista Brasileira de Botânica** é a publicação oficial da Sociedade Botânica de São Paulo - SBSP, cujo objetivo é publicar artigos originais de pesquisa científica em Botânica, em português, espanhol ou inglês.

### Normas editoriais

Os manuscritos completos (incluindo figuras e tabelas), **em quatro cópias**, devem ser enviados ao Editor Responsável da **Revista Brasileira de Botânica** no endereço abaixo.

A aceitação dos trabalhos depende da decisão do Corpo Editorial. Os artigos devem conter as informações estritamente necessárias para a sua compreensão. Artigos que excedam 15 páginas impressas (cerca de 30 páginas digitadas, incluindo figuras e tabelas), poderão ser publicados, a critério do Corpo Editorial, **devendo o(s) autor(es) cobrir(em) o custo adicional de sua publicação**. Igualmente, **fotografias coloridas** poderão ser publicadas a critério do Corpo Editorial, **devendo o(s) autor(es) cobrir(em) os custos de publicação** das mesmas. As notas científicas deverão apresentar contribuição científica ou metodológica original e não poderão exceder 10 páginas digitadas, incluindo até 3 ilustrações (figuras ou tabelas). Notas científicas seguirão as mesmas normas de publicação dos artigos completos. Serão fornecidas gratuitamente 20 separatas dos trabalhos nos quais pelo menos um dos autores seja sócio quite da SBSP. Para os demais casos, as separatas poderão ser solicitadas por ocasião da aceitação do trabalho e fornecidas mediante pagamento.

### Instruções aos autores

Preparar todo o manuscrito com numeração seqüencial das páginas utilizando: Word for Windows versão 6.0 ou superior; papel A4, todas as margens com 2 cm; fonte Times New Roman, tamanho 12 e espaçamento duplo. Deixar apenas um espaço entre as palavras e não hifenizá-las. Usar tabulação (tecla Tab) apenas no início de parágrafos. Não usar negrito ou sublinhado. Usar itálico apenas para nomes científicos ou palavras e expressões em latim.

### Formato do manuscrito

**Primeira página** - Título: conciso e informativo (em negrito e apenas com as iniciais maiúsculas); nome completo dos autores (em maiúsculas); filiação e endereço completo como nota de rodapé, indicando autor para correspondência e respectivo e-mail; título resumido.

Auxílios, bolsas recebidas e números de processos, quando for o caso, devem ser referidos no item Agradecimentos.

**Segunda página** - ABSTRACT (incluir título do trabalho em inglês), RESUMO (incluir título do trabalho em português), Key words (até 5, em inglês). O Abstract e o Resumo devem conter no máximo 250 palavras.

**Texto** - Iniciar em nova página colocando seqüencialmente: Introdução, Material e métodos, Resultados/ Discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas.

Citar cada figura e tabela no texto em ordem numérica crescente. Colocar as citações bibliográficas de acordo com os exemplos: Smith (1960) / (Smith 1960); Smith (1960, 1973); Smith (1960a, b); Smith & Gomez (1979) / (Smith & Gomez 1979); Smith *et al.* (1990) / (Smith *et al.* 1990); (Smith 1989, Liu & Barros 1993, Araujo *et al.* 1996, Sanches 1997).

Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações de material botânico, incluindo ordenadamente: local e data de coleta, nome e número do coletor e sigla do herbário, conforme os modelos a seguir: BRASIL: Mato Grosso: Xavantina, s.d., H.S. Irwin s.n. (HB 3689). São Paulo: Amparo, 23/12/1942, J.R. Kuhlmann & E.R. Menezes 290 (SP); Matão, ao longo da BR 156, 8/6/1961, G. Eiten *et al.* 2215 (SP, US).

Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (S.E. Sanchez, dados não publicados)

Citar números e unidades da seguinte forma:

- Escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades ou indiquem numeração de figuras ou tabelas.
- Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos artigos escritos em inglês (10.5 m).
- Separar as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas); utilizar abreviações sempre que possível.
- Utilizar, para unidades compostas, exponenciação e não barras (Ex.: mg.dia<sup>-1</sup> ao invés de mg/dia, µmol.min<sup>-1</sup> ao invés de µmol/min).

**Não inserir espaços** para mudar de linha, caso a unidade não caiba na mesma linha.

**Não inserir figuras no arquivo do texto.**

**Referências bibliográficas** - Indicar ao lado da referência, a lápis, a página onde a mesma foi citada.

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

YEN, A.C. & OLMSTEAD, R.G. 2000. Phylogenetic analysis of *Carex* (Cyperaceae): generic and subgeneric relationships based on chloroplast DNA. *In* Monocots: Systematics and Evolution (K.L. Wilson & D.A. Morrison, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, p.602-609.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. *In* Flora brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

DÖBEREINER, J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. *In* Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S. Watanabe, coord.). ACIESP, São Paulo, v.3, p.1-6.

FARRAR, J.F., POLLOCK, C.J. & GALLAGHER, J.A. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

Citar dissertações ou teses **somente em caráter excepcional**, quando as informações nelas contidas forem imprescindíveis ao entendimento do trabalho e quando não estiverem publicadas na forma de artigos científicos. Nesse caso, utilizar o seguinte formato:

SANO, P.T. 1999. Revisão de *Actinocephalus* (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Não citar resumos de congressos.

### **Tabelas**

Usar os recursos de criação e formatação de tabela do Word for Windows. Evitar abreviações (exceto para unidades).

Colocar cada tabela em página separada e o título na parte superior conforme exemplo:

Tabela 1. Produção de flavonóides totais e fenóis totais (% de peso seco) em folhas de *Pyrostegia venusta*.

Não inserir linhas verticais; usar linhas horizontais apenas para destacar o cabeçalho e para fechar a tabela.

Em tabelas que ocupem mais de uma página, acrescentar na(s) página(s) seguinte(s) "(cont.)" no início da página, à esquerda.

### **Figuras**

Submeter **um conjunto de figuras originais** em preto e branco e **três cópias** com alta resolução.

Enviar ilustrações (pranchas com fotos ou desenhos, gráficos mapas, esquemas) no **tamanho máximo de 15 x 21 cm**, incluindo-se o espaço necessário para a legenda. Não serão aceitas figuras que ultrapassem o tamanho estabelecido ou que apresentem qualidade gráfica ruim.

Figuras digitalizadas podem ser enviadas, desde que possuam nitidez e que sejam impressas em papel fotográfico ou "glossy paper".

Gráficos ou outras figuras que possam ser publicados em uma única coluna (7,2 cm) serão reduzidos; atentar, portanto, para o tamanho de números ou letras, para que continuem visíveis após a redução. Tipo e tamanho da fonte, tanto na legenda quanto no gráfico, deverão ser os mesmos utilizados no texto. Gráficos e figuras confeccionados em planilhas eletrônicas **devem vir acompanhados do arquivo com a planilha original.**

Colocar cada figura em página separada e o conjunto de legendas das figuras, seqüencialmente, em outra(s) página(s).

Utilizar escala de barras para indicar tamanho. A escala, sempre que possível, deve vir à esquerda da figura; o canto inferior direito deve ser reservado para o número da(s) figura(s).

Detalhes para a elaboração do manuscrito são encontrados nas últimas páginas de cada fascículo. Sempre que houver dúvida consulte o fascículo mais recente da Revista.

O trabalho somente receberá data definitiva de aceitação após aprovação pelo Corpo Editorial, tanto quanto ao mérito científico como quanto ao formato gráfico. A versão final do trabalho, aceita para publicação, deverá ser enviada em uma via impressa e em disquete, devidamente identificados.