



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA



**Edinaldo Luz das Neves**

**POLINIZAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA E O PAPEL DA ABELHA  
EXÓTICA *APIS MELLIFERA* L.**

Feira de Santana – Bahia

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**



**POLINIZAÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DA CAATINGA E O PAPEL DA ABELHA  
EXÓTICA *APIS MELLIFERA* L.**

**Edinaldo Luz das Neves**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências - Botânica.

Orientadora: Dra. Blandina Felipe Viana (UFBA)  
Co-orientadora: Dra. Lígia Silveira Funch (UEFS)

Feira de Santana – Bahia

2008



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**



**BANCA EXAMINADORA**

---

**Dra. Blandina Felipe Viana (UFBA)**  
Orientadora e Presidente da Banca

---

**Dra. Claudia Maria Jacobi (UFMG)**  
Membro Titular

---

**Dra. Isabel Cristina Sobreira Machado (UFPE)**  
Membro Titular

---

**Dra. Miriam Gimenez (UEFS)**  
Membro Titular

---

**Dr. Caio Graco Machado (UEFS)**  
Membro Titular

Homologada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/ 2008.

Feira de Santana – Bahia

2008

**Para  
Neto, o primeiro Sol;  
Edu, o segundo Sol;  
Lua e Gabriel,  
Meus filhos.**

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dra. Blandina Felipe Viana, pela orientação, incentivos, cuidado e carinho diários e imensuráveis, desde 1994, quando me aceitou como orientando de Iniciação Científica. Fui/sou seu primeiro orientando (oficial) de graduação, o primeiro de mestrado e o primeiro de doutorado. Minha formação profissional, pessoal e cidadã é resultado da sua lapidação diária, algumas vezes carregada de cobranças profissionais, outras, de cobranças maternas. Hoje, somos uma parceria de sucesso. Com ela aprendi, também, coisas simples, mas que não enxergava, como: “um trabalho deve ter início, meio e fim...”, “você não deve pulverizar tanto o seu tempo...”, “tá vendo? Se eu não tivesse insistido, não teria ficado tão bom!” Se pudesse, levaria o tempo dessa tese agradecendo. E agradeço mais uma vez: Muito obrigado, Blande!

À Prof<sup>a</sup> Dra. Ligia Silveira Funch (UEFS) pela co-orientação, materializada na confiança em meu trabalho desde a fase de projeto.

À Fundação Biodiversitas ([WWW.biodiversitas.org.br](http://WWW.biodiversitas.org.br)) pela permissão concedida para a realização das atividades de Campo na Estação Biológica de Canudos.

Aos amigos da Estação Biológica de Canudos, que cuidaram de mim e dos demais integrantes do projeto como se fossem membros de suas famílias: Tânia Maria Alves, Eurivaldo “Kaboko” Macedo Alves, João Carlos Nogueira (Seu Carlos).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), Termo de Outorga TO 261/03 Etapa II), pelo apoio financeiro de parte das atividades de campo.

Ao CNPq/PRONAF pelo suporte financeiro do projeto “Manejo sustentado de abelhas e plantas como alternativa tecnológica de fortalecimento da agricultura de economia familiar na Caatinga e Chapada Diamantina”.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da UEFS, pela confiança e investimento incondicional na formação de seus alunos.

Ao UNIJORGE - Centro Universitário Jorge Amado, que flexibilizou minha jornada de trabalho, disponibilizando momentos imprescindíveis para a realização desta tese.

A Camila Magalhães Pigozzo, pelo auxílio nas atividades de campo, variadas discussões sobre as interações planta-polinizador, auxílio na realização do capítulo principal da tese e pelo carinho e companheirismo diários.

Aos colegas Patrícia Ferreira, Leonardo Stabile e Maili Campos, pelo auxílio nas análises estatísticas; Léa Maria dos Santos Lopes Ferreira, Ângelis Farias da Silva Nascimento e Solange Alcântara, que auxiliaram nas investigações no Herbário ALCB; Rosineide Braz Santos Fonseca, apoiando sempre na realização dos cálculos de intensidade fenológica; Diego “Dida” Mendes Lima, pela ajuda na identificação das aves no campo e companhia em muitas das viagens de campo.

A Nádia Roque (UFBA) pela revisão da descrição de morfologia floral e dos desenhos de *Jatropha*.

Aos meus revisores *Ad hoc* Fabiana Oliveira da Silva, Marcos Botelho, Patrícia Petitinga Silva e Rosiléia Oliveira de Almeida, leitores cuidadosos das versões finais do texto.

Aos professores Maria Lenise Silva Guedes e Luciano Paganucci de Queiroz pela identificação das espécies vegetais utilizadas no capítulo de Sistemas Sexuais.

A Cláudia Maria Jacobi e Yasmine Antonini, que sugeriram e enviaram várias referências durante a fase de construção do projeto.

A Natanael “Natan” Nascimento dos Santos pelos excelentes desenhos das três espécies de *Jatropha*.

A Marina Siqueira de Castro (EBDA/UEFS) pelas sugestões e incentivo constantes.

Aos meus fiéis colaboradores - voluntários - de campo: Gabriel Salles Góes, Luiz Carlos “Lôro” de Araújo Júnior, Tiago Martins, Eduardo “Dudu” Freitas Moreira, José Luiz Sanches Gonçalves Júnior (Júnior Sanches), Sanderson Albuquerque Telles, Solon Guimarães Xavier de Souza, Rodrigo Duran, Gustavo Henrique de Barros Alves, José Ferreira Lima “Neto”, Emerson Bonfim Lima de Souza e Carlos Henrique Cerqueira do Rosário, José Augusto Ramos Luz, Helmut Schuarzelmüller.

Aos meus familiares, que não entendem o que faço (nem porque faço!), mas sentem-se orgulhosos quando finalizo mais uma etapa e sonham com o dia em que me tornarei uma pessoa “normal” – e isso sempre me incentiva! Ernesto Negrão das Neves e Jeane Luz das Neves (Pais); Roberta Costa do Lago (companheira); Valda, Jailza e Jamile Luz das Neves (irmãs); todos os demais parentes e amigos que não conseguiria listar...

Aos meus pais por opção (Luiz Armando Costa Sá e Sônia Porto Neves Sá) e minhas irmãs por opção (Camila e Tacila Neves Sá), pelo incentivo, carinho e cuidado incondicionais, mesmo agora que não dividimos mais o mesmo lar.

A Leonardo “Léo” José Lima Sá e Luís César “Cesinha” Lima Sá, meus eternos irmãos, pela força e carinho orgulhosos e constantes.

Ao INMET – IV Distrito, Salvador, pelas facilidades no fornecimento dos dados meteorológicos do município de Monte Santo, Bahia.

A todos aqueles que esqueci de relacionar e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!



## SUMÁRIO

<b>Agradecimentos</b>	v
<b>Introdução Geral</b>	1
Referências Bibliográficas	8
Figuras	13
<b>Capítulo 1 - Atributos Florais, Sistemas Sexuais e Síndromes de Polinização das plantas visitadas por <i>Apis mellifera</i> L. (Hymenoptera, Apidae) na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia, Brasil</b>	18
Abstract	19
Resumo	20
Introdução	21
Material e Métodos	23
Resultados	25
Discussão	26
Referências Bibliográficas	31
Tabelas	36
Figuras	38
<b>Capítulo 2 - Comportamento fenológico, dispersão e predação de sementes de três táxons de <i>Jatropha</i> L. (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil</b>	42
Abstract	44
Resumo	45
Introdução	46
Material e Métodos	48
Resultados	53
Discussão	56
Referências Bibliográficas	62
Tabelas	70
Lista de Figuras	74
Figuras	75
<b>Capítulo 3 - Biologia floral e polinização de três táxons de <i>Jatropha</i> L. (Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil</b>	79
Abstract	80
Resumo	81
Introdução	82

Material e Métodos	83
Resultados	87
Discussão	92
Referências Bibliográficas	99
Tabelas	104
Figuras	107
<b>Capítulo 4 - Eficiência de <i>Apis mellifera</i> L. na polinização dos táxons monóicos <i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill. e <i>Jatropha mutabilis</i> (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil</b>	113
Abstract	114
Resumo	115
Introdução	116
Material e Métodos	118
Resultados	120
Discussão	121
Referências Bibliográficas	128
Tabela	133
Figura	134
<b>Considerações Finais</b>	135
<b>Resumo Geral</b>	140
<b>Abstract</b>	143

# Introdução Geral

---

## INTRODUÇÃO GERAL

A diversidade de espécies vegetais em ecossistemas tropicais é extraordinariamente alta quando comparada com a de outros ecossistemas mundiais (Wilson, 1988). Entretanto, a aceleração da degradação ambiental, através da expansão da fronteira agrícola, da fragmentação dos ecossistemas naturais, da introdução de espécies exóticas e da ação antrópica predatória, vem causando uma drástica diminuição dessa diversidade.

A arquitetura física dos biomas é determinada, principalmente, pelas plantas, e a perpetuação delas depende da polinização realizada, principalmente, pelas abelhas. Assim, alterações que afetem a composição de polinizadores irão comprometer os processos reprodutivos das espécies vegetais.

O tipo de polinização e os polinizadores influenciam fortemente nas relações ecológicas, como variação genética na comunidade de plantas, na diversidade floral e na especiação e conservação do ecossistema (Roubik, 1995). Embora cerca de 80% das Angiospermas sejam bissexuais (Proctor *et al*, 1996), grande parte delas apresenta sofisticados mecanismos para evitar a autopolinização e para forçar a polinização cruzada, geradora da variabilidade genética na população (Endress, 1994).

A polinização cruzada envolve obrigatoriamente a remoção do pólen viável das anteras, o transporte e a deposição desses grãos no estigma receptivo da flor de outra planta (Proctor *et al.*, 1996; Harder & Wilson, 1997). Um visitante mal adaptado pode funcionar como parasita, pela remoção de néctar e pólen, sem efetivar a transferência de pólen (Batra, 1995), representando assim um custo adicional no investimento reprodutivo da planta, sem trazer benefícios.

Para um polinizador ser eficiente, deve coletar pólen ativamente e contatar as anteras com diferentes partes do corpo. Deve também contatar o estigma da flor durante sua visita e ter alta frequência de visitas em flores da mesma espécie (constância floral). Além disso, o horário de

visita do polinizador deve estar sincronizado com o período de antese e receptividade do estigma. Sendo atendidas essas necessidades, ocorre uma polinização eficiente, com conseqüente produção de frutos bem desenvolvidos e com grande número de sementes (Roubik, 1989; Dafni, 1992; Free, 1993). Assim, a interação apropriada entre polinizador e flores é um ponto crítico da relação.

Dentre os insetos visitantes florais, as abelhas são os polinizadores mais eficientes em quase todos os ecossistemas (Kevan *et al.*, 1990). As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) representam os principais visitantes florais em ecossistemas tropicais (Roubik, 1989), desempenhando um papel importante na manutenção das comunidades vegetais (Free, 1993; Neff & Simpson, 1993).

Espécies exóticas (ou alienígenas) são aquelas não nativas do ecossistema em que vivem ([www.invasivespecies.gov](http://www.invasivespecies.gov)). Muitas dessas espécies, tais como plantas usadas na alimentação humana, são benéficas; enquanto outras podem causar prejuízo econômico ou ambiental ou risco à saúde humana (Simberloff, 1996). Por essas características, espécies exóticas são excelentes modelos para o entendimento de processos ecológicos e evolucionários (ver revisão em Sax *et al.*, 2007).

A abelha africanizada *Apis mellifera* Linnaeus 1758 é um exemplo de espécie exótica bem sucedida e considerada benéfica devido à relação com o processo de polinização e à produção de mel (Goulson, 2003). Populações silvestres de *Apis mellifera*, polihíbrido resultante do cruzamento de abelhas africanas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, introduzidas no Brasil em 1956 (Kerr, 1967), com raças européias, introduzidas no País no século XIX., encontram-se distribuídas em quase todos os biomas brasileiros (Ramalho, 1995; Wilms *et al.*, 1996; Minussi & Alves-dos-Santos, 2007), com predominância no bioma caatinga (Neves & Viana, 2002). A área do território brasileiro onde as abelhas africanizadas não são encontradas é o interior da floresta amazônica (Oliveira & Cunha, 2005).

O impacto de *Apis mellifera* sobre as comunidades vegetais e às populações de abelhas nativas tem causado muita controvérsia sugerindo ser essa espécie competidora das abelhas nativas (Schaffer *et al.*, 1983; Kato *et al.*, 1999; Goodell, 2000; Steffan-Dewenter, 2000) e pouco eficiente na polinização (Westerkamp, 1991; Gross & Mackay, 1998; Klein *et al.*, 2003; Celebrezze & Paton, 2004). Alguns autores sugerem que não há evidências seguras de que tais abelhas afetam negativamente a biota (p.ex. Manning, 1997). Entretanto, outros autores encontraram evidências experimentais comprovando a eficiência dessas abelhas na polinização (p.ex. Sampson & Cane, 2000; Gross, 2001; Roubik, 2002). No Brasil, estudos afirmam que *Apis mellifera* é a principal competidora das abelhas nativas por recursos florais e sítios para nidificação (p.ex. Roubik, 1978; Wilms *et al.*, 1996; Castro, 2001), embora nenhuma evidência experimental tenha sido apresentada até a presente data.

Estudos sobre as assembléias de abelhas, uso de recursos florais e ecologia de nidificação realizados nas dunas do Médio São Francisco (Viana, 1999; Neves, 2001; Neves & Viana, 2002; Teixeira, 2003) e em Canudos (Pigozzo, 2004) revelaram a predominância de visita às flores por *Apis mellifera*. De acordo com C M Pigozzo e B F Viana (com. pess.), as redes de interações entre abelhas e flores na Ecorregião do Raso da Catarina se revelaram marcadamente generalistas de ambas as partes e *Apis mellifera* visitou 85% das espécies de angiospermas da área.

Atualmente, há um consenso internacional de que a polinização é fundamental para a conservação e a sustentabilidade da flora e da fauna em todos os ecossistemas mundiais (Kevan & Viana, 2003). Além disso, não se pode esquecer que a interrupção da polinização pode conduzir à redução da capacidade reprodutiva das plantas e pode, em casos extremos, levar à extinção de plantas e animais e a mudanças na paisagem e no funcionamento dos ecossistemas (Bond, 1995).

Embora haja conjecturas acerca da possibilidade de interferência de *Apis mellifera* na polinização das espécies vegetais nativas dos diversos biomas mundiais, poucos estudos testaram

experimentalmente a eficiência dessa abelha introduzida como polinizadora e o sucesso reprodutivo das plantas visitadas (p.ex., Westerkamp, 1991; Sugden & Pyke, 1991; Aizen & Feinsinger, 1994; Gross, 2001). No Brasil destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Carmo *et al.* (2004) com *Clusia arrudae* Planchon & Triana (Clusiaceae) e Jacobi & del Sarto (2007) com as espécies *Vellozia epidendroides* Mart. ex. Schult. & Schult. e *V. leptopetala* Goeth. & Henr. (Velloziaceae). Sobre as áreas de Caatinga nenhum registro foi encontrado na literatura disponível.

O bioma Caatinga é um dos mais alterados pelas atividades humanas, sofrendo graves danos desde o século XVI, quando da chegada dos portugueses às costas da Bahia (Ministério do Meio Ambiente, 2002). Em razão da relevância desse bioma e do baixo número de informações disponíveis sobre sua diversidade biológica, o Ministério do Meio Ambiente, por meio do projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), incentivou o desenvolvimento do projeto “Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga” (Ministério do Meio Ambiente, 2002). Dentre as áreas de Caatinga, no Estado da Bahia, indicadas como de extrema importância biológica, destaca-se a Ecorregião do Raso da Catarina (*sensu* Velloso *et al.*, 2002) (Figura 1), coberta por uma vegetação de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea (Figuras 2 e 3) e considerada área prioritária para a conservação da flora e da fauna de invertebrados.

Inserida na Ecorregião do Raso da Catarina, encontra-se a Estação Biológica de Canudos (EBC), mantida pela Fundação Biodiversitas ([www.biodiversitas.org.br](http://www.biodiversitas.org.br)). A EBC (9°56'34"S, 38°59'17"W) possui 1.447 ha, encontra-se a 400m de altitude e foi criada em 1989 com o objetivo de proteger *in situ* a arara-azul-de-lear *Anodorhynchus leari* (Bonaparte 1857) (Aves, Psittacidae). Atualmente, a EBC constitui-se em um espaço privilegiado para o desenvolvimento de pesquisas por conta da integridade de sua vegetação e a logística oferecida, pois conta com base de campo, mateiro e veículo com tração nas quatro rodas. Dentre as pesquisas desenvolvidas

na área, além do presente estudo, destacam-se as dissertações de Pigozzo (2004) sobre as redes de interações entre abelhas e flores e sua relação com a organização das comunidades locais de Apoidea e a de Dórea (2007) que estudou a diversidade de pólen transportado por abelhas solitárias, e as teses de Silva (2007) que descreve os tipos polínicos visitados por abelhas na Caatinga e de Lima (2007) sobre a palinologia, fenologia, biologia floral e o potencial apícola de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae).

Tendo em vista a importância das abelhas para a polinização das plantas da caatinga e a grande abundância da abelha exótica *Apis mellifera* nesse bioma, o presente estudo se propõe a testar, experimentalmente, a eficiência de *A. mellifera* na polinização de espécies nativas da Caatinga. Para obter dados empíricos que dessem suporte às discussões referentes ao nosso objetivo principal, realizaram-se as investigações descritas abaixo na estação Biológica de Canudos, no período de março de 2004 a junho de 2007.

Pigozzo (2004) amostrou 15.006 indivíduos de 70 espécies de abelhas visitantes florais de 40 espécies vegetais na EBC. Dentre as abelhas, *A. mellifera* destacou-se como a mais abundante (61,79%) e aquela que visitou o maior número de espécies de plantas (85%). Para iniciar o presente estudo, selecionou-se, especificamente, as espécies visitadas por *A. mellifera* e testou-se, experimentalmente, a capacidade de autopolinização de cada uma delas (Capítulo 1). Esses experimentos foram realizados com o intuito de identificar quais espécies são realmente dependentes de vetores de pólen para alcançar sucesso na produção de frutos. Investigou-se, também, os atributos florais, as síndromes de polinização e os sistemas sexuais dessas plantas.

Apenas uma espécie se mostrou eficiente na autopolinização, revelando uma taxa de produção de frutos superior a 50%. As demais revelaram dependência por vetores de pólen. Os dados obtidos indicaram que os melhores modelos para a realização dos experimentos e para testar a eficiência de *A. mellifera* como polinizadora seriam duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) residentes: *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill. (Figura 4) e *Jatropha mutabilis*



(Pohl.) Baill. (Figura 5). Essas espécies foram selecionadas devido às seguintes características: (1) pertencem à terceira família mais rica em espécies da Caatinga; (2) possuem grandes populações na área e são bem distribuídas nas áreas de Caatinga; (3) são monóicas; (4) apresentarem flores grandes e de morfologia simples (tipo prato), o que facilita a montagem dos experimentos; (5) são muito visitadas por *A. mellifera*; e (6) já existem informações acerca de sua biologia da polinização, pré-requisito imprescindível para a comparação dos resultados obtidos.

Com o intuito de enriquecer a discussão dos resultados desta tese e de contribuir para o conhecimento sobre a biologia da polinização das espécies de *Jatropha* da Caatinga, optou-se por incluir a espécie *Jatropha ribifolia* (Pohl.) Baill (Figura 6) nas investigações dos capítulos 2 e 3.

Selecionadas as espécies, para cada uma delas, realizaram-se estudos sobre a fenologia vegetativa e reprodutiva, dispersão e predação de sementes (Capítulo 2). Investigou-se, também, a correlação existente entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa, precipitação e fotoperíodo), a capacidade de armazenamento de água e o padrão de distribuição espacial das três espécies.

No Capítulo 3, são apresentados pela primeira vez os resultados sobre a biologia floral, comportamento de produção de néctar, visitantes florais e sistemas reprodutivos de *J. ribifolia*, de forma comparada com aqueles obtidos para *J. mollissima* e *J. mutabilis*. O capítulo apresenta, também, informações acerca dos visitantes florais das três espécies e discute as diferenças entre os resultados obtidos no presente estudo e aqueles realizados por outros autores.

Finalmente, o quarto capítulo apresenta os resultados dos experimentos sobre a eficiência de *A. mellifera* como polinizadora de espécies nativas de *Jatropha*. O capítulo apresenta uma discussão bastante atualizada sobre as possíveis interferências (positivas e negativas) de *A. mellifera* no sucesso reprodutivo de plantas nativas e de que forma seu estabelecimento e grande abundância na Caatinga pode influenciar na manutenção da paisagem natural desse bioma.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AIZEN, M. & P. FEINSINGER, 1994. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* 75(2): 330-351.
- BATRA, S.W.T. 1995. Bees and pollination in our changing environment. *Apidologie* 26(5): 361-370.
- BOND, W.A. 1995. Assessing the risk of plant extinction due to pollinator and disperser failure. pp. 122-128. In Lawton, J.G. & R.M. May (eds.). *Extinction rates*. Oxford: Oxford University Press.
- CARMO, R.M., E.V. FRANCESCHINELLI & F.A. SILVEIRA. 2004. Introduced honeybees (*A. mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. *Biotropica* 36(3): 371-376.
- CASTRO, M. S. 2001. *A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de caatinga arbórea entre os inselbergs de Milagres (12°53'S; 39°51'W), Bahia*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo. 191p.
- CELEBREZZE, T. & D.C. PATON. 2004. Do introduced honeybees (*Apis mellifera*, Hymenoptera) provide full pollination service to bird-adapted Australian plants with small flowers? An experimental study of *Brachyloma ericoides* (Epacridaceae). *Austral Ecology* 29(2): 129-136.
- DAFNI, A. 1992. *Pollination Ecology: A practical Approach*. Oxford: Oxford University Press. 250p.
- DÓREA, M.C. 2007. *O pólen armazenado por abelhas solitárias (Apidae, Centridini): estudo em uma área de Caatinga na Bahia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Feira de Santana. 75p.

- ENDRESS, P. 1994. *Diversity and Evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University Press. 51 lp.
- FREE, J.B. 1993. *Insect Pollination of Crops*. San Diego: Academic Press. 684p.
- GOULSON, D. 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34(1): 1-26.
- GROSS, C.L. 2001. The effect of introduced honeybees on native bee visitation and fruit-set in *Dillwynia juniperina* (Fabaceae) in a fragmented ecosystem. *Biological Conservation* 102(1): 89-95.
- GROSS, C.L., & D. MACKAY. 1998. Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). *Biological Conservation* 86(2): 169-178.
- HARDER, L.D. & W.G. WILSON. 1997. Theoretical perspectives on pollination. *Acta Horticulturae* 437: 83-101.
- JACOBI, C.M. & M.C.L. DEL SARTO. 2007. Pollination of two species of *Vellozia* (Velloziaceae) from high-altitude quartzitic grassland, Brazil. *Acta Botanica Brasiliica* 21(2): 325-333.
- KATO, M., A. SHIBATA, T. YASUI & H. NAGAMUSU. 1999. Impact of introduced honeybees, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Researches on the Population Ecology* 41(2): 217-228.
- KERR, W. 1967. The history of the introduction of Africanized honey bees to Brazil. *South African Bee Journal* 39(1): 3-5.
- KEVAN, P.G. & B.F. VIANA. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity* 4(1): 3-8.
- KEVAN, P.G., E.A. CLARK & V.G. THOMAS. 1990. Insect pollinators and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture* 5(1): 13-22.

- KLEIN, A.M., I. STEFFAN-DEWENTER & T. TSCHARNTAKE. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology* 40(5): 837-845.
- LIMA, L.C.L. 2007. Espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae) do semi-árido nordestino: palinologia, fenologia, biologia floral e potencial apícola. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Feira de Santana. 96p.
- MANNING, R. 1997. The honey bee debate: a critique of scientific studies of honey bees *Apis mellifera* and their alleged impact on Australian Wildlife. *The Victorian Naturalist* 114(1): 13-22.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga*. Brasília: MMA/SBF. 36p.
- MINUSSI, L.C. & I. ALVES-DOS-SANTOS. 2007. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera: Apidae). *Bioscience Journal* 23(1): 58-62.
- NEFF, J.L.; SIMPSON, B. 1993. Bees, pollination system and plant diversity. Pp 143-167. in Lasalle, J. & I.D. Gauld (eds.). *Hymenoptera and biodiversity*. Wallingford: CAB International.
- NEVES, E.L. 2001. *Composição e visita às flores pelas abelhas eussociais (Hymenoptera: Apidae: Apinae) nas dunas interiores da margem esquerda do Rio São Francisco, Barra*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 69p.
- NEVES, E.L. & B.F. VIANA. 2002. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46(4): 571-578.

- OLIVEIRA, M.L. & J.A. CUNHA. 2005. As abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? *Acta Amazônica* 35(3): 389-394.
- PIGOZZO, C.M. 2004. *Organização das comunidades locais de Apoidea em uma área de Caatinga, Canudos – Ba*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 86p.
- PROCTOR, M., P. YEO & A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. London: Harper Collins. 479p.
- RAMALHO, M. 1995. *Diversidade de abelhas (Apoidea, Hymenoptera) em um remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo. 144p.
- ROUBIK, D.W. 1978. Competitive interactions between neotropical pollinators and Africanized honey bees. *Science* 201(4360): 1030-1032.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural History of Tropical Bees*. Cambridge: Cambridge University Press. 514p.
- ROUBIK, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Roma: FAO. Bulletin 118 Food and Agriculture Organization. 208p.
- ROUBIK, D.W. 2002. The value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417(6890): 708.
- SAMPSON, B.J. & J.H. CANE. 2000. Pollination efficiency of three bee (Hymenoptera, Apidae) species visiting rabbiteye blueberry. *Journal of Economic Entomology* 93(6): 1726-1731.
- SAX, D.F. ET AL. 2007. Ecological and evolutionary insights from species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 22(9): 465-471.
- SEFFAN-DEWENTER, I & T. TSCHARNTKE. 2000. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122(2): 288-296.

- SHAFFER, W.M., D.W. ZEH, S.K. BUCKMANN, M.V. SCHAFFER & J. ANTRIM. 1983. Competition for nectar between introduced honeybees and native North-American bees and ants. *Ecology* 64(3): 564-577.
- SILVA, F.H.M. 2007. *Contribuição à palinologia da Caatinga*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Feira de Santana.
- SIMBERLOF, D. 1996. *Impacts of Introduced Species in the United States*. Disponível no site [www.gcrio.org/consequences/article2.html](http://www.gcrio.org/consequences/article2.html) Acesso em 01/03/2005.
- SUGDEN, E. & G. PYKE. 1991. Effects of honeybees on colonies of *Exoneura asimillima*, an Australian native bee. *Australian Journal of Ecology* 16(2): 171-181.
- TEIXEIRA, A.F.R. 2003. *Ecologia das Abelhas Eusociais do Gênero Frieseomelitta Von Ihering 1912 (Apidae; Meliponina)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 107p.
- VELLOSO, A.L., E.V.S.B. SAMPAIO & F.G.C. PAREYN (eds.). 2002. *Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 75p.
- VIANA, B.F. 1999. A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) das Dunas Interiores do Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28(4): 635-645.
- WESTERKAMP, C.H. 1991. Honey bees are poor pollinators – Why? *Plant Systematic and Evolution* 177(1): 71-75.
- WILMS, W., V.L. IMPERATRIZ-FONSECA & W. ENGELS. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of introduced Africanized honey bees on native Stingless bees in Brazilian Atlantic Rainforest. *Stud. Neotropical Fauna & Environment* 31(3 e 4): 137-151.
- WILSON, E.O. (org.). 1997. *Biodiversidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 660p.

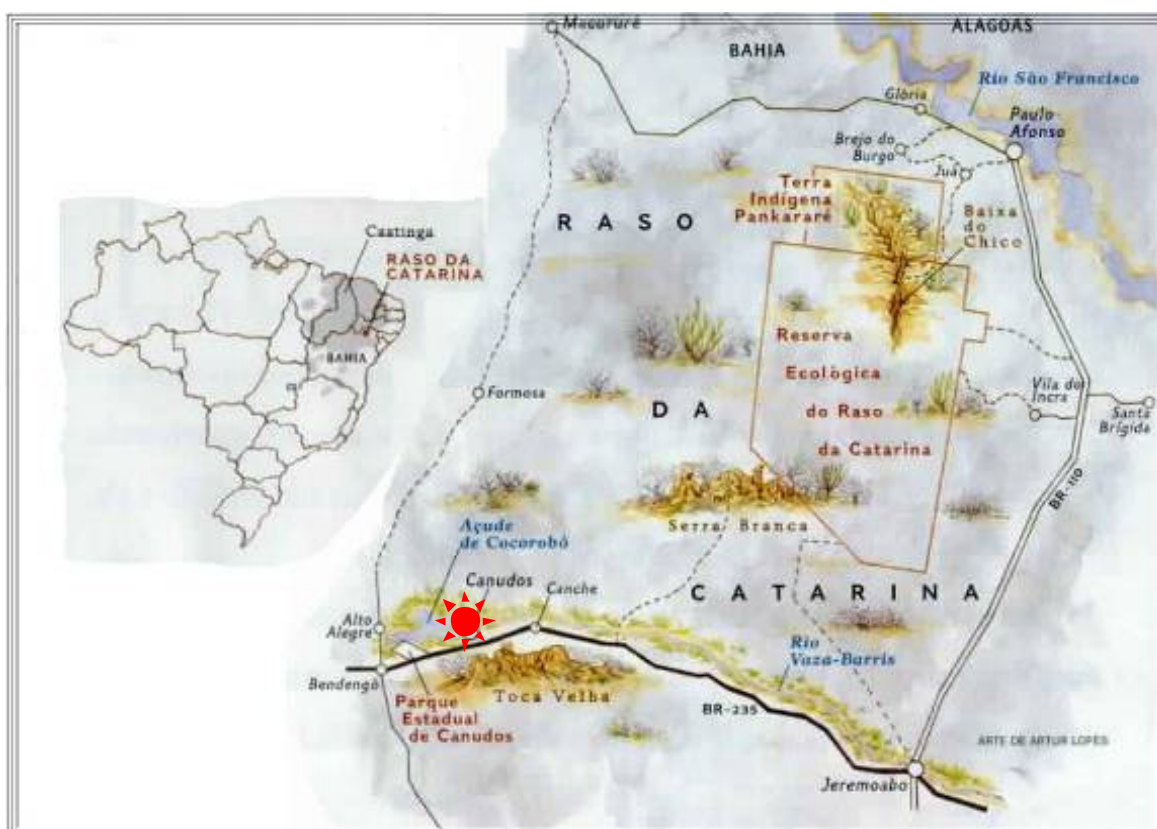


Figura 01. Localização da Ecorregião do Raso da Catarina e da Estação Biológica de Canudos (Toca Velha), Canudos-Ba. **Fonte: National Geographic**



Figura 02. Vegetação de caatinga arbustiva predominante na Estação Biológica de Canudos, Bahia.



Figura 03. Vegetação arbustiva-arbórea da Estação Biológica de Canudos (Canudos, Bahia) vista do alto de um *canyon*.





Figura 04. *Jatropha mollissima* (Euphorbiaceae), residente na Estação Biológica de Canudos, Bahia. A – indivíduo adulto; B – ramo floral apresentando uma flor estaminada sendo visitada pela abelha exótica *Apis mellifera*.



Figura 05. *Jatropha mutabilis* (Euphorbiaceae), residente na Estação Biológica de Canudos, Bahia. A – indivíduo adulto; B – ramo floral apresentando uma flor pistilada aberta.



Figura 06. *Jatropha ribifolia* (Euphorbiaceae), residente na Estação Biológica de Canudos, Bahia. A – indivíduo adulto; B – ramo floral apresentando flores estaminadas e frutos.

# Capítulo 1

---

**Atributos Florais, Sistemas Sexuais e Síndromes de Polinização das  
plantas visitadas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)  
na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia, Brasil**

## ABSTRACT

**(Floral Attributes, Sexual Systems, and Pollination Syndromes of plants visited by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) in the Raso da Catarina Eco-region, Canudos, Bahia State, Brazil).** In order to characterize the flora visited by the exotic bee *A. mellifera*, the floral attributes, pollination syndromes, sexual systems, and the dependence on pollen vectors of bee-pollinated plants were investigated in an area of caatinga hyperxerophilous shrub-arboreal vegetation in the Raso da Catarina eco-region, Canudos, Bahia State. *Apis mellifera* visited 41 species of 34 genera and 15 families, with Leguminosae (n= 12) being the family most frequently visited. Bisexual plants (85.4%) predominated and all of the unisexual plants (14.6%) belonged to the monoecious genera *Jatropha* in the family Euphorbiaceae. The most common pollination syndrome was melittophily (45%) and nectar was the most collected floral resource (75.6%). The shrub habit was most prevalent (70.7%), as was actinomorphic symmetry (76%); with dish flowers (29.4%) or keels (22%), being large (44%) or small (41%). The production of fruits by self-pollination differed significantly in relation to the control ( $\chi^2$  total = 419.99; g.l. = 37; P < 0.005), indicating that the plants depend on pollen vectors in order to be able to produce fruits, except for *Jatropha ribifolia*, which demonstrated a high percentage of seed formation by self-pollination (70%). The results presented here indicate the necessity of undertaking experiments to test the efficiency of *A. mellifera* as a pollination vector of native plant species in the Caatinga. Within the Raso da Catarina eco-region, the species most indicated for these types of experiments would be *J. mollissima*, *J. mutabilis*, and *J. ribifolia*, which are monoecious, abundant, and have large flowers; two of these species do not produce fruits by self-pollination.

**Key-words:** Bees, melittophily, floral resources, semi-arid, reproductive biology.

## RESUMO

**(Atributos Florais, Sistemas Sexuais e Síndromes de Polinização das plantas visitadas por *Apis mellifera* L (Hymenoptera, Apidae) na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia, Brasil).** Com o intuito de caracterizar a flora visitada pela abelha exótica *A. mellifera* L, investigou-se os atributos florais, as síndromes de polinização, os sistemas sexuais e a dependência de vetores de pólen das plantas apícolas de uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea na ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia. *Apis mellifera* visitou 41 espécies de 34 gêneros e 15 famílias, sendo Leguminosae (n= 12) a família mais freqüente. As plantas bissexuais (85,4%) predominaram e todas as unissexuais (14,6%) são monóicas do gênero *Jatropha* e pertencentes à família Euphorbiaceae. Melitofilia foi a síndrome mais comum (45%) e néctar foi o recurso mais coletado (75,6%). Prevaleram também o hábito arbustivo (70,7%), a simetria actinomorfa (76%), flores em forma de prato (29,4) e quilha (22,0%), grandes (44%) e pequenas (41%). A produção de frutos por autopolinização diferiu significativamente em relação ao controle ( $\chi^2$  total = 419,99, g.l. = 37, P < 0,005), indicando que as plantas dependem de vetores de pólen para a produção de frutos, exceto para *Jatropha ribifolia* que obteve alto percentual de autopolinização (70%). Os resultados aqui apresentados indicam a necessidade de realização de experimentos para testar a eficiência de *A. mellifera* como polinizadora de espécies vegetais nativas da Caatinga. Na ecorregião do Raso da Catarina, as espécies mais indicadas para a realização desses experimentos são *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia*, já que são monóicas, abundantes, possuem flores grandes e duas delas não produziram frutos por autopolinização.

**Palavras-chave:** Abelhas, melitofilia, recursos florais, semi-árido, biologia reprodutiva.

## INTRODUÇÃO

A abelha exótica *Apis mellifera* é o visitante floral mais abundante nos ambientes tropicais (p.ex. Roubik, 2000; Minussi & Alves-dos-Santos, 2007) e foi amostrada na maioria dos estudos biocenóticos realizados no Brasil (p.ex. Wilms *et al.*, 1996; Ramalho, 1995; Aguiar *et al.*, 1995; Castro, 2001; Neves *et al.*, 2002; Lorenzon *et al.*, 2003). De acordo com Neves & Viana (2002), a abundância de *A. mellifera* aumenta a partir da Mata Atlântica em direção à área central da Caatinga e esse ambiente parece ser favorável ao estabelecimento dessas abelhas por possuir plantas que produzem floração massal e por apresentar condições climáticas que favorecem a manutenção de suas colônias.

Essas abelhas são forrageadoras generalistas, com rápida mudança no padrão de forrageamento, longo período de atividade, alta eficiência na coleta de recursos e, sempre que possível, exploram as fontes mais produtivas de alimento (Seeley, 1985; Roubik, 1989; Ramalho *et al.*, 1990). Estudos biocenóticos revelam que *A. mellifera* visita a maior parte das espécies vegetais presentes em determinada área (p.ex. Castro, 2001; Neves & Viana, 2002; Lorenzon *et al.*, 2003; Pigozzo, 2004). Do ponto de vista da abelha esse comportamento é vantajoso porque garante o suprimento de alimento para a colônia que possui grande número de indivíduos e é perene (Goulson, 2003). Já para as plantas, pode representar prejuízo, pois o alto consumo de pólen pelas abelhas e a baixa fidelidade floral parecem prejudicar a formação de frutos (Westerkamp, 1991; Goulson, 2003).

Sabe-se que a interação apropriada entre abelhas e flores é um ponto crítico nessa relação, já que um visitante mal adaptado pode funcionar como parasita, pela remoção de pólen e néctar, sem efetivar a transferência de pólen (Batra, 1995). Então, para que *A. mellifera* atue como polinizadora eficiente espera-se que apresente fidelidade e constância floral, contate os

órgãos reprodutivos das flores e transporte pólen viável em sincronia com a receptividade estigmática da planta visitada.

Nesse sentido, o primeiro passo para avaliar a interferência (positiva ou negativa) de *A. mellifera* na reprodução vegetal em ambientes naturais é identificar, através das análises preliminares dos atributos florais e dos sistemas sexuais, quais plantas seriam dependentes desse vetor.

Estudos que abordam as síndromes de polinização e os sistemas sexuais em nível de comunidade nos biomas brasileiros são raros (p.ex. Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1988; Barbosa, 1997; Oliveira & Gibbs, 2000 no Cerrado, Ormond *et al.*, 1993; Matallana *et al.*, 2005 na Restinga, Kinoshita *et al.*, 2006 na Mata Atlântica). Para as áreas de Caatinga, os únicos registros na literatura consultada são os trabalhos de Machado & Lopes (2004) e Machado *et al.* (2006).

A Estação Biológica de Canudos está inserida na Ecorregião do Raso da Catarina (*sensu* Velloso *et al.*, 2002) e possui 194 espécies vegetais registradas, pertencentes a 141 gêneros de 54 famílias, sendo Leguminosae (n = 35) e Euphorbiaceae (n = 16) as famílias mais bem representadas (Silva, 2007). Dentre essas plantas, estão 41 das 318 espécies endêmicas da Caatinga (Giulietti *et al.*, 2002). Em estudo sobre a estrutura das redes de interações entre as abelhas e as flores dessa área, C. M. Pigozzo & B. F. Viana (com. pess.) observaram que a comunidade vegetal é visitada por 70 espécies de abelhas das famílias Andrenidae (2,9%), Apidae (61,4%), Colletidae (10%), Halictidae (10%) e Megachilidae (15,7%). Dentre essas espécies, a abelha eussocial exótica *Apis mellifera* L. (Apidae) é a mais abundante e a que mantém o maior número de relações com a flora.

Considerando-se a alta abundância de *A. mellifera* nas áreas de Caatinga, torna-se necessário conhecer a flora visitada por essa abelha exótica para que se possa melhor compreender sua interferência (positiva e negativa) no sucesso reprodutivo dessa comunidade



vegetal. Com o intuito de preencher essa lacuna, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar a flora visitada por *A. mellifera* na Ecorregião do Raso da Catarina quanto aos atributos florais, síndromes de polinização, sistemas sexuais e dependência de vetores de pólen.

## MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de dados foram realizadas em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea, na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), pertencente à Fundação Biodiversitas, localizada na Ecorregião do Raso da Catarina (*sensu* Velloso *et al.*, 2002), área prioritária para a conservação da flora e fauna de invertebrados da Caatinga, de acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2002). Na área de estudo, as chuvas são mais frequentes e intensas nos meses de março a junho, quando normalmente a temperatura sofre uma pequena queda, caracterizando o período mais frio e úmido do ano (Figura 1).

Os dados de campo preliminares sobre as plantas e abelhas visitantes foram amostrados nos meses de junho de 2002, maio de 2003 e abril de 2004 como partes integrantes dos projetos “Manejo sustentado de abelhas e plantas como alternativa tecnológica de fortalecimento da agricultura de economia familiar na Caatinga e Chapada Diamantina (CNPq/PRONAF)” e “Abelhas e plantas do Bioma Caatinga: utilização de recursos, polinização e conservação (FAPESB)”.

Dentro dos limites geográficos da Estação Biológica de Canudos foram selecionadas cinco unidades amostrais, com área de um hectare. Cada uma das três campanhas de coleta teve duração de cinco dias, a cada dia, uma unidade amostral foi percorrida por três coletores das 06h às 17h (11 h/dia). Ao final das coletas, cada unidade amostral teve 99h de esforço de coleta, e toda a área teve o esforço amostral total de 495h. As abelhas foram coletadas nas flores das espécies vegetais, utilizando-se rede entomológica, baseado método descrito por SAKAGAMI *et al.*

(1967) em que para cada indivíduo de planta florida o tempo de permanência do coletor foi de 10 a 15 minutos. Em plantas com poucas flores, o tempo de permanência foi até 20 minutos. As abelhas capturadas foram sacrificadas em câmaras mortíferas, contendo acetato de etila. Os espécimes coletados encontram-se depositados no Museu de Zoologia do Instituto de Biologia da UFBA.

As espécies vegetais floridas foram marcadas, amostras e coletadas para identificação. Os *vouchers* encontram-se depositadas no Herbário Alexandre Leal Costa (ALCB) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA). A classificação das famílias botânicas seguiu o sistema de CRONQUIST (1981).

Coletaram-se amostras de flores que foram fotografadas e conservadas em álcool etílico a 70%. Para a realização do presente estudo, selecionaram-se apenas as espécies vegetais que haviam sido visitadas por *A. mellifera* e realizaram-se os procedimentos descritos abaixo. De acordo com Pigzzo (2004), essa abelha visitou 85% do total de plantas floridas monitoradas. Entretanto, durante a realização das atividades de campo do presente estudo, novas espécies botânicas visitadas por *A. mellifera* foram acrescentadas.

Utilizando-se uma amostra de 20 flores de indivíduos diferentes, fixadas em álcool etílico a 70%, identificou-se a forma funcional, diâmetro e profundidade da corola, coloração, recompensa floral e deiscência das anteras.

Para a caracterização de cor e tamanho, utilizou-se as mesmas categorias descritas por Machado & Lopes (2004) para facilitar a comparação dos resultados. Quanto ao tamanho, foram classificadas em pequenas:  $\leq 10$ mm; (2) médias:  $> 10 \leq 20$  mm; grandes:  $> 20 \leq 30$  mm; muito grandes: medindo mais de 30mm; quanto às categorias de cores, branca, vermelha, esverdeada (incluindo bege e creme), amarela, laranja, lilás/violeta (incluindo azul e roxa) e rosa; quanto às formas funcionais das flores, campânula, funil, indeterminada (quando não se enquadra em

nenhuma categoria), labiada, pincel, prato, quilha, stielteller e tubular; quanto ao recurso, néctar, néctar/pólen ou pólen.

As síndromes de polinização foram identificadas a partir dos atributos florais conforme proposto por Faegri & Pijl (1979), tais como tamanho, coloração, forma funcional, antese, recurso oferecido e simetria. As flores que apresentavam características que se encaixavam em mais de uma síndrome (síndrome intermediária) foram classificadas como indeterminadas.

A descrição dos sistemas sexuais foi feita no campo e, quando necessário, em laboratório sob estereomicroscópio. Os táxons foram inseridos nas categorias unissexual (monóica ou dióica) e bissexual.

Para quantificar a taxa de autopolinização espontânea, em cada espécie vegetal foram marcados e ensacados 20 botões florais, sendo, no máximo, dois por indivíduo e acompanhados até a formação de frutos ou senescência da flor. Marcou-se, também, 20 botões florais que foram deixados livres à visitação para servirem de controle (situação natural da polinização). A dependência por vetores de pólen foi mensurada a partir da comparação dos resultados obtidos nos experimentos de autogamia e do grupo controle, aplicando-se o teste de Qui-quadrado ( $\alpha = 0,05$ ) (Zar, 1996).

## RESULTADOS

Na Estação Biológica de Canudos, *A. mellifera* visitou um total de 41 espécies vegetais representantes de 34 gêneros e 15 famílias (Tabela 1). As famílias com maior riqueza de espécies foram Leguminosae (n= 12) e Euphorbiaceae (n= 6), sendo *Jatropha* o gênero melhor representado (n=3).

As plantas bissexuais (85,4%) predominaram sobre as unissexuais (14,6%). Dentre as unissexuais, todos os táxons são monóicos e pertencentes aos gêneros *Cnidoscuros* (n=1), *Croton*

(n=2) e *Jatropha* (n=3) da família Euphorbiaceae. Melitofilia foi a síndrome mais comum, mas *A. mellifera* visitou também flores com características miófilas, psicófilas, quiropterófilas e de síndrome intermediária (indeterminada) (Figura 2).

Todas as plantas possuem antese diurna ou mantêm as flores abertas em ambos os períodos. Néctar foi o recurso mais coletado (73,2%), seguido por pólen (14,6%), néctar/pólen (7,3%) e óleo (4,9%). As flores de simetria actinofoma foram as mais visitadas (76%) e apenas *Chamaecrista nictitans*, *Senna macranthera* e *Solanum paniculatum* apresentam anteras poricidas, todas as demais espécies possuem deiscência longitudinal.

*Apis mellifera* forrageou em plantas de todas as formas de vida (Figura 3), mas foram mais abundantes nos arbustos (70,7%). Quanto ao tamanho das flores, predominaram as categorias grande e pequena (Figura 3), já as formas funcionais prato (29,4%) e quilha (26,8%) foram predominantes (Figura 4). Quanto às cores, as vistosas (p.ex. lilás/violeta e amarela) foram as mais freqüentes.

A produção de frutos por autopolinização espontânea e em condições naturais diferiu significativamente para a comunidade de plantas estudada ( $\chi^2$  total = 419,99, gl. = 37, P < 0,005), indicando que as plantas dependem de vetores de pólen para a produção de frutos. Dentre as espécies estudadas, apenas *Jatropha ribifolia* obteve alto percentual de autopolinização (70%), mesmo assim, foi inferior ao percentual do tratamento natural (95%).

## DISCUSSÃO

*Apis mellifera* visitou flores com diversos atributos florais, sistemas sexuais e síndromes de polinização, comprovando a hipótese de que essa espécie é altamente generalista e oportunista no comportamento de forrageio (*sensu* Roubik, 1989). Esse resultado está de acordo com aqueles obtidos em outros estudos que revelaram altos valores de nicho trófico para essa abelha,

demonstrando ser esse o padrão em todas as fitoregiões brasileiras estudadas (p. ex. Aguiar *et al.*, 1995; Wilms *et al.*, 1996; Castro, 2001; Neves & Viana, 2002; Lorenzon *et al.*, 2003).

O hábito alimentar generalista possibilita a adequação das espécies às variações na oferta de recursos tróficos (Morse, 1980) e isso parece ser chave para a sobrevivência de *A. mellifera* na caatinga, onde suas populações, com grande número de indivíduos, têm que conviver com a baixa riqueza de recursos e com as irregularidades na oferta dos mesmos. Como não existe uma relação evolutiva entre essa espécie e as flores que visita (Westerkamp, 1991), toda flor que possua características morfológicas que permita o acesso ao recurso (de forma lícita ou ilícita) passa a ser uma fonte de recurso potencial.

O total de espécies apícolas encontradas no presente estudo foi semelhante àquele amostrado por Rodarte *et al.* (2008) em uma área com vegetação de caatinga nas dunas do médio São Francisco (n=42). A família Leguminosae, a mais visitada por *A. mellifera* no presente estudo, também foi preferida por essa espécie e pelas espécies sociais nativas em outros estudos realizados na Caatinga (p.ex. Aguiar *et al.*, 1995; Neves & Viana, 2002; Lorenzon *et al.*, 2003; Rodarte *et al.*, 2008). Entretanto, esses resultados não refletem uma associação entre *A. mellifera* e os táxons dessa família a partir dos atributos florais, e sim uma associação com a abundância de recursos florais disponibilizados. Ou seja, como Leguminosae é a família com o maior número de espécies na caatinga, disponibiliza a maior quantidade de recursos que são explorados por *A. mellifera*. Além de produzirem ainda floração massal, com grande quantidade de flores em curto espaço de tempo, o que atrai os indivíduos de *A. mellifera*.

Estudos têm revelado que os táxons de Euphorbiaceae são importantes recursos para as abelhas eussociais na Caatinga durante alguns períodos do ano (p.ex. Carvalho, 1999; Castro, 2001; Neves, 2001; Rodarte *et al.*, 2008), especialmente nos meses mais secos quando ocorre redução na abundância e riqueza de espécies floridas. Essa é a terceira família mais representativa da caatinga (Giulietti *et al.*, 2006).

Machado *et al.* (2006) também encontraram altos percentuais de espécies com flores bissexuais (83%) em áreas de caatinga em Pernambuco e esse padrão parece ser comum a todos os ambientes tropicais, de acordo com Richards (1997). O percentual de monoicismo encontrado no presente estudo foi superior ao obtido por aqueles autores, e, em ambos os casos, a presença desse sistema sexual na caatinga está diretamente relacionado à abundância dos táxons da família Euphorbiaceae.

A alta frequência de visitas às flores de plantas arbustivas por *A. mellifera* pode ser explicada pela predominância desse hábito em áreas de Caatinga (Rodal *et al.*, 1998; Giulietti *et al.*, 2006). O mesmo padrão foi encontrado por Machado *et al.* (2006) e Rodarte *et al.* (2008).

As cores vistosas (p.ex. amarela, lilás, azul) das flores preferencialmente visitadas por *A. mellifera* está de acordo com aquelas propostas por Faegri e Pijl (1979) relacionadas à síndrome de melitofilia. No caso de áreas de Caatinga, esse padrão de cor parece ser ainda mais vantajoso, como sinalização para os visitantes, já que na maior parte dos meses a vegetação apresenta coloração pálida devido ao desaparecimento do estrato herbáceo e à queda das folhas de parte dos arbustos e árvores.

A alta frequência de flores actinomorfas deve estar diretamente relacionada à maior abundância das flores tipo prato. Esse tipo funcional de flor apresenta uma morfologia simples, com os recursos expostos, facilitando a localização e acesso dos mesmos pelos visitantes, no caso por *A. mellifera*, mesmo em flores pequenas.

As flores do tipo quilha foram bem representadas devido à alta abundância de táxons da família Leguminosae. Apesar de apresentarem uma forma funcional que dificulta o acesso aos recursos, *A. mellifera* mostrou-se capaz de aprender a coletar seus recursos, muitas vezes de forma ilícita. Em *Dioclea lassiophylla*, por exemplo, observou-se a coleta de néctar através de aberturas feitas por *T. spinipes* na base da flor.

O tamanho das flores é normalmente associado ao tamanho corporal dos visitantes para inferir que são os prováveis polinizadores (Opler, 1980). Como *A. mellifera* é uma espécie introduzida e com alta capacidade de aprendizagem em novas fontes de coleta, nenhuma tendência especializada foi verificada no presente estudo.

Estudos biocenóticos desenvolvidos com abelhas eussociais em áreas de Caatinga têm demonstrado que pólen é o recurso mais coletado por essas abelhas (Aguiar *et al.*, 1995; Carvalho, 1999; Castro, 2001; Neves & Viana, 2002). No presente estudo, os resultados revelaram a situação inversa já que *A. mellifera* coletou, preferencialmente, néctar. Esse resultado está de acordo com aquele obtido por Machado & Lopes (2004), onde 71,5 % de flores disponibilizaram néctar como recurso, entretanto, deve ser avaliado com cautela já que, em ambos os casos, não foi feito um acompanhamento de longo prazo para se buscar um padrão de coleta de recursos para as abelhas.

A maior frequência de visitas às flores melitófilas por *A. mellifera* também deve ser analisada com cautela, já que a caracterização das plantas em síndromes de polinização não é uma tarefa fácil devido a muitas dessas flores apresentarem atributos florais compatíveis com mais de uma síndrome floral (síndrome intermediária), conforme demonstra o presente estudo.

Esses sistemas intermediários parecem representar momentos de transição na história evolutiva das plantas, onde as mudanças das características florais associadas a um ou outro polinizador especializado podem ser designadas via um estágio intermediário, durante o qual ambos os vetores são capazes de polinizar as flores (Muchala, 2003). Faegri & Pijl (1979) inclusive, afirmaram que as síndromes não seriam categorias perfeitas. Na verdade, a síndrome mais bem definida é a de melitofilia em plantas que possuem anteras poricidas, já que dependem exclusivamente de abelhas vibradoras (*buzz pollination sensu* Buchmann 1983) para que ocorra a polinização, conforme descreveram Machado & Lopes (1998).

Não há relatos na literatura de que *A. mellifera* seja capaz de realizar *buzz pollination*, sendo assim, visita, mas não poliniza as flores de espécies com anteras poricidas. No presente estudo, vários indivíduos foram observados coletando grãos de pólen acumulados nas pétalas das flores de *C. nictitan* e de *S. macranthera* nos períodos de pouca disponibilidade de recursos, mas sem apresentar nenhum tipo de comportamento que possibilitasse o contato com os órgãos reprodutivos da flor.

Exceto *J. ribifolia*, todas as demais espécies dependem de vetores de pólen para manterem o sucesso reprodutivo na área, já que as taxas de produção nos testes de autopolinização espontânea foram muitas baixas.

Os resultados aqui apresentados permitem inferir que *A. mellifera*, em alguns casos, parece influenciar positivamente na produção de frutos, já que esses táxons dependem de vetores de pólen e, em condições naturais, obtiveram mais de 50% de sucesso na polinização, tendo *A. mellifera* como o visitante local mais abundante, conforme dados apresentados por Pigozzo (2004). Entretanto não se deve descartar a hipótese de que essas abelhas estão deslocando as populações de visitantes autóctones (p. ex. Gross & Mackay, 1998; Kato *et al.*, 1999; Steffan-Dewenter, 2000) e, conseqüentemente, interferindo nas interações planta-polinizador em nível de comunidade.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Biodiversitas pela autorização concedida para o desenvolvimento dos trabalhos de campo na Estação Biológica de Canudos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB (Termo de Outorga TO 261/03 Etapa II) pelo apoio financeiro a parte das atividades de campo, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a Blandina F. Viana, a Camila Magalhães Pigozzo pela colaboração na coleta das



plantas, aos professores Luciano Paganucci de Queiroz e Maria Lenise Silva Guedes pela identificação das plantas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C.M.L., C.F. MARTINS & A.C.A. MOURA. 1995. Recursos florais utilizados por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de caatinga (São João do Cariri, Paraíba). *Revista Nordestina de Biologia* 10(2): 101-117.
- BARBOSA, A.A.A. 1997. *Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia-MG*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 180p.
- BATRA, S.W.T. 1995. Bees and pollination in our changing environment. *Apidologie* 26(5): 361-370.
- BUCHMANN, S.L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. Pp 73-113 in C.E. JONES & R.J. LITTLE (eds.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand-Rheinhold.
- CARVALHO, C.A.L. 1999. *Diversidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas visitadas no município de Castro Alves, Ba*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. Instituto de Biociências. São Paulo. 104p.
- CASTRO, M.S. 2001. *A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de caatinga arbórea entre os inselbergs de Milagres (12°53'S; 39°51'W), Bahia*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. Instituto de Biociências. São Paulo. 191p.
- CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press. 1262p.
- FAEGRI, K. & L. PIJL van der. 1979. *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press. 243p

- GIULIETTI, A.M. ET AL. 2002. Espécies endêmicas da Caatinga. Pp 103-108 in E. V.C.B. SAMPAIO ET AL. (eds) *Vegetação e Flora da Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste.
- GIULIETTI, A.M., A. CONCEIÇÃO & L.P. QUEIROZ. 2006. *Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro*. V. 1, Recife: Associação Plantas do Nordeste. 488p.
- GOULSON, D. 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34(1): 1-26.
- GROSS, C.L., & D. MACKAY. 1998. Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). *Biological Conservation* 86(2): 169-178.
- KATO, M., A. SHIBATA, T. YASUI & H. NAGAMUSU. 1999. Impact of introduced honeybees, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Researches on the Population Ecology* 41(2): 217-228.
- KINOSHITA, L.S., R.B. TORRES, E.R. FORNI-MARTINS, T. SPINELLI, Y.J. AHN & S.S. CONSTÂNCIO. 2006. Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da Mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP. *Acta Botanica Brasilica* 20(2): 313-327.
- LORENZON, M.C.A, C.A.R MATRANGOLO & J.H. SCHOEREDER. 2003. Flora visitada pelas abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) na serra da capivara, em caatinga do sul do Piauí. *Neotropical Entomology* 32(1): 27-36.
- MACHADO, I.C. & A.V. LOPES. 1998. A polinização biótica e seus mecanismos na Reserva Ecológica de Dois Irmãos. Pp 173-195 in I.C. MACHADO, A.V. LOPES & K. C. PÔRTO (eds). *Reserva Ecológica dois Irmãos – Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em uma área urbana*. Recife: Editora Universitária da UFPE.
- MACHADO, I.C. & A.V. LOPES. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry fores. *Annals of Botany* 94(3): 365-376.

- MACHADO, I.C., A.V. LOPES & M. SAZIMA. 2006. Plant sexual systems and a review of the breeding system studies in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 97(2): 277-287.
- MATALLANA, G., T. WENDT, D.S.D. ARAÚJO & F.R. SCARANO. 2005. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. *American Journal of Botany*. 92(9): 1513-1519.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga*. Brasília: MMA/SBF. 36p.
- MINUSSI, L.C. & I. ALVES-DOS-SANTOS. 2007. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera: Apidae). *Bioscience Journal* 23(1): 58-62.
- MORSE, D.H. 1980. *Behavioral Mechanisms in Ecology*. Cambridge: Harvard University Press. 383p.
- MUCHALA, N. 2003. Exploring the boundary between pollination syndromes: bats and hummingbirds as pollinators of *Burmeistera cyclostigmata* and *B. tenuiflora* (Campanulaceae). *Oecologia* 134(3): 373-380.
- NEVES, E.L. 2001. *Composição e visita às flores pelas abelhas eussociais (Hymenoptera: Apidae: Apinae) nas dunas interiores da margem esquerda do Rio São Francisco, Barra*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 69p.
- NEVES, E.L. & B.F. VIANA. 2002. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46(4): 571-578.
- OLIVEIRA, P.E. & P.E. GIBBS. 2000. Reproductive biology of wood plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* 195: 311-329.

- OPLER, P.A. 1980. Nectar production in a tropical ecosystem. Pp. 30-79 in B. BENTLEY & T. ELIAS (eds.) *The biology of nectaries*. New York: Columbia University Press.
- ORMOND W.T., M.C.B PINHEIRO, H.A. LIMA, M.C.R.CORREIA & M.L. PIMENTA. 1993. Estudo das recompensas florais das plantas da restinga de Marica – Itaipuaçu, RJ. I – Nectaríferas. *Bradea* 6(21): 179-195.
- PIGOZZO, C.M. 2004. *Organização das comunidades locais de Apoidea em uma área de Caatinga, Canudos – Ba*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 86p.
- PIJL, L. VAN DER. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Berlin: Springer-Verlag. 214p.
- RAMALHO, M. 1995. *Diversidade de abelhas (Apoidea, Hymenoptera) em um remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo. 144p.
- RAMALHO, M., A. KLEINERT-GIOVANNINI & V.L. IMPERATRIZ-FONSECA. 1990. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie* 21(5): 469-488.
- RICHARDS, A.J. 1997. *Plant Breeding Systems*. London: Chapman & Hall. 529p.
- RODAL, M.J.N., K.V.A. ANDRADE, M.F. SALES & A.P.S. GOMES. 1998. Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetal no município de Buíque, Pernambuco. *Revista Brasileira de Biologia* 58(3): 517-526.
- RODARTE, A.T.A., F.O. SILVA & B.F. VIANA. 2008. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, Bahia, Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 301-312.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural History of Tropical Bees*. Cambridge: Cambridge University Press. 514p.

- ROUBIK, D. W. 2000. The foraging and potential outcrossing pollination ranges of African honey bees (Apiformes: Apidae, Apini) in Congo forest. *Journal of the Kansas Entomological Society* 72(4): 394-401.
- SAKAGAMI, S.F., LAROCA, S. & MOURE, J.S. 1967. Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR), south Brazil preliminary report. *Journal of Faculty Science Hokkaido University* 18: 57-127.
- SEELEY, T.D. 1985. *Honeybee Ecology*. Princenton: Princenton University Press. 201p.
- SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. & G. GOTTSBERGER. 1988. A polinização de plantas do Cerrado. *Revista Brasileira de Biologia* 48(4): 651-663.
- SILVA, F.H.M. 2007. *Contribuição à palinologia da Caatinga*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Feira de Santana.
- SEFFAN-DEWENTER, I & T. TSCHARNTKE. 2000. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122(2): 288-296.
- VELLOSO, A.L., E.V.S.B. SAMPAIO & F.G.C. PAREYN (eds.). 2002. *Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 75p.
- WASER, N.M., L. CHITTKA, M.V. PRICE, N.M. WILLIAMS & J. OLLERTON. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecological Society of America* 77(4):1043-1060.
- WESTERKAMP, C.H. 1991. Honey bees are poor pollinators – Why? *Plant Systematic and Evolution* 177(1): 71-75.
- WILMS, W., V.L. IMPERATRIZ-FONSECA & W. ENGELS. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of introduced Africanized honey bees on native Stingless bees in Brazilian Atlantic Rainforest. *Studies on Neotropical Fauna & Environment* 31(3 e 4): 137-151.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall. 718p.

Tabela 1. Atributos florais, síndromes de polinização, percentual de autopolinização e de produção natural de frutos das espécies vegetais visitadas por *A. mellifera* na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia. FOR – forma de vida: her – erva, arb – arbusto, arv – árvore, tre - trepadeira; TAM – tamanho: peq – pequeno, gra – grande, mgr – muito grande; FFF – forma funcional da flor: cam – campânula, fun – funil, ind – indeterminado, lab – labiada, pin – pincel, pra – prato, qui – quilha, sti – *stielteller*, tub – tubular; SIM – simetria: act – actinomorfa, ind – indeterminada, zig – zigomorfa; SEX – sexo: bis – bissexual, mon – monóica; COR – cor: ama – amarelo, azu – azul, bra – branca, esv – esverdeada, lil – lilás, ros – rosa, rox – roxa, ver – vermelho; REC – recurso: nec – néctar, nec/pol – néctar e pólen, ole – óleo, pol – pólen; POL – síndrome de polinização: int – intermediária, mel – melitofilia, mio – miofilia, orn – ornitofilia, psi – psicofilia, qui - quiropterofilia; AUT – taxa de autopolinização espontânea (%); NAT – produção natural de frutos (%).

Família/Espécie	FOR	TAM	FFF	SIM	SEX	COR	REC	POL	AUT	NAT
ACANTHACEAE										
<i>Harpochilus neesianus</i> Mart. ex Nees	arb	gra	ind	act	bis	esv	nec	qui	ind	ind
ASTERACEAE										
<i>Conocliniopsis prasiifolia</i> (D.C.) R.M. King & H. Rob.	arb	peq	tub	act	bis	lil	nec	psi	10	55
<i>Vernonia mucronifolia</i> D.C.	arb	peq	tub	act	bis	lil	nec	psi	5	45
CONVOLVULACEAE										
<i>Evolvulus glomeratus</i> Nees & Mart.	arb	gra	fun	act	bis	azu	nec	int	0	60
<i>Ipomoea brasiliana</i> (Choisy) Meisn.	tre	mgr	cam	act	bis	ros	nec	int	0	45
<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	tre	mgr	cam	act	bis	lil	nec	int	0	50
<i>Jacquemontia montana</i> (Moric.) Meisn.	tre	mgr	cam	act	bis	ama	nec	int	0	40
<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hallier	tre	mgr	cam	act	bis	bra	nec	int	0	55
EUPHORBIACEAE										
<i>Cnidoscopus loefgrenii</i> Pax. & K. Hoffm.	arb	gra	tub	act	mon	bra	nec	int	0	90
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	arb	peq	pra	act	mon	esv	nec	mio	10	80
<i>Croton campestris</i> St. Hil.	arb	peq	pra	act	mon	esv	nec	mio	15	85
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	arb	gra	pra	act	mon	ver	nec/pol	int	0	85
<i>Jatropha mutabilis</i> (Pohl) Baill.	arb	gra	pra	act	mon	ver	nec/pol	int	0	85
<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	arb	peq	pra	act	mon	esv	nec	mio	70	95
LAMIACEAE										
<i>Hypenia salzmannii</i> (Benth) Harley	arb	peq	lab	zig	bis	azu	nec	mel	25	100
<i>Raphiodon echinus</i> (Nees & Mart.) Schauer	her	gra	lab	zig	bis	rox	nec	mel	35	100
LEGUMINOSAE										
Caesalpinioideae										
<i>Caesalpinia microphylla</i> Mart.	arv	med	qui	zig	bis	ama	nec	mel	0	60
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	arb	med	qui	zig	bis	ama	pol	mel	0	45

<i>Copaifera martii</i> Hayne	arv	peq	pra	act	bis	esv	nec	mio	25	65
<i>Senna macranthera</i> (Cool) H.S. Irwin & Barneby	arb	gra	qui	zig	bis	ama	pol	mel	0	85
Mimosoideae										
<i>Mimosa lewisii</i> Barneby	arb	gra	pin	act	bis	esv	nec/pol	mel	30	75
<i>Mimosa misera</i> Benth.	arb	gra	pin	act	bis	ros	pol	mel	25	80
<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	arb	gra	pin	act	bis	ama	pol	mel	25	65
<i>Piptadenia stipulaceae</i> (Benth.) Ducke	arb	gra	pin	act	bis	ama	pol	mel	30	70
Papilionoideae										
<i>Canavalia dictyota</i> Piper	arb	gra	qui	zig	bis	lil	nec	mel	0	45
<i>Dioclea lassiophylla</i> Mart. ex Benth.	arb	gra	qui	zig	bis	lil	nec	mel	0	55
<i>Galactia remansoana</i> Harms.	arb	peq	qui	zig	bis	lil	nec	mel	0	70
<i>Zornia gemella</i> (Wild.) Vogel	arb	peq	qui	zig	bis	ama	nec	mel	0	60
MALPIGHIACEAE										
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	arb	peq	pra	act	bis	ama	ole	mel	0	60
MALVACEAE										
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	her	gra	pra	act	bis	bra	nec	int	15	85
<i>Pavonia glazioviana</i> Gürke	arb	gra	tub	act	bis	ver	nec	int	0	60
<i>Sida galheirensis</i> Ulb.	arb	gra	pra	act	bis	ama	nec/pol	int	15	90
POLIGALACEAE										
<i>Polygala violaceae</i> Aubl.	her	gra	qui	act	bis	lil	nec	mel	ind	ind
RUBIACEAE										
<i>Diodia radula</i> Cham. & Schlecht.	arb	peq	tub	act	bis	bra	nec	int	10	45
<i>Mitracarpus frigidus</i> K. Schum.	her	peq	sti	act	bis	bra	nec	int	20	60
SAPINDACEAE										
<i>Urvillea cf. ulmacea</i> Kunth.	tre	peq	pra	act	bis	bra	nec	mio	ind	ind
SCROPHULARIACEAE										
<i>Angelonia cornigera</i> Hook.	her	peq	qui	zig	bis	rox	ole	mel	10	60
SOLANACEAE										
<i>Solanum paniculatum</i> L.	arb	gra	pra	act	bis	lil	pol	mel	0	80
STERCULIACEAE										
<i>Waltheria ferruginea</i> St. Hil.	arb	peq	pra	act	bis	ama	nec	mel	25	90
VERBENACEAE										
<i>Lippia pohliana</i> Schauer.	arb	peq	sti	act	bis	lil	nec	psi	0	45
<i>Lippia thymoides</i> Mart. & Schauer.	arb	peq	sti	act	bis	lil	nec	psi	15	70

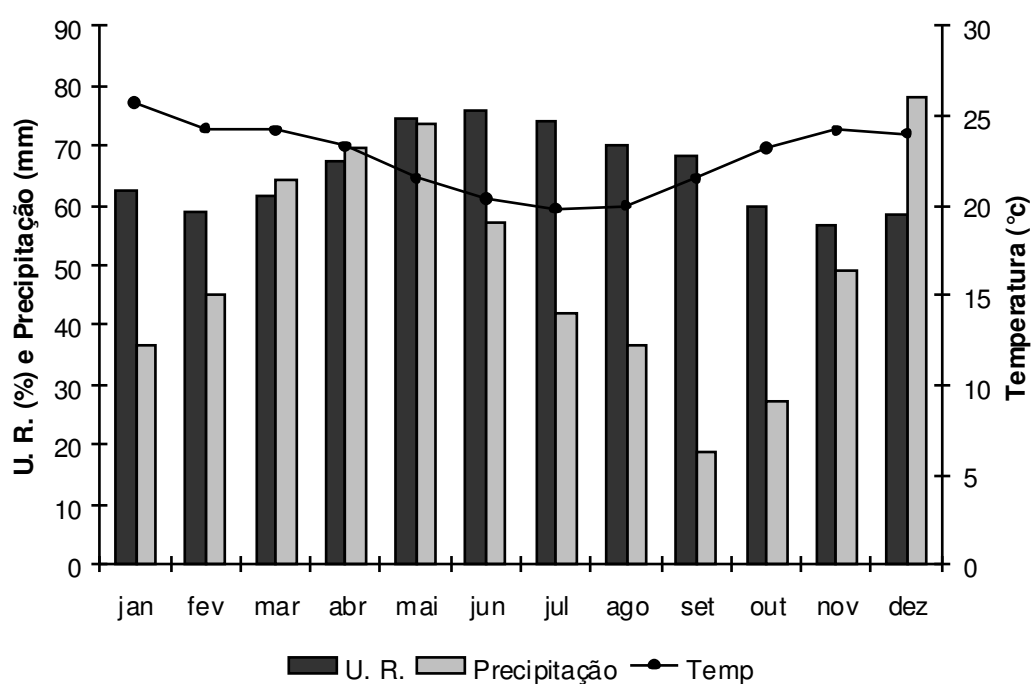


Figura 1. Normal climatológica do município de Monte Santo, inserida na Ecorregião do Raso da Catarina. Dados fornecidos pelo INMET - IV Distrito para o período de 1961-1990.



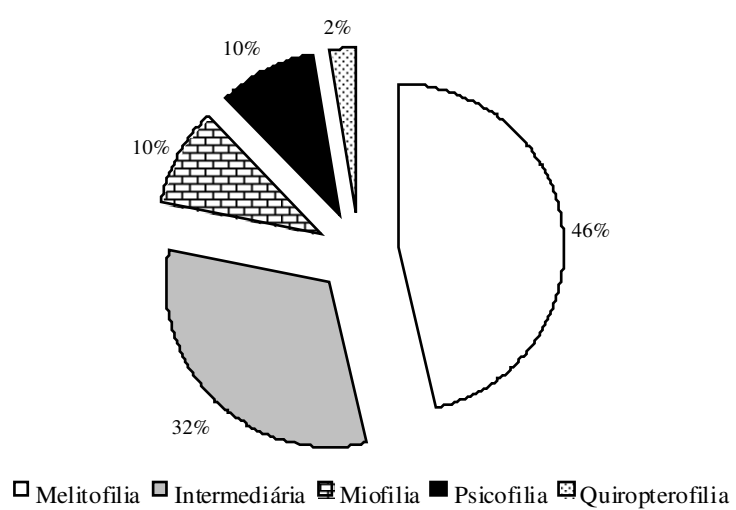


Figura 2. Síndromes de polinização das flores visitadas por *A. mellifera* na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia.

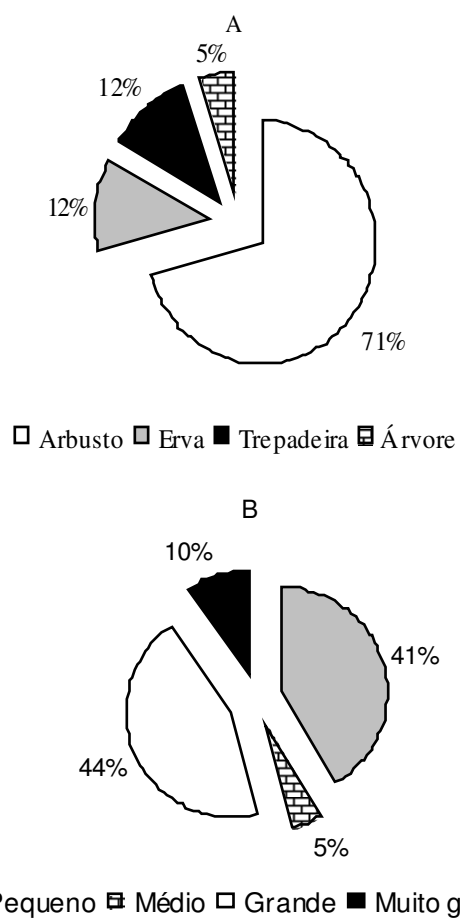


Figura 3. Frequência das formas de vida das plantas (A) e das classes de tamanho das flores (B) visitadas por *A. mellifera* na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia.

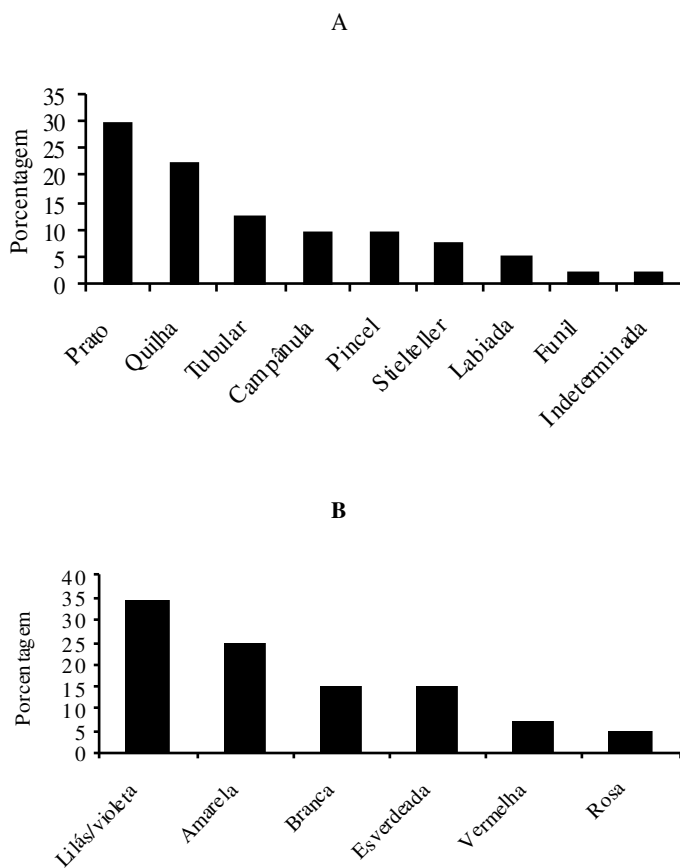


Figura 4. Frequência das formas funcionais (A) e das cores das flores (B) visitadas por *A. mellifera* na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos, Bahia.

## Capítulo 2

---

**Comportamento fenológico, dispersão e predação de sementes  
de três táxons de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) da Caatinga,  
semi-árido do Brasil<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo submetido à Revista Brasileira de Botânica para publicação.

**Comportamento fendológico, dispersão e predação de sementes de três táxons de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil<sup>1</sup>**

EDINALDO LUZ DAS NEVES<sup>2,3</sup>, BLANDINA FELIPE VIANA<sup>3,4</sup> e LIGIA SILVEIRA  
FUNCH<sup>2</sup>

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia.
2. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas, Rodovia BR116 Km 03, Campus Universitário, 44031-460 Feira de Santana, BA, Brasil.
3. Universidade Federal da Bahia (UFBA), Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia, Grupo de Ecologia de Comunidades de Visitantes Florais. Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, 40170-110 Salvador, BA, Brasil.
4. Autor para correspondência: blandeviana@gmail.com

E. L. Neves, B. F. Viana & L. S. Funch: Fenologia, dispersão e predação de sementes de três espécies de *Jatropha* L.

**ABSTRACT** – (Phenological Behavior, Seed Dispersal, and Seed Predation of three taxa of *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) in the semi-arid Caatinga region of Brazil). The vegetative and reproductive phenological behavior of *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill., and *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. were characterized and compared, as well as their seed dispersal and predation in an area of hyperxerophilous shrub-arboreal caatinga in northeastern Brazil during the period between July 2005 and June 2007. The correlation between phenological events and environmental variables (temperature, relative humidity, precipitation, and photoperiod), the capacity for water storage of these plants, and the patterns of spatial distribution of these species were also investigated. All of the species demonstrated high capacities for water storage, continuous and irregular phenological behaviors with an absence of flowers, fruits, leaf fall, and leaf budding during the coldest and wettest months. Only flowering in *J. ribifolia* demonstrated significant correlations with precipitation. All of the species demonstrated primary dispersal of their seeds by ballistic autochory, which favors an aggregated distribution of their populations. Secondary dispersal by myrmecochory and hydrochory were observed. The immature fruits are harvested by birds of the family Psittacidae and the seeds are consumed by granivorous of the families Psittacidae, Columbidae, and Tinamidae. These results indicated that the high capacity of these taxa for storing water facilitates the occurrence of phenological events even in the absence of rainfall; and secondary seed dispersal is necessary to maintain genetic flow between populations.

Key words – flowering, fruiting granivorous, *Jatropha*, phenology

**RESUMO** - (Comportamento fenológico, dispersão e predação de sementes de três táxons de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil). Os comportamentos fenológicos vegetativos e reprodutivos de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. foram comparados, assim como a dispersão e a predação de sementes, em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea do nordeste brasileiro, no período de julho de 2005 a junho de 2007. Adicionalmente, investigou-se a correlação entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa, precipitação e fotoperíodo), a capacidade de armazenamento de água e o padrão de distribuição espacial. Todos os táxons apresentaram alta capacidade de armazenamento de água e comportamento fenológico contínuo e irregular com ausência de flores, frutos, queda foliar e brotamento nos meses mais frios e úmidos do ano. Apenas a floração de *J. ribifolia* apresentou correlação significativa com a precipitação. Em todas as espécies ocorre dispersão primária das sementes por autocoria balística, o que garante a manutenção da distribuição agregada das populações. Observou-se dispersão secundária por mirmecocoria e hidrocoria. Os frutos imaturos são predados por aves da família Psittacidae e as sementes são consumidas por granívoros das famílias Psittacidae, Columbidae e Tinamidae. Os resultados obtidos indicam que a alta capacidade de armazenamento de água pelos táxons garante a ocorrência dos eventos fenológicos mesmo na ausência de chuvas e que a dispersão secundária das sementes é imprescindível para a manutenção do fluxo gênico entre as populações.

Palavras-chave - floração, frutificação, granívoros, *Jatropha*, fenologia

## Introdução

Os estudos sobre fenologia abordam os diferentes eventos biológicos repetitivos que ocorrem durante o ciclo de vida das plantas (*e.g.* florescimento, frutificação, brotamento, queda foliar e germinação) e as causas de sua ocorrência em relação a fatores bióticos, abióticos, endógenos e restrições filogenéticas (Lieth 1974, Wright & Calderon 1995, Williams-Linera 2002).

Os eventos fenológicos influenciam a relação planta-planta devido a interações tais como competição por recursos ou por polinizadores. Entretanto, o estudo do comportamento fenológico das plantas torna-se mais relevante devido ao fato de os ciclos reprodutivo e vegetativo afetarem não apenas suas populações, mas também os animais que dependem de suas flores, frutos e demais recursos (Frankie *et al.* 1974, Newstrom *et al.* 1994, Leight 1999).

Estudos indicam que a sobreposição na floração entre espécies simpátricas conduz à partilha e/ou competição por polinizadores (Levin & Anderson 1970, Sakai 2000, Fonseca *et al.* 2008). Entre as espécies vegetais taxonomicamente relacionadas, a partilha de polinizadores pode resultar em hibridização, redução do sucesso reprodutivo e perda de pólen (Campbell & Motten 1985). A competição, por sua vez, pode interferir no número de polinizadores e de visitas às flores e levar os indivíduos vegetais ao isolamento reprodutivo (Murcia 1995).

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são pouco estudados (Newstrom *et al.* 1994) e, além disso, são complexos, apresentando padrões irregulares de difícil reconhecimento, tanto em larga quanto em pequena escala geográfica, principalmente em estudos de curto prazo (Morellato *et al.* 2000, Bencke & Morellato 2002).

A ocorrência de eventos fenológicos em ambientes semi-áridos parece ser fortemente influenciada não só pela precipitação (Machado *et al.* 1997, Bulhão & Figueiredo 2002), mas pela disponibilidade de água para a planta, que pode estar relacionada à sua capacidade de



armazenar água no caule ou nas raízes em períodos de seca, ou à presença de raízes profundas (Borchert 1994, Borchert & Rivera 2001, Griz & Machado 2001).

Um dos fatores bióticos mais fortemente relacionados aos eventos fenológicos reprodutivos é a dispersão. A dispersão corresponde ao deslocamento dos diásporos, através de agentes bióticos ou abióticos, para locais distantes da planta-mãe, seguros, onde a predação e a competição são mais baixos e propícios à germinação (Pijl 1982, Howe & Miriti 2004). Esse processo demográfico é limitante no ciclo de vida das plantas por representar a ponte que une a polinização ao recrutamento, que levará ao estabelecimento de novas plantas adultas (Haper 1977) e influenciará no padrão de distribuição espacial das populações (Fonseca 2004).

A caatinga, fitofisionomia característica da região Nordeste do Brasil e padrão de cobertura vegetal mais extenso do estado da Bahia, caracteriza-se por apresentar precipitações escassas e irregulares, com períodos secos e chuvosos muito definidos (Ab'Saber 1974, Andrade-Lima 1981) e essa irregularidade abiótica estimula comportamentos fenológicos vegetais muito variáveis. Apesar da importância biológica da Caatinga, são raros os estudos que abordam eventos fenológicos e de dispersão de sementes de plantas desse Bioma (*e.g.* Oliveira *et al.* 1988, Barbosa *et al.* 1989, Pereira *et al.* 1989, Machado *et al.* 1997, Griz & Machado 2001, Lima 2007).

A família Euphorbiaceae está representada por 317 gêneros e cerca de 8000 espécies distribuídas principalmente em regiões tropicais, nos mais variados tipos de vegetação e habitats (Webster 1994a, b). Na Caatinga, foram registradas 73 espécies (Giulietti *et al.* 2006), das quais 17 endêmicas (Sampaio *et al.* 2002), sendo considerada a terceira família com maior riqueza de espécies, superada apenas por Leguminosae (n= 278) e Convolvulaceae (n= 103).

O gênero *Jatropha* possui cerca de 150 espécies, principalmente nos continentes africano e americano (Webster 1994b). *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. são arbustos residentes da Caatinga que possuem inflorescência

terminal cymosa, monóica, flores pentâmeras, pistiladas e estaminadas do tipo prato e produtoras de néctar e frutos do tipo esquizocárpicos, secos, com três cocos globosas de deiscência explosiva. São raros os estudos sobre *Jatropha*. Na Caatinga, destaca-se o trabalho desenvolvido por Santos *et al.* (2005) com as espécies *J. mollissima* e *J. mutabilis* nos municípios pernambucanos de Buíque e Arcoverde.

Diante da relevância dos estudos de fenologia para o entendimento das interações planta-animal e do sucesso reprodutivo das espécies vegetais e a escassez de informações acerca das espécies vegetais do Bioma Caatinga, o presente estudo teve por objetivos principais caracterizar e comparar os comportamentos fenológicos vegetativos e reprodutivos e descrever a dispersão e a predação de sementes dos táxons *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia* em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea do nordeste brasileiro, no período de julho de 2005 a julho de 2007. Adicionalmente, investigou-se a correlação entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais, a capacidade de armazenamento de água e o padrão de distribuição espacial desses táxons.

### **Material e métodos**

Área de estudo - As coletas de dados foram mensais e realizadas no período de julho de 2005 a junho de 2007 em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea, na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), pertencente à Fundação Biodiversitas, localizada na Ecorregião do Raso da Catarina (Velloso *et al.* 2002), área prioritária para a conservação da flora e fauna de invertebrados da Caatinga, de acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2002). A Estação encontra-se a 400 m de altitude, possui 1.447 ha e foi criada em 1989 com o objetivo de proteger *in situ* a arara-azul-de-lear *Anodorhynchus leari* (Bonaparte 1857) (Aves, Psittacidae). Na área de estudo, as chuvas são mais freqüentes e intensas nos meses de março a

junho, quando normalmente a temperatura sofre uma pequena queda, caracterizando o período mais frio e úmido do ano (Fig 1). Os dados de temperatura, umidade relativa e precipitação foram obtidos no INMET 4º Distrito e os de fotoperíodo foram calculados a partir de Lammi (2005).

Coleta de dados fenológicos - Foram selecionados aleatoriamente 20 indivíduos adultos e saudáveis de cada espécie, distribuídos em três populações, distantes pelo menos 200 metros entre si. Os indivíduos foram etiquetados e receberam numeração definitiva. Para cada indivíduo, estimou-se o percentual de flores estaminadas, flores pistiladas, frutos, brotamento e queda foliar, seguindo a escala semiquantitativa de Fournier (1974). Os dados fenológicos foram coletados no período das 0600 h às 0930 h, período anterior ao início da abscisão das flores estaminadas. Os padrões de floração e frutificação foram determinados segundo a classificação proposta por Newstrom *et al.* (1994). Para avaliar o grau de decíduidade das três espécies, seguiu-se a proposta de Williams *et al.* (1997). O material botânico coletado encontra-se depositado no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana (HUEFS), sob os números 134859, 134860 e 134861.

Densidade Básica da Madeira - Para a análise do grau de densidade da madeira, seguiu-se o modelo proposto por Borchert *et al.* (2002). A densidade básica da madeira (DBM) é a relação entre a massa seca (MS) e o volume saturado da madeira (VS) (Trugilho *et al.* 1990). Utilizando-se outros cinco indivíduos adultos de cada espécie, coletou-se quatro discos amostrais (casca + alburno + cerne) de cada indivíduo, sendo um de cada ponto cardinal da planta, com 5 a 8 cm de comprimento e diâmetros variáveis, totalizando 20 discos amostrais. Após coleta, ainda em campo, cada disco foi mergulhado em água onde permaneceu durante três dias para saturação, depois teve sua massa saturada ( $M_{sat.}$ ) medida. Após essa etapa, cada peça foi mantida em

repouso por um período de 5-10 minutos para escorrer o excesso de água e, em seguida, foi mergulhada em provetas graduadas de 250 ml para determinação do deslocamento do líquido provocado pela imersão da peça (Trugilho *et al.* 1990). Logo depois, cada peça foi seca em estufa até alcançar a massa seca constante (MS), considerando-se duas medidas seguidas com massas iguais – a primeira realizada 24h após o início da secagem e as seguintes, com intervalos de seis horas.

Dispersão e predação de sementes - A tipificação dos frutos seguiu a classificação de Barroso *et al.* (1999). Para a determinação da síndrome de dispersão, seguiu-se a classificação proposta por Pijl (1982). Durante o período de amostragem, realizaram-se 144 horas de observações focais diurnas, sobre o comportamento dos consumidores dos frutos e sementes das três espécies estudadas. Para a observação das aves, utilizou-se o método do transecto, com o auxílio de binóculo 8 x 40 mm. Para a observação da distância máxima de lançamento das sementes durante a explosão dos frutos maduros, realizaram-se, para cada espécie, três observações diurnas de oito horas cada, com um observador, totalizando 24h de observação. Para tanto, o observador permanecia próximo a uma planta com frutos maduros e media a distância de lançamento das sementes decorrentes da explosão. Para medir a distância de deslocamento das sementes através dos riachos temporários, marcou-se um dos riachos, que atravessa as populações das três espécies, com fitas coloridas a cada 50 m. Durante dois dias no período de precipitação, realizou-se observações para acompanhar as sementes que eram carregadas pela enxurrada e mediu-se a distância percorrida pelas mesmas.

Padrão de distribuição espacial - Para a coleta de dados necessários à análise do padrão de distribuição espacial (*sensu* Ludwig & Reynolds 1988) das três espécies de *Jatropha*, demarcou-se um transecto de 800 m, de onde foram definidas 7 bases amostrais, cada uma delas originando

quatro quadrantes. Em cada quadrante foram feitas as seguintes medidas: (x) representando o primeiro indivíduo encontrado a partir da base e (y) representando o indivíduo vizinho mais próximo.

Análise estatística - Para a análise dos dados coletados em campo, realizaram-se os procedimentos relacionados abaixo:

Para estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo utilizou-se a análise de intensidade de Fournier (1974). Para cada mês, fez-se a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos de cada espécie e dividiu-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por 4). O valor obtido, que corresponde a uma proporção, foi então multiplicado por 100, para transformá-lo em valor percentual.

Mediu-se a presença ou ausência da fenofase no indivíduo utilizando-se o índice de atividade proposto por Bencke e Morellato (2002). Esse índice indica a porcentagem de indivíduos na população que está manifestando determinado evento fenológico e a sincronia entre os indivíduos da população.

O grau de sobreposição das fenofase entre os pares de espécie foi medido utilizando-se a fórmula proposta por Krebs (1989):

$$P_{jk} = [ \sum^n (\text{minimum } P_{ij}, P_{ik}) ] 100$$

Onde:

$P_{jk}$  = porcentagem de sobreposição da fenofase entre as espécies  $j$  e  $k$ ;

$P_{ij}, P_{ik}$  = proporção do recurso  $i$  em cada mês em relação ao recurso total ofertado pelas espécies  $j$  e  $k$  no período estudado;

$n$  = total de datas amostradas.

Analisou-se a correlação de cada fenofase com os dados de precipitação, temperatura, umidade relativa e fotoperíodo, aplicando-se o índice de correlação de Spearman (Zar 1996), com nível de significância de 0,05. Os cálculos foram feitos utilizando-se o programa estatístico SPSS for Windows version 8. Para controlar o acúmulo de erros oriundos dos intervalos de confiança de cada variável, utilizou-se a correção de Bonferroni, dividindo-se o nível de significância por 4 (0,0125).

A densidade básica da madeira (DBM) e a quantidade de água saturada ( $QA_{sat. \%}$ ) foram calculadas de acordo com as fórmulas abaixo.

$$DBM \text{ (g.cm}^3\text{)} = MS \text{ (g)} / VS\text{(cm}^3\text{)}$$

Onde:

$$VS = (\pi.r^2) \cdot h$$

MS = massa seca

$$QA_{sat. \%} = 100 \cdot (Msat\text{(g)} - MS\text{(g)}) / MS\text{(g)}$$

Onde:

$M_{sat}$  = massa saturada

A quantidade de água saturada ( $QA_{sat. \%}$ ) representa a capacidade de armazenamento de água da madeira, de acordo com Borchert (1994).

Para calcular o índice de distribuição espacial (C) das três espécies de *Jatropha*, utilizou-se o programa Basic Tsquare.bas. De acordo com esse índice, para o padrão aleatório, o valor de C esperado é próximo a 0,5; para o padrão uniforme, significativamente menor do que 0,5 e para o padrão agregado, significativamente maior que 0,5. A significância estatística de z sobre C é

obtida através de uma tabela de probabilidade para distribuição normal, considerando-se  $z = 1,96$  para  $p = 0,05$  (Ludwig & Reynolds 1988).

## Resultados

Os indivíduos das três espécies de *Jatropha* apresentaram flores e frutos durante quase todo o período amostrado, mas com intervalos sem apresentação das fenofases. De acordo com os dados apresentados nas figuras 2, 3 e 4, pode-se inferir que as três espécies apresentam comportamento fenológico contínuo e variável quanto à frequência, duração e regularidade dos episódios nos anos estudados, conforme a classificação proposta por Newstrom *et al.* (1994).

As figuras 2, 3 e 4 mostram que, para as três espécies, os percentuais de intensidade e de atividade foram maiores para as flores estaminadas durante a maior parte do tempo, houve ausência dos dois tipos de flores nos meses mais frios e úmidos e de flores pistiladas em momentos isolados do ciclo fenológico. A frutificação apresentou comportamento fenológico contínuo no primeiro episódio e anual no segundo, sendo que houve uma tendência à ocorrência de frutos nos períodos de picos pluviométricos.

Para *J. mollissima* e *J. mutabilis*, o brotamento tendeu a ocorrer depois do período de queda foliar, mas ocorreram eventos de sobreposição dessas fenofases. Para *J. ribifolia*, ao contrário das demais espécies, houve maior ocorrência de brotamento do que de queda foliar. De agosto de 2006 a junho de 2007, quando se observa maior frequência de precipitação, mesmo com baixos índices na maioria dos meses, a fenofase de brotamento foi observada continuamente. As três espécies apresentaram comportamento foliar decíduo, já que todos os indivíduos ficaram sem folhas por, pelo menos, um mês. Os indivíduos apresentaram deciduidade total entre maio e julho, meses com temperaturas mais baixas e dias mais curtos. *Jatropha mollissima* e *J. mutabilis* apresentaram um segundo período de deciduidade total entre os meses de setembro e

outubro. Em *J. mutabilis* observou-se a formação de botões e início de abertura das flores antes do amadurecimento das primeiras folhas.

Não houve correlação significativa entre a precipitação e as fenofases de *J. mollissima* (tabela 1) e *J. mutabilis* (tabela 2). Para *J. ribifolia*, a precipitação influenciou fortemente a produção de flores estaminadas e pistiladas (tabela 3). Para *J. mollissima*, a produção de flores estaminadas foi fortemente influenciada pela temperatura e pelo fotoperíodo. Para *J. mutabilis*, a temperatura influenciou fortemente as fenofases, exceto o brotamento; a umidade relativa, a queda foliar; e o fotoperíodo, a produção de flores pistiladas.

Considerando-se o total de indivíduos apresentando uma determinada fenofase, os pares de espécies apresentaram altos índices de sobreposição para todos os eventos estudados (tabela 4). Os percentuais continuam altos quando foram analisados os graus de sobreposição entre os pares em relação ao grau de intensidade de cada fenofase (tabela 5). Analisou-se, também, o grau de sobreposição de floração e de frutificação para as três espécies simultaneamente e verificaram-se altos percentuais de sobreposição. Considerando-se o total de indivíduos apresentando a fenofase, obteve-se 64% de sobreposição na floração e 66% de sobreposição na frutificação. E levando-se em consideração o grau de intensidade de cada fenofase, obteve-se 55% de sobreposição na floração e 57% na frutificação.

As três espécies apresentaram valores próximos de densidade básica da madeira. Quanto à capacidade de armazenamento de água, registraram-se os maiores valores para *J. mutabilis* ( $DBM = 0,342 \pm 0,077 \text{ g/cm}^3$ ;  $QA_{\text{sat}} = 339,87 \pm 72,77 \%$ ), seguida por *J. ribifolia* ( $DBM = 0,332 \pm 0,046 \text{ g/cm}^3$ ;  $QA_{\text{sat}} = 291,47 \pm 43,43\%$ ) e *J. mollissima* ( $0,321 \pm 0,056 \text{ g/cm}^3$ ;  $QA_{\text{sat}} = 287,61 \pm 31,37\%$ ).

As três espécies possuem frutos do tipo esquizocarpo. Esses são secos, com três cocos globosas de deiscência explosiva, endocarpo lenhoso e produzem três sementes que possuem carúncula incisa na parte ventral. Devido às características dos frutos, a dispersão primária das



sementes ocorre por autocoria balística. Observou-se em campo que as sementes de *J. mollissima* podem ser lançadas a até 1,8 m de distância da borda da copa da planta mãe, em *J. mutabilis* a até 1,6 m e em *J. ribifolia* a até 1,2 m. Durante os períodos de chuvas intensas, observou-se a formação de riachos temporários que transportam as sementes lançadas ao chão para áreas distantes até 150 m da planta mãe, caracterizando uma dispersão secundária por hidrocoria. Como animais dispersores secundários, observou-se formigas, mas estas não foram coletadas.

Durante o período amostrado, observou-se o consumo de frutos verdes de *J. mollissima* e *J. mutabilis* por aves da família Psittacidae das espécies *Aratinga cactorum* (Kuhl 1820), *Aratinga acuticaudata* (Vieillot 1818), *Primolius maracana* (Vieillot 1816), *Amazona aestiva* (Linnaeus 1758) e *Forpus xanthopterygius* (Spix 1824) nos períodos em que não havia muitos frutos maduros. Apenas *F. xanthopterygius* foi observado consumindo frutos verdes de *J. ribifolia*. Quando os frutos amadureciam e iniciava-se a dispersão primária com grande quantidade de sementes, essas espécies foram observadas, algumas vezes em bando, consumindo sementes, das três espécies, no chão. Sementes caídas ao chão das três espécies foram consumidas, também, durante todo o período amostrado por Columbidae das espécies *Patagioenas picazuro* (Temminck 1813), *Columbina picui* (Temminck 1813) e *Leptotila verreauxi* Bonaparte 1855, e por Tinamidae da espécie *Nothura boraquira* (Spix 1825).

As três espécies investigadas apresentaram o padrão de distribuição espacial agregado. Os valores obtidos para o Índice de Distribuição Espacial (Ludwig & Reynolds 1988) foi de  $C=0,88$ ,  $z=6,88$  para *J. mollissima*;  $C=0,83$ ,  $z=6,01$  para *J. mutabilis* e  $C=0,87$ ,  $z=6,86$  para *J. ribifolia*. Nas populações das três espécies, observaram-se sementes germinando próximas às plantas-mães e as plântulas desenvolvendo-se até a idade adulta, quando iniciaram a produção de flores.

## Discussão

A variação geográfica nos padrões fenológicos dentro de uma mesma espécie é mais comum nos trópicos do que nas zonas temperadas já que os padrões fenológicos nos trópicos são mais diversos (Newstrom *et al.* 1994). Quando se compara os resultados obtidos no presente estudo com aqueles apresentados por Santos *et al.* (2005) para as espécies *J. mollissima* e *J. mutabilis*, percebe-se que nem todos os eventos apresentaram comportamentos semelhantes.

Santos *et al.* (2005) encontraram o padrão fenológico contínuo para as espécies *J. mollissima* e *J. mutabilis*, com a floração estendendo-se durante todo o ano e o pico de atividade nos meses mais quentes e os menores percentuais de atividade nos meses mais frios e curtos do ano. Entretanto, no presente estudo, as populações apresentaram ausência de floração durante quatro meses consecutivos, nos meses mais frios e curtos, em *J. mollissima* e três meses em *J. mutabilis* e de frutificação, em três meses consecutivos nas duas espécies. *Jatropha ribifolia* apresentou ausência dessas fenofases em apenas dois meses consecutivos.

O comportamento de floração obtido para as três espécies no presente estudo apresenta maior semelhança àquele observado para *J. mollissima* por Machado *et al.* (1997) na Serra Talhada, PE, e Lima (2007) em Betânia e Floresta, PE, onde os indivíduos não permaneceram floridos nem produziram frutos durante todo o ano.

Santos *et al.* (2005) registraram a maior produção de flores pistiladas durante o período mais frio e de dias mais curtos, enquanto no presente estudo não houve produção de flores nesse período. Além disso, o fato de os indivíduos das três espécies estudadas no presente estudo terem permanecido desfolhadas por mais de um mês, caracteriza-as como caducifólia, enquanto aqueles autores observaram o comportamento perenifólio para *J. mollissima* e *J. mutabilis*. O comportamento caducifólio para *J. mollissima* também foi observado por Lima (2007).

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que os três táxons estudados possuem madeira de baixa densidade e, conseqüentemente, alta capacidade de armazenamento de água nos tecidos. E essa alta capacidade de armazenamento de água favoreceu a ocorrência dos eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos, mesmo na ausência de precipitação, corroborando a hipótese de que plantas que armazenam muita água nos seus tecidos podem brotar e florescer durante a estação seca (Borchert 1994, Chapotin *et al.* 2006). Resultado semelhante foi obtido por Lima (2007), onde todos os táxons que brotaram, floresceram e frutificaram na estação seca possuíam madeira de baixa densidade.

No presente estudo, a dependência da precipitação para a produção de flores em *J. ribifolia*, pode estar relacionada à menor biomassa desse táxon. Esse resultado está de acordo com a hipótese de Seghieri *et al.* (1995), de que plantas de pequeno porte são mais afetadas pela variação climática devido à menor capacidade de manter armazenados água e nutrientes de reserva. Resultados semelhantes foram obtidos por Mantovani e Martins (1988), Batalha e Mantovani (2000) e Munhoz e Felfili (2005) para espécies herbáceas e subarbustivas do Cerrado.

Alguns autores sugerem que a sobreposição de floração sempre induz à diminuição na produção de frutos devido à competição por polinizadores e à perda de pólen nas flores de outras espécies (*e.g.*, Campbell 1985, Murcia & Feinsiger 1996). Entretanto, esse parece não ser o caso dos táxons estudados no presente trabalho, já que podem ser polinizados por *Apis mellifera*, que segundo Pigozzo (2004), são muito abundantes na área. Além disso, *Jatropha ribifolia*, na ausência de polinizadores, pode ser auto-polinizada (E.L. Neves, dados não publicados).

Outra conseqüência da sobreposição de floração para espécies simpátricas é a possibilidade de existência de fluxo gênico (Tiffin *et al.* 2001, Coyne & Orr 2004), já que a formação de híbridos naturais é relativamente comum entre as angiospermas (Ellstrand *et al.* 1996). A existência de sobreposição de floração indica que as espécies aqui estudadas não apresentam mecanismos de isolamento temporal que atuem como barreira pré-polinização, o que

pode favorecer o aumento do fluxo gênico entre as espécies e conseqüente produção de híbridos, caso não haja barreiras pós-zigóticas.

A dispersão de sementes une o ciclo reprodutivo das plantas e pode ter importantes conseqüências para a demografia e estrutura genética populacionais. Novas sementes recrutadas em uma população não representam somente novos indivíduos, mas também genótipos distintos. Portanto, a dispersão de sementes tem grande potencial para influenciar os padrões de fluxo gênico e a estrutura genética intra e inter-populacional (Jordano & Godoy 2002).

A dispersão por autocoria parece ser uma estratégia vantajosa para o sucesso reprodutivo das três espécies estudadas, assim como para muitas outras espécies residentes na caatinga. Barbosa *et al.* (2006) na revisão sobre a fenologia de espécies lenhosas da caatinga, verificaram que 47% das espécies tiveram os diásporos dispersados por autocoria, 32% por zoocoria e 21% por anemocoria. Já Lima (2007) registrou 68% de autocoria, 22% de anemocoria e 10% de zoocoria. Entretanto, através desse processo de dispersão, as sementes são lançadas a curtas distâncias, aumentando a densidade próxima à planta-mãe, o que reduz a possibilidade de colonização de novas áreas na ausência de dispersores secundários.

Estudos dos padrões de fluxo gênico, através de pólen e sementes, mostraram a importância da dispersão destes por animais (Sork *et al.* 1999). Os dispersores secundários, mesmo transportando poucas sementes para longe da planta-mãe, contribuem grandemente para o fluxo gênico interpopulacional e a colonização de novos ambientes, já que a autocoria apenas eleva a distância de colonização nas plantas das bordas. Howe *et al.* (1985), estudando a espécie arbórea *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae), observaram que, sem os dispersores secundários, as sementes que caem sob a planta-mãe quase sempre estão fadadas a morrer pela competição com a planta-mãe e pela desproporcional mortalidade nessa área.

Mais de 3000 espécies de Angiospermas, pertencentes a mais de 80 famílias de diversos ecossistemas mundiais, são conhecidas por possuírem diásporos mirmecocóricos (Leal *et al.*

2007). Passos e Ferreira (1996) identificaram 11 espécies de formigas manipulando sementes de *Croton priscus* Croizat em um remanescente de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. Peternelli *et al.* (2004) observaram 16 espécies de formigas interagindo com sementes de *Mabea fistulifera* Mart. no município de Viçosa, MG.

Leal *et al.* (2007) estudaram a dispersão por sementes na caatinga e observaram que a família Euphorbiaceae é aquela que possui o maior número de espécies cujas sementes são manipuladas por formigas. *Jatropha mollissima* atraiu 13 espécies de formiga e *J. mutabilis* e *J. ribifolia* cinco espécies cada uma. Ainda de acordo com aqueles autores, as formigas deslocaram as sementes de *J. mollissima* a cerca de 5,38 cm de distância e as de *J. ribifolia* a cerca de 4,87 m, distâncias muito maiores do que aquelas observadas para a autocoria balística. Santos *et al.* (2005) observaram a presença de formigas do gênero *Solenopsis* Weatwood (1840) retirando elaiossomos das sementes de *J. mollissima* e *J. mutabilis*.

A ocorrência de dispersão por hidrocoria em Euphorbiaceae foi também registrada por Assad-Ludewigs *et al.* (1989) para a espécie *Croton urucurana* Baill. em matas ciliares no interior de São Paulo. Na Ecorregião do Raso da Catarina, esse tipo de dispersão foi importante para as três espécies de *Jatropha* estudadas já que foi o mecanismo a lançar as sementes a maiores distâncias da planta-mãe. Entretanto, não favorece a colonização de microhábits de sítios mais altos, já que possibilita o transporte das sementes apenas nas áreas baixas onde os riachos temporários são formados durante os períodos de pico de pluviosidade.

Duas hipóteses tentam explicar a ação de predadores de sementes e a influência desses na distribuição espacial dos propágulos (Janzen 1970, Silvertown 1980, Manson *et al.* 1998). A hipótese “escape” sugere que a probabilidade de sobrevivência dos propágulos aumenta quando as sementes são lançadas distante da planta-mãe devido à tendência dos predadores de sementes concentrarem suas atividades onde há maior densidade de sementes. Já a hipótese de saciação do predador (*predator satiation*) propõe que uma grande quantidade de recurso disponível pode

ultrapassar a capacidade de consumo dos predadores residentes resultando em um padrão negativo de densidade-dependência de predação com maior probabilidade de sobrevivência de propágulos em locais de densa agregação de sementes. Esta última foi a estratégia de recrutamento observada para as espécies estudadas, que tem como consequência a manutenção do padrão de distribuição espacial agregado das populações.

Predadores de sementes são frugívoros que extraem as sementes dos frutos, quebram as sementes e digerem seu conteúdo ou podem engolir o fruto com semente e digerir tanto fruto como semente (Jordano 2000). As aves podem ser importantes predadores de sementes em muitos ecossistemas (Howe & Brown 1999) e, assim como demonstrado por outros autores (*e.g.* Pineschi 1990, Galetti & Rodrigues 1992, Martuscelli 1995, Sick 1997), no presente estudo, os Psittacidae, Columbidae e Tinamidae comportaram-se como granívoros e predadores de sementes.

Essas aves apresentaram comportamento de predação semelhante ao observado nos estudos desenvolvidos por Blate *et al.* (1998), Manson *et al.* (1998) e Jones *et al.* (2003), que demonstraram que a intensidade de predação foi maior quando havia maior disponibilidade de sementes.

Os psitacídeos consomem sementes de diversas espécies vegetais e essas sementes são normalmente destruídas durante o forrageio com consequente impacto no sucesso reprodutivo das plantas (Sick 1997, Galetti & Rodrigues 1992, Silva 2005). Barros e Marcondes-Machado (2000) estudaram o hábito alimentar de *A. cactorum* no município de Curaçá, BA, e registraram que as sementes de *J. mollissima* foram as mais consumidas, representando 70% da dieta. Esses autores citam que nos períodos de escassez de frutos os indivíduos consumiam flores e látex dos pecíolos. Entretanto, esse comportamento não foi observado no presente estudo.

Em estudo sobre o hábito alimentar de *A. leari*, E. M. Alves (com. pess.) observou que frutos de *J. mollissima* e *J. mutabilis* são o segundo grupo de alimento nativo preferido por

aquela espécie, sendo preterido apenas pelos frutos da palmeira licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari, Arecaceae).

Alguns autores observaram que há uma tendência de diminuição na intensidade de predação de sementes quando o banco de sementes se localiza distante da planta mãe (Forget 1992, Hammond 1995, Jones *et al.* 2003). Apesar de não ter sido utilizada metodologia específica para responder a essa questão, observou-se em campo que tanto os psitacídeos quanto os columbídeos forrageavam, preferencialmente, nas áreas com maior densidade de plantas e, conseqüentemente, maior disponibilidade de sementes.

A dispersão e a predação de sementes, em médio e longo prazo, podem influenciar a distribuição espacial das espécies vegetais. No presente estudo, a dispersão primária por autocoria balística favorece a manutenção do padrão de distribuição agregado das populações das três espécies. Esse padrão de distribuição proporciona a concentração de recursos florais, facilitando a localização destes pelos potenciais polinizadores. Entretanto, dificulta a ocupação de novos territórios pelos diásporos e intensifica a ação de predadores de sementes. Desse modo, a ação de dispersores secundários, como formigas, torna-se imprescindível para a manutenção do fluxo gênico entre as populações.

Agradecimentos – Os autores agradecem à Fundação Biodiversitas pela autorização concedida para o desenvolvimento dos trabalhos de campo na Estação Biológica de Canudos; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB (Termo de Outorga TO 261/03 Etapa II) pelo apoio financeiro a parte das atividades de campo; ao CNPq pela bolsa de produtividade a Blandina F. Viana; a Diego M. Lima e Eurivaldo M. Alves pelo auxílio na observação das aves e aos membros do Labea pelo auxílio nas coletas de campo.

### Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43:1-39.
- ANDRADE-LIMA, D. 1981. The caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4: 149-153.
- ASSAD-LUDEWIGS, I.Y., PINTO, M.M., SILVA FILHO, N.L., GOMES, E.C. & KANASHIRO, S. 1989. Propagação, crescimento e aspectos ecofisiológicos em *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae), arbórea nativa pioneira de mata ciliar. *In Anais do Simpósio sobre mata ciliar, Fundação Cargill, Campinas, São Paulo*, p.284-298.
- BARROS, Y.M., & MARCONDES-MACHADO, L. 2000. Comportamento alimentar do periquito-da-caatinga *Aratinga cactorum* em Curaçá, Bahia. *Ararajuba* 8:55-59.
- 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 Botanica Brasílica* 3:109-117.
- BARBOSA, D.C.A., BARBOSA, M.C.A. & M. LIMA, L.C. 2006. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. *In Ecologia e Conservação da Caatinga* (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, org.). Editora Universitária da UFPE, Recife, Pernambuco, p.657-693.
- BATALHA, M.A. & MANTOVANI, W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparasion between herbaceous and wood floras. *Revista Brasileira de Biologia* 60:129-145.
- BARROSO, G.M., AMORIM, M.P., PEIXOTO, L.A. & ICHASO, C.L.F. 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de Dicotiledôneas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.



- BENCKE, 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.
- BLATE, G.M., PEART, D.R. & LEIGHTON, M. 1998. Post-dispersal predation on isolated seeds: a comparative study of 40 tree species in a Southeast Asian rainforest. *Oikos* 82:522-538.
- BORCHERT, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75:1437-1449.
- BORCHERT, R. & RIVERA, G. 2001. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. *Tree Physiology* 21:213-221.
- BORCHERT, R., RIVERA, G. & HAGNAUER, W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica* 34:27-39.
- BULHÃO, C.F. & FIGUEIREDO, P.S. 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* 25:361-369.
- CHAPOTIN, S.M., RAZANAMEHARIZAKA, J.H. & HOLBROOK, M. 2006. Baobab trees (*Adansonia*) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening before the rain season. *New Phytologist* 169:549-559.
- COYNE, J.A. & ORR, H.A. 2004. *Speciation*. Sinauer, Sunderland.
- CAMPBELL, D.R. 1985. Pollinator sharing and seed set of *Stellaria pubera*: competition for pollination. *Ecology* 66:544-553.
- CAMPBELL, D.R. & MOTTEN, A.F. 1985. The mechanism of competition for pollination between two forest herbs. *Ecology* 66:554-563.
- ELLSTRAND, N.C., WHITKUS, R. & RIESEBERG, L.H. 1996. Distribution of spontaneous hybrids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93:5090-5093.

- FONSECA, R.B.S. 2004. Fenologia reprodutiva e dispersão de *Melocactus glaucescens* Buining & Brederoo e *M. paucispinus* G. Heimen & R. Paul (Cactaceae) no município de Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- FONSECA, R.B.S., FUNCH, L. & BORBA, E.L. 2008. Reproductive phenology of *Melocactus* (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica no prelo*.
- FORGET, P.M. 1992. Seed removal and seed fate in *Gustavia superba* (Lecytidaceae). *Biotropica* 24:408-414.
- FOURNIER, L.A. 1974. Um método quantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24:422-423.
- FRANKIE, G.W., BAKER, H.G. & OPLER, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62:881-919.
- GALETTI, M. & RODRIGUES, M. 1992. Comparative seed predation on fruit by parrots in Brazil. *Biotropica* 22:222-224.
- GIULIETTI, A.M., CONCEIÇÃO, A. & QUEIROZ, L.P. 2006. Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro. V. 1, Associação Plantas do Nordeste, Recife, Pernambuco.
- 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.
- HAMMOND, D.S. 1995. Post-dispersal seed and seedling mortality of tropical dry forest trees after shifting agriculture, Chiapas, México. *Journal of Tropical Ecology* 11:295-313.
- HAPER, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.

- HOWE, H.F., SCHUPP, E.W. & WESTLEY, L.C. 1985. Early consequences of seed dispersal for Neotropical tree (*Virola surinamensis*). *Ecology* 66:781-791.
- HOWE, H.F. & BROWN, J.S. 1999. Effects of birds and rodents on synthetic tallgrass communities. *Ecology* 80:1776-1781.
- HOWE, H.F. & MIRITI, M.N. 2004. When seed dispersal matters. *BioScience* 54:651-660.
- JANZEN, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104:501-528.
- JONES, F.A., PETERSON, C.J. & HAINES, B.L. 2003. Seed predation in Neotropical pre-montane pastures: site, distance, and species effects. *Biotropica* 35:219-225.
- JORDANO, P. 2000. Fruits and frugivory. *In* *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (E. Fenner, ed.). CABI, Wallingford, p.125-165.
- JORDANO, P. & GODOY, J.A. 2002. Frugivore-generated seed shadows: a landscape view of demographic and genetic effects. *In* *Frugivores and seed dispersal: ecological, evolutionary and conservation* (D.J. Levey, W. Silva & M. Galetti, eds.). CAB, Wallingford, p.305-321.
- KREBS, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York.
- LAMMI, J. 2005. Online photoperiod calculator. <http://www.nic.fi/~benefon/sun.php3> (acesso em 03/08/2007).
- LAMMI, J. 2000. Online protoperiod calculator. <http://www.nic.fi/~benefon/sun.php3>. (acesso em 05/03/2008).
- LEAL, I.R., WIRTH, R. & TABARELI, M. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of North-east Brazil. *Annals of Botany* 99:885-894.
- LIVIN, D.A. & ANDERSON, W.W. 1970. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *American Naturalist* 104:345-354.

- LIETH, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. *In* Phenology and seasonality modeling (H. Lieth, ed.). Ecological Studies, V. 8, Springer-Verlag, Berlin, p.3-19.
- LEIGH, E.G. 1999. Tropical Forest Ecology: a view from Barro Colorado Island. Oxford University Press, Oxford.
- LIMA, A.L.A. 2007. Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semi-árido do Nordeste brasileiro. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- LUDWIG, J.A. & REYNOLDS, J.F. 1988. Statistical ecology: a primer methods and computing. John Wiley & Sons, New York.
- MACHADO, I.C.S., BARROS, L.M. & SAMPAIO, V.S.B. 1997. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brasil. *Biotropica* 29:57-68.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. 1988. Variações fenológicas das espécies do Cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 23:227-237.
- MARTUSCELLI, P. 1995. Ecology and conservation of the Red-tailed Amazon *Amazona braziliensis* in south-eastern Brazil. *Bird Conservation International* 5:405-420.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. MMA, Brasília.
- MANSON, R.H., OSTFELD, R.S. & CANHAM, C.D. 1998. The effects of tree seed and seedling density on predation rates by rodents in old fields. *EcoScience* 5:183-190.
- MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C, TAKAHASI, A., BENCKE, C.C, ROMERA, E.C. & ZIPARRO, V.B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees. *Biotropica* 32:811-823.

- MUNHOZ, C.B.R. & FELFILI, J.M. 2005. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19:979-988.
- MURCIA, C. 1995. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. *In* Forest patches in tropical landscapes (J. Schellas & R. Greenberg, eds.). Island Press, London, p.19-36.
- MURCIA, C. & FEINSINGER, P. 1996. Interspecific pollen loss by hummingbirds visiting flower mixtures: effects of floral architecture. *Ecology* 77:550-560.
- NEWSTROM, L.E., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. 1994. A new classification for plant based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- OLIVEIRA, J.G.B., QUESADO, H.L.C., NUNES, E.P. & VIANA, F.A. 1998. Observações preliminares da fenologia de plantas da caatinga na Estação Ecológica de Aiuba. Coleção Mossorossense n. 538, série B. ESAM, Mossoró.
- PASSOS, L. & FERREIRA, S.O. 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. *Biotropica* 28:697-700.
- PEREIRA, R.M.A., ARAÚJO-FILHO, J.A., LIMA, R.V., PAULINO, F.D.G., LIMA, A.O.N. & ARAÚJO, Z.B. 1989. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da caatinga. *Ciência Agronômica* 20:11-20.
- PETERNELLI, E.F.O., DELLA LUCIA, T.M.C. & MARTINS, S.V. 2004. Espécies de formigas que interagem com sementes de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae). *Revista Árvore* 28:733-738.
- PIJL, L. VAN DER. 1982. Principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, New York.

- PIGOZZO, C.M. 2004. Organização das comunidades locais de Apoidea em uma área de Caatinga, Canudos – Ba. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- PINESCHI, R.B. 1990. Aves como dispersoras de sete espécies de *Rapanea* (Myrsinaceae) no maciço de Itatiaia, estado do Rio de Janeiro e Minas Gerais. *Ararajuba* 1:73-78.
- SAKAI, S. 2000. Reproductive phenology of gingers in a lowland mixed dipterocarp forest in Bomeo. *Journal of Tropical Ecology* 16:337-354.
- SAMPAIO, E.V.S.B, GIULIETTI, A.M., VIRGÍLIO, J. & GAMARRA-ROJAS, C.F.L. 2002. Vegetação & flora da Caatinga. Associação Plantas do Nordeste, Recife.
- SANTOS, M.J., MACHADO, I.C. & LOPES, A.V. 2005. Biologia reprodutiva de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) em Caatinga, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:361-373.
- SEGHIERI, J., FLORET, C. & PONTANIER, R. 1995. Plant phenology in relation to water availability: herbaceous and woody species in the savanas of northern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 11:237-254.
- SICK, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- SILVA, P.A. 2005. Predação de sementes pelo maracanã-nobre (*Diopsittaca nobilis*, Psittacidae) em uma planta exótica (*Melia azedarach*, Meliaceae) no oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 13:183-185.
- SILVERTOWN, J.W. 1980. The evolutionary ecology of mast seeding in trees. *Biological Journal of the Linnaen Society* 14:235-250.
- SORK, V.L., NASON, J., CAMPBELL, D.R. & FERNÁNDEZ, J.F. 1999. Landscape approaches to historical and contemporary gene flow in plants. *Trends in Ecology and Evolution* 14:219-224.

- TIFFIN, P.M., OLSON, S. & MOYLE, L.C. 2001. Asymmetrical crossing barriers in angiosperms. *Proceedings of the Royal Society of London* 268:861-867.
- TRUGILHO, P.F., SILVA, D.A., FRAZÃO, F.J.L. & MATOS, J.L.M. 1990. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. *Acta Amazonica* 20:307-319.
- VELLOSO, A.L., SAMPAIO, E.V.S.B. & PAREYN, F.G.C. (eds.). *Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga*. TNC-Brasil, Associação Plantas do Nordeste, Recife.
- WEBSTER, G.L. 1994a. Classification of the Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:3-32.
- WEBSTER, G.L. 1994b. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81: 33-144.
- WILLIAMS, R.J., MYERS, B.A., MULLER, W.J., DUFF, G.A. & EAMUS, D. 1997. Leaf phenology of wood species in a north Australian Tropical Savana. *Ecology* 78:2542-2558.
- WILLIAMS-LINERA, G. & MEAVE, J.A. 2002. Patrones fenológicos de bosque Lluvioso neotropical de bajura. *In Ecología de bosques Lluviosos Neotropicales* (M. Guariguata & G. Kattan, eds.). Libro Universitario Regional, Costa Rica, p.407-431.
- WRIGHT, S.J. & CALDERON, O. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology* 83:937-948.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.

Tabela 1. Resultados do coeficiente de correlação de Spearman entre as fenofases de *J. mollissima* e os fatores abióticos.

Table 1. Results of Spearman's correlation coefficient relating the phenophases of *J. mollissima* and abiotic factors.

Fenofase	Fenofase			
	Precipitação	Temperatura	Umidade Relativa	Fotoperíodo
Flores pistiladas	rs = 0,366	rs = 0,292	rs = - 0,205	rs = 0,346
Flores estaminadas	rs = 0,258	rs = 0,524*	rs = - 0,427	rs = 0,536*
Frutos	rs = 0,326	rs = 0,104	rs = - 0,021	rs = 0,130
Brotamento	rs = - 0,200	rs = - 0,132	rs = 0,037	rs = 0,024
Queda foliar	rs = - 0,239	rs = - 0,314	rs = 0,309	rs = - 0,393

\*  $p < 0,05$  = Valores significativos segundo o teste de correlação de Spearman.

\*  $p < 0,05$  = Significant values according to the Spearman rank correlation test.



Tabela 2. Resultados do coeficiente de correlação de Spearman entre as fenofases de *J. mutabilis* e os fatores abióticos.

Table 2. Results of Spearman's correlation coefficient relating the phenophases of *J. mutabilis* and abiotic factors.

Fenofase	Fenofase			
	Precipitação	Temperatura	Umidade Relativa	Fotoperíodo
Flores pistiladas	rs = - 0,057	rs = 0,522*	rs = - 0,484	rs = 0,435
Flores estaminadas	rs = 0,165	rs = 0,557*	rs = - 0,452	rs = 0,439
Frutos	rs = 0,308	rs = 0,531*	rs = - 0,379	rs = 0,363
Brotamento	rs = - 0,434	rs = - 0,144	rs = - 0,022	rs = 0,083
Queda foliar	rs = 0,243	rs = - 0,516*	rs = 0,573*	rs = - 0,487

\* p < 0,05 = Valores significativos segundo o teste de correlação de Spearman.

\* p < 0,05 = Significant values according to the Spearman rank correlation test.

Tabela 3. Resultados do coeficiente de correlação de Spearman entre as fenofases de *J. ribifolia* e os fatores abióticos.

Table 3. Results of Spearman's correlation coefficient relating the phenophases of *J. ribifolia* and abiotic factors.

Fenofase	Fenofase			
	Precipitação	Temperatura	Umidade Relativa	Fotoperíodo
Flores pistiladas	rs = 0,517*	rs = 0,211	rs = - 0,054	rs = 0,138
Flores estaminadas	rs = 0,503*	rs = 0,146	rs = - 0,013	rs = 0,115
Frutos	rs = 0,386	rs = 0,023	rs = - 0,058	rs = 0,058
Brotamento	rs = - 0,375	rs = 0,204	rs = - 0,327	rs = 0,183
Queda foliar	rs = - 0,390	rs = - 0,357	rs = - 0,289	rs = - 0,344

\*  $p < 0,05$  = Valores significativos segundo o teste de correlação de Spearman.

\*  $p < 0,05$  = Significant values according to the Spearman rank correlation test.

Tabela 4. Percentuais de sobreposição entre os pares de espécies de *Jatropha*, considerando-se o total de indivíduos apresentando determinada fenofase.

Table 4. Percentage overlap between pairs of species of *Jatropha*, considering the total of individuals of each phenophase.

Espécies	<i>J. mollissima</i>				<i>J. mutabilis</i>			
	Flor	Fruto	Brotamento	Queda foliar	Flor	Fruto	Brotamento	Queda foliar
<i>J. ribifolia</i>	72	85	67	77	77	77	59	69
<i>J. mollissima</i>	-	-	-	-	75	73	73	64

Tabela 5. Percentuais de sobreposição entre os pares de espécies de *Jatropha*, considerando-se o grau de intensidade de cada fenofase.

Table 5. Percentage overlap between pairs of species of *Jatropha*, considering the degree of intensity of each phenophase.

Espécies	<i>J. mollissima</i>				<i>J. mutabilis</i>			
	Flor	Fruto	Brotamento	Queda foliar	Flor	Fruto	Brotamento	Queda foliar
<i>J. ribifolia</i>	66	76	65	71	68	69	52	60
<i>J. mollissima</i>	-	-	-	-	75	73	62	63

Figura 1. Dados de Umidade Relativa - (%), Precipitação (mm), Temperatura (°C) e Fotoperíodo (h) do município de Monte Santo, inserida na Ecorregião do Raso da Catarina. Dados fornecidos pelo INMET - IV Distrito para o período de julho de 2005 a junho de 2007.

Figure 1. Relative Humidity – R.U. (%), Precipitation (mm), Temperature (°C), and Photoperiod (h) of the municipality of Monte Santo, within the Raso da Catarina Eco-region, Bahia State, Brazil. Data furnished by INMET - District IV, for the period between July 2005 and June 2007.

Figura 2. Comparação entre os percentuais de intensidade e de atividade de *J. mollissima* e os dados meteorológicos da Ecorregião do Raso da Catarina no período de julho de 2005 a junho de 2007.

Figure 2. Comparisons between the percentages of intensity and activity of *J. mollissima* and meteorological data from the Raso da Catarina Eco-region during the period between July 2005 and June 2007.

Figura 3. Comparação entre os percentuais de intensidade e de atividade de *J. mutabilis* e os dados meteorológicos da Ecorregião do Raso da Catarina no período de julho de 2005 a junho de 2007.

Figure 3. Comparisons between the percentages of intensity and activity of *J. mutabilis* and meteorological data from the Raso da Catarina Eco-region during the period between July 2005 and June 2007.

Figura 4. Comparação entre os percentuais de intensidade e de atividade de *J. ribifolia* e os dados meteorológicos da Ecorregião do Raso da Catarina no período de julho de 2005 a junho de 2007.

Figure 4. Comparisons between the percentages of intensity and activity of *J. ribifolia* and meteorological data from the Raso da Catarina Eco-region during the period between July 2005 and June 2007.

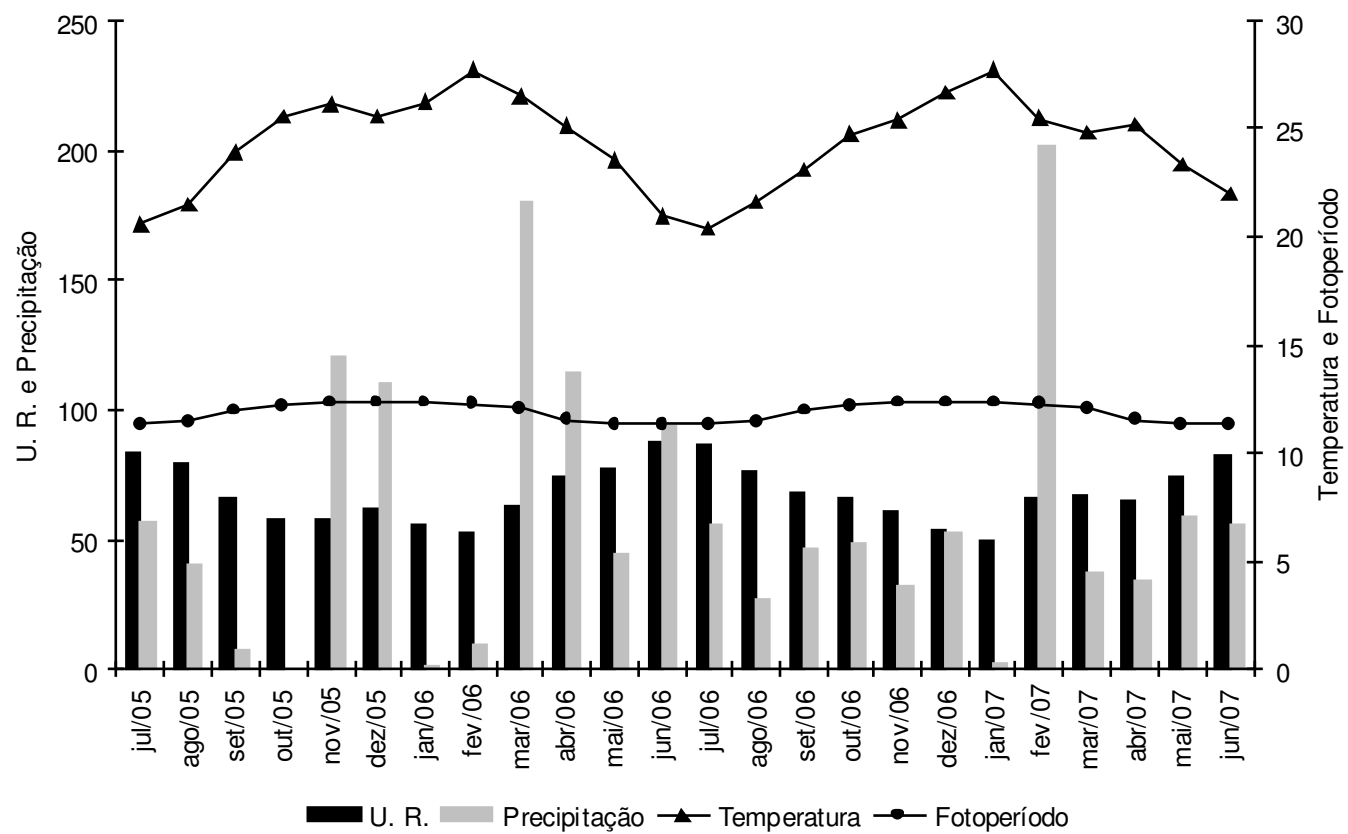


Figure 1.

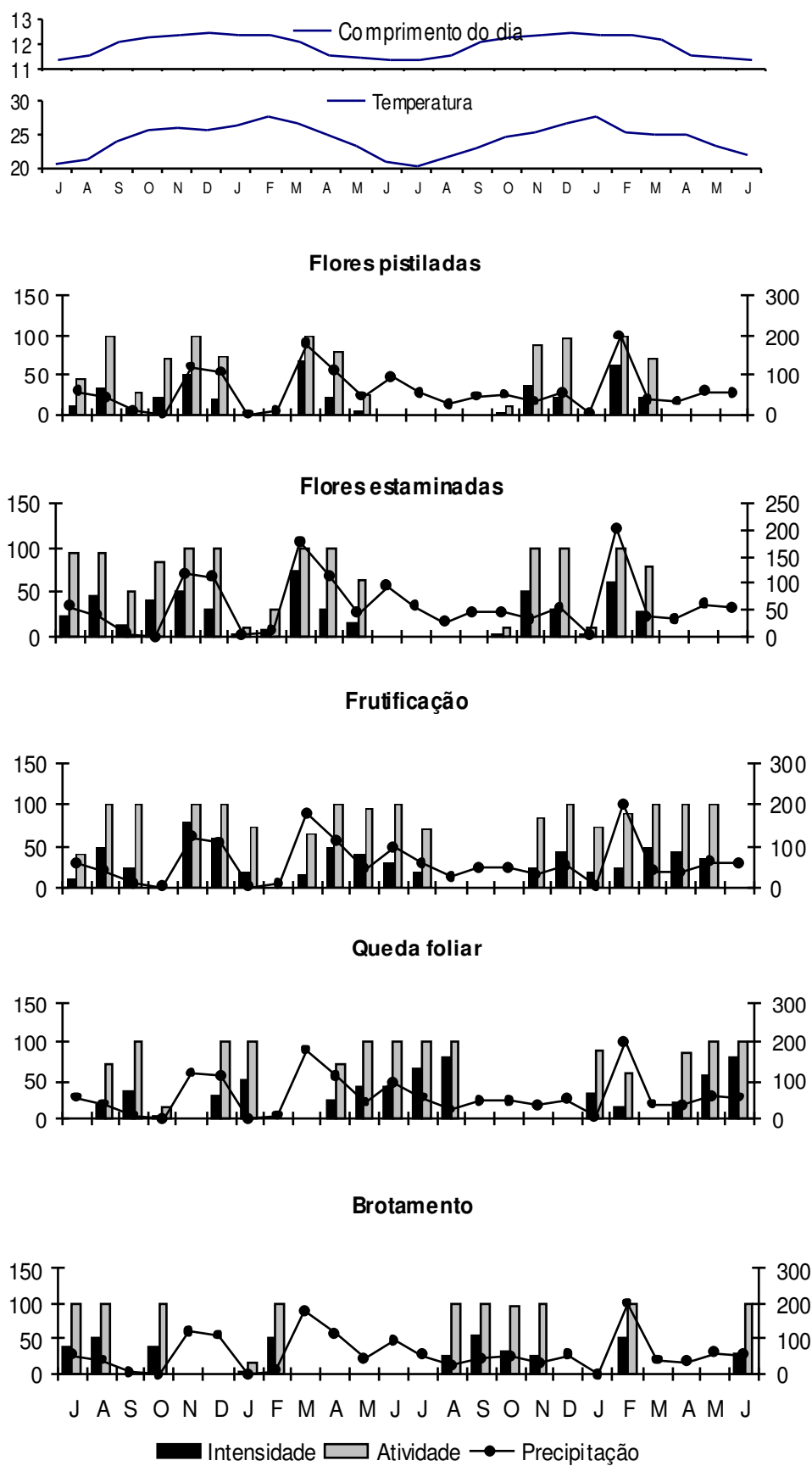


Figure 2.

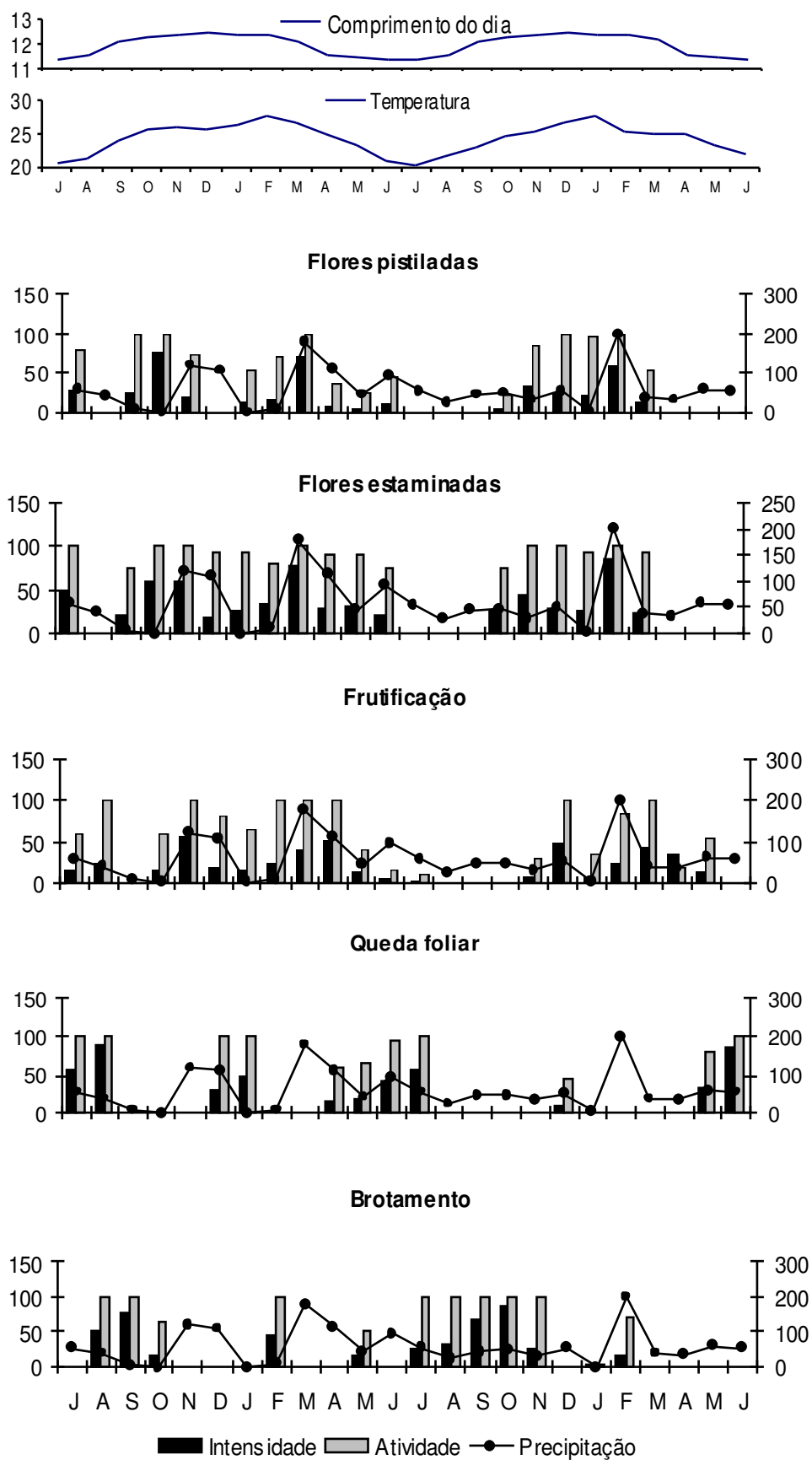


Figure 3.

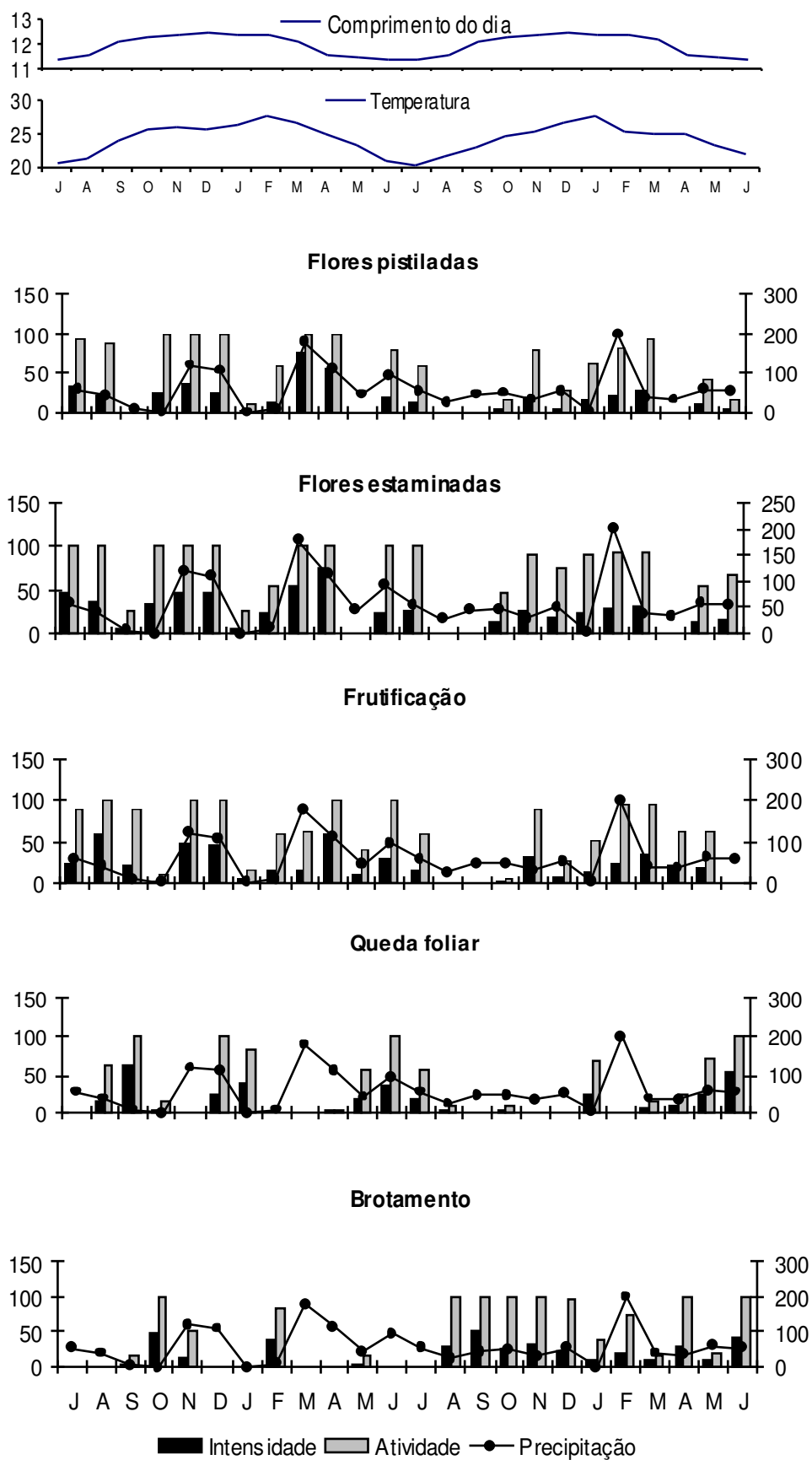


Figure 4.



## Capítulo 3

---

**Biologia floral e polinização de três táxons de *Jatropha*  
(Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil**

## ABSTRACT

**(Floral biology and pollination in three taxa of *Jatropha* (Euphorbiaceae) in the semi-arid Caatinga region of Brazil).** In order to contribute to our understanding of the pollination biology of the monoecious species of *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) the present study presents for the first time the results of an examination of the floral biology, nectar production behavior, floral visitors, and reproductive systems of *J. ribifolia* (Pohl) Baill. and compares them to *J. mollissima* (Pohl) Baill. and *J. mutabilis* (Pohl) Baill. The study was undertaken in an area of hyperxerophilous caatinga at the Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), Raso da Catarina eco-region, Canudos, Bahia State, Brazil, during the period from May 2005 to June 2007. The flowers of the three species have a dichasium organization, and most of the staminate flowers are protogynic. In *J. ribifolia* both staminate and pistilate flowers last for about 48 hours and anthesis is diurnal, while in *J. mollissima* and *J. mutabilis* the staminate flowers last from 12 to 15 hours and the pistilate flowers from 36 to 48 hours, with anthesis occurring at sunset. Nectar production, pollen viability, and stigma receptivity initiate soon after the full opening of the flower and they all overlap in activity until senescence. Nectar production varied throughout the day and the pistilate flowers produced larger quantities than the staminate flowers; pollen viability and stigma receptivity during the lifetime of the flower were observed in all three species. No significant differences were observed between the reproductive system treatments of *J. mollissima* (KW = 59.796), *J. mutabilis* (KW = 59.058), or *J. ribifolia* (KW = 63.660) and pollen limitations were not noted. The three species produced fruits by geitonogamy as well as xenogamy, while only *J. ribifolia* produced fruits by spontaneous self-pollination. Apomixis was observed in *J. mollissima*, with the maturation of only a single fruit. The bees *Apis mellifera*, *Xylocopa frontalis* and *X. grisescens* and the hummingbirds *C. lucidus* and *A. gounellei* are potential pollinators of *J. mollissima* and *J. mutabilis*.

**Key-words:** birds, bees, floral biology, nectar, reproductive system.

## RESUMO

**(Biologia floral e polinização de três taxa de *Jatropha* (Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil).** Com o intuito de contribuir para o entendimento da biologia da polinização de espécies monóicas de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) o presente estudo apresenta, pela primeira vez, os resultados de biologia floral, comportamento de produção de néctar, visitantes florais e sistemas reprodutivos de *J. ribifolia* (Pohl) Baill. comparados àqueles obtidos para *J. mollissima* (Pohl) Baill. e *J. mutabilis* (Pohl) Baill.. O estudo foi desenvolvido em uma área de caatinga hiperxerófila, na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), Ecorregião do Raso da Catarina, em Canudos, Bahia, Brasil, no período de maio de 2005 a junho de 2007. As flores das três espécies estão organizadas em dicásios, possuem maior quantidade de flores estaminadas e são protogínicas. Em *J. ribifolia* as flores estaminadas e pistiladas duram cerca de 48 horas e a antese é diurna, enquanto em *J. mollissima* e *J. mutabilis*, as estaminadas duram entre 12 e 15 horas e as pistiladas entre 36 e 48 horas e a antese é crepuscular. A produção de néctar, a viabilidade polínica e a receptividade estigmática iniciaram-se logo após a abertura total da flor e se sobrepuseram até a senescência das mesmas. A produção de néctar variou ao longo do dia e as flores pistiladas produziram maiores volumes que as estaminadas e a viabilidade polínica e a receptividade estigmática foram observadas nas três espécies durante toda a vida da flor. Não houve diferença significativa entre os tratamentos dos sistemas reprodutivos para *J. mollissima* (KW = 59,796), *J. mutabilis* (KW = 59,058) e *J. ribifolia* (KW = 63,660) e, também, não houve limitação de pólen. As três espécies produziram frutos por geitonogamia e xenogamia e apenas *J. ribifolia* produziu frutos por autopolinização espontânea. Apomixia foi verificada em *J. mollissima* com a maturação de apenas um fruto. As abelhas *Apis mellifera*, *Xylocopa frontalis* e *X. grisescens* e os beija-flores *C. lucidus* e *A. gounellei* são os polinizadores potenciais de *J. mollissima* e *J. mutabilis*.

**Palavras-chave:** Aves, abelhas, biologia floral, néctar, sistema reprodutivo.

## INTRODUÇÃO

As plantas com flores apresentam diferentes sistemas sexuais e reprodutivos e esses são variáveis, flexíveis e sujeitos a ajustamentos evolutivos (Proctor *et al.*, 1996). A compreensão desses sistemas ajuda a esclarecer importantes aspectos da interação flor-visitante, do padrão de fluxo gênico das populações, assim como das relações filogenéticas entre espécies vegetais (Richards, 1997).

Nos ambientes tropicais predominam espécies monoclinas, mas com estratégias florais que procuram dificultar a autogamia e otimizar a xenogamia (Proctor *et al.*, 1996), que normalmente estão associadas à morfologia floral. As características florais podem facilitar ou dificultar a ação dos visitantes seja pela associação entre o tamanho corporal dos visitantes e as dimensões florais ou pela localização dos recursos na flor (Frankie *et al.*, 1983) e quando essas características convergem, pode resultar na polinização.

A família Euphorbiaceae é considerada a terceira família com maior riqueza de espécies na Caatinga (Giulietti *et al.*, 2006) e possui representantes com grande potencial agrícola na produção de biocombustível, como *Jatropha curcas* L. e *Ricinus communis* L. Entre os representantes dessa família, o monoicismo é um sistema sexual relativamente comum, especialmente nos gêneros *Euphorbia*, *Cnidoculus*, *Croton* e *Jatropha* (Bullock, 1985).

Espécies monóicas, por possuírem flores unissexuais dos dois gêneros em um mesmo indivíduo (Richards, 1997), necessitam obrigatoriamente de vetores de pólen para que ocorra a polinização cruzada. Nesse sentido, os estudos de biologia da polinização tornam-se relevantes já que possibilitam o entendimento das interações existentes entre a flor e seus visitantes e constituem um ponto de partida para a adoção de medidas de conservação eficientes das interações entre plantas e polinizadores (Endress, 1994; Kearns *et al.*, 1998) em ambientes naturais e em agroecossistemas. No presente estudo, essa questão torna-se ainda mais relevante

por se tratar de uma área com vegetação de Caatinga onde a imprevisibilidade ambiental afeta drasticamente os processos ecológicos.

Estudos que abordam aspectos da polinização e da biologia reprodutiva de espécies do gênero *Jatropha* são raros em todo o mundo (p.ex. Dehgan & Webster, 1979; Reddi & Reddi, 1983; Ormond *et al.*, 1984; Epila-Otara, 1993; Raju & Ezradanam, 2002; Bhattacharya *et al.*, 2005). Para as áreas de caatinga existe o trabalho de Santos *et al.* (2005) que estudaram a fenologia floral, biologia floral e o sistema reprodutivo de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. nos municípios pernambucanos de Buíque e Arcoverde. Entretanto, como esses táxons têm ampla distribuição nesse bioma com características tão diversas, novos estudos precisam ser desenvolvidos objetivando compreender as diferentes estratégias de polinização apresentadas pelo grupo.

Nesse sentido, o presente estudo pretende preencher essa lacuna apresentando, pela primeira vez, os resultados sobre a biologia da polinização de *J. ribifolia* comparados àqueles obtidos para *J. mollissima* e *J. mutabilis*. Para alcançar esse objetivo, estudou-se a biologia floral, o comportamento de produção de néctar, os visitantes florais e os sistemas reprodutivos dessas espécies em uma área de caatinga hiperxerófila.

## MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO - O presente estudo foi desenvolvido na Ecorregião do Raso da Catarina (Velloso *et al.* 2002), área prioritária para a conservação da flora e fauna de invertebrados da Caatinga, de acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2002). O clima da região é tropical semi-árido, com temperaturas médias anuais variando entre 27°C e 29 °C e médias de precipitação inferiores a 800 mm. As coletas de dados foram realizadas no período de maio de 2005 a junho de 2007 na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), pertencente à

Fundação Biodiversitas, em uma área com formações de arenito que produzem *canyons*, colonizada por uma vegetação de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea,

**MORFOLOGIA FLORAL** - Para os estudos de morfologia floral, utilizou-se 20 flores de cada espécie e registraram-se informações sobre a forma, diâmetro e profundidade da corola, cor, estruturas reprodutivas e sua disposição na flor. Foram feitos desenhos das flores em cortes longitudinais e transversais com auxílio de câmara clara acoplada a um estereomicroscópio Zeiss. Voucher dos espécimes estão depositados no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana sob os números 134859, 134860 e 134861.

**DESENVOLVIMENTO DA FLOR E DA INFLORESCÊNCIA** - Durante os períodos de pico de floração, em 20 indivíduos de cada espécie, previamente marcados, acompanhou-se a duração da de uma inflorescência por indivíduo, contou-se o número de flores estaminadas e pistiladas por inflorescência (n= 30) e o número máximo de frutos produzidos por inflorescência (n= 30). A duração da antese e a longevidade das flores foram verificadas em 20 flores de cada tipo em 10 indivíduos diferentes para cada espécie.

Utilizando-se 10 botões de cada espécie, em fase de pré-antese e coletados de indivíduos diferentes, contou-se o número de grãos de pólen por antera com o auxílio de um microscópio óptico. De cada botão foram retiradas duas anteras e a contagem foi realizada para cada uma delas separadamente. Para testar a viabilidade polínica, utilizou-se 10 flores de cada espécie, coletadas a cada 60 minutos, a partir do início da antese, e armazenadas em *ependorfs* individuais contendo solução de vermelho neutro 1%, de acordo com os procedimentos propostos por Kearns & Inouye (1993). Em laboratório, foram confeccionadas lâminas semi permanentes para realizar a quantificação do percentual de grãos corados sob microscópio óptico.

A receptividade do estigma foi detectada utilizando-se peróxido de hidrogênio, de acordo com os procedimentos descritos por Dafni *et al.* (2005). O teste foi realizado em 20 flores de 10 indivíduos diferentes, desde o início da abertura da flor até a queda de todas as pétalas nas flores pistiladas ou abscisão das flores estaminadas.

O volume do néctar foi medido em 10 flores estaminadas e 10 pistiladas, por cada espécie, utilizando-se microcapilares de 10 e 25  $\mu$ L para as espécies *J. mollissima* e *J. mutabilis* e de 5 $\mu$ L para *J. ribifolia*. Para a medida do volume total de néctar produzido, botões foram ensacados com voal para evitar a presença de visitantes. O néctar foi medido 36 horas após o início da antese nas flores pistiladas e após 14 horas nas flores estaminadas. Para avaliar o padrão diário de produção de néctar, botões foram ensacados com voal para evitar a presença de visitantes e o néctar foi medido a cada três horas. Esse procedimento não foi feito para *J. ribifolia* porque as flores eram danificadas logo na primeira amostragem. Para avaliar o *standing crop*, a quantidade de néctar disponível aos visitantes, realizou-se a medida de seis em seis horas em flores funcionais abertas aos visitantes. A concentração de solutos foi medida utilizando-se um refratômetro de bolso (Atago® 0% a 32%) e o total de açúcar (em mg) foi mesurado utilizando-se a tabela proposta por Galetto & Bernadello (2005).

SISTEMAS REPRODUTIVOS - Para testar os sistemas reprodutivos, realizaram-se os seguintes experimentos que foram acompanhados até a maturação dos frutos ou abscisão das flores: (1) autopolinização espontânea, ensacando-se 20 inflorescências contendo botões de flores pistiladas e estaminadas e deixando-os sem manipulação, (2) apomixia, 20 botões de flores pistiladas foram ensacados no dia anterior à antese e deixados sem manipulação, (3) autopolinização manual, 20 botões de flores pistiladas foram ensacados no dia anterior à antese e, após a abertura da flor, realizou-se a polinização manual com grãos de pólen de flores do mesmo indivíduo, (4) polinização manual cruzada, 20 botões de flores pistiladas foram ensacados no dia

anterior à antese e, após a abertura da flor, realizou-se a polinização manual com grãos de pólen de flores de indivíduos distantes pelo menos 200 metros da planta mãe, (5) Controle, 20 botões pistilados foram etiquetados e deixados acessíveis aos visitantes florais. Em todos os experimentos, utilizaram-se, no máximo, duas flores por indivíduo. A limitação de pólen foi mensurada a partir da comparação dos resultados obtidos nos tratamentos de autopolinização manual, polinização manual cruzada e controle.

VISITANTES FLORAIS – O levantamento prévio dos visitantes florais dessas espécies, na área de estudo, foi realizado por Pigozzo (2004). As espécies de abelhas visitantes mais comuns foram identificadas em campo, a partir dos dados daquele trabalho. A frequência de visita às flores, o comportamento, o tempo de permanência e o recurso coletado pelos visitantes florais foram acompanhados durante todas as excursões ao campo. Os beija-flores foram identificados utilizando-se as pranchas do manual de campo proposto por Souza (2004) e a classificação seguiu as recomendações do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2006).

ANALISE DOS DADOS – O Teste de análise de variância não paramétrica Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan Junior, 1988) com teste de comparação múltipla de Dunn foi utilizado para analisar o efeito dos testes de sistemas reprodutivos na formação de frutos nas espécies estudadas, utilizando-se o programa GraphPad InStat© 3.0 for Windows.



## RESULTADOS

As espécies *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia* são arbustos residentes na Caatinga, decíduos, monóicos, que possuem inflorescência tipo dicásio. As flores são pentâmeras, em forma de prato, diclamídeas, com ovário súpero trilocular com um óvulo por lóculo; produzem néctar tanto nas flores pistiladas quanto nas flores estaminadas; as anteras são amarelas com deiscência rimosa; os frutos são esquizocápicos de deiscência explosiva, de coloração verde quando imaturos e marrom-acinzentados quando maduros (Figura 1).

MORFOLOGIA DAS INFLORESCÊNCIAS E DAS FLORES - *Jatropha mollissima* possui inflorescência com 10 a 19 cm de comprimento, 2-4 flores pistiladas e 27-56 flores estaminadas. As flores estaminadas possuem, em média,  $23,8 \pm 2,3$  mm de diâmetro, sépalas verdes com vestígios avermelhados, pétalas vermelho-róseas, estames bisseriados sendo cinco externos e três internos, cinco glândulas nectaríferas livres localizadas na base dos filetes. Já as flores pistiladas possuem, em média,  $25,7 \pm 1,7$  mm de diâmetro, sépalas verdes com vestígios avermelhados, as pétalas são vermelho-amareladas; os estigmas são reniformes e profundamente lobados e o disco nectarífero é inteiro e localizado na base do ovário (Figura 2). Já os frutos apresentam, em média,  $23,9 \pm 1,3$  mm de diâmetro,  $22,4 \pm 1,6$  mm de altura e  $4,3 \pm 0,4$  g de massa. As sementes possuem, em média,  $15,6 \pm 1,0$  mm de comprimento,  $9,2 \pm 0,5$  mm de largura e massa de  $442,5 \pm 41$  mg.

*Jatropha mutabilis* possui inflorescência com 4,0 a 5,0 cm de comprimento, 1-2 flores pistiladas e 22-52 flores estaminadas. As flores estaminadas possuem, em média,  $22,0 \pm 3,3$  mm de diâmetro sépalas verdes com vestígios avermelhados, pétalas vermelhas, estames unisseriados, disco nectarífero inteiro e localizado na base dos filetes. Já as flores pistiladas possuem, em média,  $21,6 \pm 2,6$  mm de diâmetro, sépalas verdes com vestígios avermelhados e pétalas

vermelhas, os estigmas são reniformes e lobados e o disco nectarífero é inteiro e localizado na base do ovário (Figura 3). Os frutos possuem, em média,  $25,8 \pm 1,8$  mm de diâmetro,  $19,7 \pm 0,9$  mm de altura e  $4,0 \pm 0,49$  g de massa. As sementes apresentam, em média,  $15,3 \pm 0,6$  mm de comprimento,  $11,4 \pm 0,4$  mm de largura e massa de  $606,0 \pm 87,4$  mg.

*Jatropha ribifolia* possui inflorescência com 5,5 a 7,5 cm de comprimento, 2-3 flores pistiladas e 12-26 flores estaminadas. As flores estaminadas possuem, em média,  $6,4 \pm 0,6$  mm de diâmetro e  $4,3 \pm 0,7$  mm de profundidade, sépalas verdes com vestígios arroxeados e pétalas alva-amareladas, os estames são bisseriados, sendo cinco inferiores e três superiores, cinco glândulas nectaríferas livres localizadas na base dos filetes. Já as flores pistiladas possuem, em média,  $7,8 \pm 1,1$  mm de diâmetro e  $5,4 \pm 0,7$  mm de profundidade, sépalas verdes com vestígios arroxeados e pétalas alva-amareladas, os estigmas são profundamente lobados, possuem cinco glândulas nectaríferas livres localizadas na base do ovário (Figura 4). Os frutos apresentam, em média,  $9,2 \pm 0,4$  mm de diâmetro,  $9,6 \pm 0,5$  mm de altura e  $0,211 \pm 0,01$  g de massa. As sementes apresentam, em média,  $7,8 \pm 0,5$  mm de comprimento,  $4,5 \pm 0,1$  mm de largura e massa de  $62,7 \pm 4,0$ .

DESENVOLVIMENTO DA INFLORESCÊNCIA E DA FLOR - As inflorescências de *J. mollissima* e *J. mutabilis* têm longevidade máxima de 32 e 25 dias, respectivamente. Em cada inflorescência, as primeiras flores a abrir são pistiladas e somente após a senescência destas, inicia-se a abertura das flores estaminadas. Após a abscisão das primeiras flores estaminadas, novas flores pistiladas podem abrir seguindo a mesma seqüência descrita, de modo que não há sobreposição entre os dois tipos de flores na mesma inflorescência. Em novembro de 2006, observou-se em 12 indivíduos de *J. mutabilis* inflorescências contendo apenas flores estaminadas. As inflorescências de *J. ribifolia* têm longevidade máxima de 18 dias. Abre-se, inicialmente, a flor pistilada mais central e, cerca de 24 a 48 horas depois, inicia-se a abertura das flores estaminadas,

caracterizando-as como dióicas funcionais. Com o amadurecimento da inflorescência, as demais flores pistiladas abrem-se concomitante com as flores estaminadas, ocorrendo sobreposição dos dois tipos de flores na mesma inflorescência.

*Jatropha mollissima* e *J. mutabilis* possuem antese crepuscular e noturna e *J. ribifolia*, diurna. Em *J. mollissima* a movimentação das pétalas inicia-se às 17:30 h e às 20:00h as flores estaminadas estão completamente abertas; já as pistiladas concluem a abertura às 21:30h. Em *J. mutabilis*, a partir das 16:30 h inicia-se a movimentação das pétalas e às 19:00h estão completamente abertas. O processo de movimentação das pétalas das flores de *J. ribifolia* é mais lento e pode se iniciar às 18:00 h do dia anterior à abertura da flor. O início de abertura, nos dois tipos florais e a exposição dos órgãos reprodutivos ocorrem a partir das 4:30 h; a flor pistilada está completamente aberta às 7:00 h e a estaminada às 8:30 h. Em todas as espécies, os estigmas ficam receptivos a partir do momento em que os órgãos reprodutivos ficam visíveis a partir do orifício de abertura da flor e permanecem assim até a senescência.

Em *J. mollissima* e *J. mutabilis*, as flores pistiladas têm duração de até 48 h, permanecendo abertas durante todo o período. Entretanto, quando polinizadas, perdem as pétalas cerca de duas horas depois de receberem os grãos de pólen e, quando não ocorre polinização até 36 – 48 h, o estigma e o ovário ficam com coloração amarronzada e murcham. As flores estaminadas têm longevidade máxima de 15 h, quando ocorre a abscisão. Já em *J. ribifolia*, as flores dos dois tipos têm duração de até 48 h, permanecendo abertas durante todo o período. Iniciada a senescência, ficam amarelas pálidas e caem. É comum a persistência das pétalas até a fase de amadurecimento dos frutos.

Nas três espécies, a deiscência das anteras ocorre no momento em que os órgãos reprodutivos ficam expostos a partir do orifício de abertura da flor e 100% dos grãos de pólen permanecem viáveis desde esse estágio até a abscisão da flor. No mês de novembro de 2006, observou-se flores estaminadas de *J. mutabilis* apresentando apenas rudimentos de estame e sem

glândulas nectaríferas. Nesse mesmo período, flores estaminadas normais permaneceram funcionais por até 36 horas.

Cada flor estaminada de *J. mollissima* produz, em média,  $3516 \pm 268$  grãos de pólen, as de *J. mutabilis*,  $2836 \pm 188$  e as de *J. ribifolia*,  $1684 \pm 181$ . Sendo assim, a razão pólen/óvulo foi, respectivamente, 1172;945,3 e 561,3.

VOLUME, CONCENTRAÇÃO E TOTAL DE AÇÚCAR DO NÉCTAR - Em todas as espécies, o néctar começa a ser secretado cerca de meia hora após a abertura total da flor e a secreção permanece até a morte funcional da flor em *J. ribifolia* e até às 10:00 h. em *J. mollissima* e *J. mutabilis*. As flores pistiladas dessas duas espécies, que tem duração superior a 24 horas, param a secreção de néctar às 10:00 h e retornam às 19:00 h, completando assim, dois períodos de secreção durante o ciclo vital. Em *J. ribifolia*, as flores pistiladas produziram, em média,  $1,05 \pm 0,55 \mu\text{L}$  e as estaminadas  $0,5 \pm 0,46 \mu\text{L}$ , em *J. mollissima*  $107,0 \pm 36,8 \mu\text{L}$  e  $16,22 \pm 14,9 \mu\text{L}$ , em *J. mutabilis*  $133,17 \pm 16,8 \mu\text{L}$  e  $73,0 \pm 60,1 \mu\text{L}$ , respectivamente. Nas três espécies foram observadas flores estaminadas que não produziam néctar. O volume de néctar secretado variou ao longo do dia e para *J. mollissima* e *J. mutabilis* o período de maior secreção ocorreu entre 01:30 h e 04:00 h (Figura 5). A figura 6 mostra que em *J. mollissima* e *J. mutabilis* houve disponibilidade de néctar aos visitantes à noite, mas ao amanhecer, já não havia mais néctar. Já em *J. ribifolia*, houve néctar durante todo o período. A concentração média de néctar nas flores pistiladas de *J. mollissima*, foi de  $24,85 \pm 1,07 \%$  e nas estaminadas  $23,08 \pm 1,12\%$ ; em *J. mutabilis*  $23,88 \pm 2,0\%$  e  $21,81 \pm 2,48\%$  e em *J. ribifolia*  $24,9 \pm 1,66\%$  e  $23,5 \pm 1,58\%$ , respectivamente. O total de açúcar médio, por flor, de *J. mollissima* foi de 29,22 mg nas flores pistiladas e 4,03 mg nas estaminadas; em *J. mutabilis* 35,07 mg e 17,51 mg e em *J. ribifolia*, 0,29 mg e 0,13 mg, respectivamente.

SISTEMAS REPRODUTIVOS – A tabela 1 mostra os resultados dos experimentos dos sistemas reprodutivos das três espécies. Apenas *J. mollissima* produziu frutos por apomixia e *J. ribifolia*, por autopolinização espontânea. Entretanto, observou-se em campo as fases iniciais do desenvolvimento de frutos apomíticos tanto em *J. mollissima*, quanto em *J. mutabilis*, mas estes foram abortados antes da maturação. O teste de Kruskal-Wallis revelou que há diferença significativa entre os tratamentos para *J. mollissima* (KW = 59,796), *J. mutabilis* (KW = 59,058) e *J. ribifolia* (KW = 63,660). Para as três espécies, não houve diferença significativa entre autopolinização manual e polinização manual cruzada. Como também não houve diferença significativa entre os tratamentos de polinização manual cruzada e o controle (Tabelas 2, 3 e 4), não há evidência de limitação nos serviços de polinização na área de estudo. Os frutos obtidos em todos os tratamentos possuíam três sementes e, em *J. mollissima* e *J. mutabilis* completaram a maturação entre 38 e 45 dias e em *J. ribifolia*, entre 26 e 32 dias.

VISITANTES FLORAIS – A tabela 5 mostra que *A. mellifera*, *Trigona spinipes* e *Xylocopa grisescens* visitaram as flores das três espécies. *Apis mellifera* foi a espécie de abelha mais freqüente seguida de *Trigona spinipes*. *Chlorostilbon lucidus* foi o beija-flor mais abundante e visitou preferencialmente as flores de *J. mutabilis*. As abelhas *Eulaema nigrita*, *Xylocopa frontalis* e *Pseudoaugochlora pandora* e o beija-flor *Anopedia gounellei* realizaram apenas visitas esporádicas. De modo geral, as visitas ocorreram no período das 06:00 às 10:00 h, tanto nas flores estaminadas quanto nas flores pistiladas, e poucos foram os visitantes observados após o meio dia. Néctar foi o recurso mais coletado por todos os visitantes, exceto *T. spinipes* que coletou, preferencialmente, pólen, tecido vegetal e seiva dos ramos. As visitas às flores de *J. ribifolia* foram raras durante todo o período amostrado.

Dentre as abelhas, apenas *A. mellifera* e *T. spinipes* visitaram várias flores (pistiladas e estaminadas) de um mesmo indivíduo de *J. mollissima* e *J. mutabilis* e permaneceram por mais

tempo em cada flor. Ao visitarem as flores pistiladas, permaneciam pousadas nas pétalas coletando néctar e, após alguns segundos, caminhavam ao redor do ovário contatando o estigma (ver detalhamento no Capítulo 4 desta tese). Nas flores masculinas, *Trigona spinipes* coletou apenas pólen fixando-se na antera para a retirada do mesmo com o auxílio das mandíbulas. Já *Apis mellifera*, quando coletava néctar introduzia o corpo no interior da flor por entre os estames e quando coletava pólen pousavam diretamente sobre o ápice das anteras. *Apis mellifera* foi mais freqüente e abundante nas flores de *J. mutabilis*.

As demais espécies visitaram apenas uma flor em cada indivíduo. *Eulaema nigrita*, *Xylocopa grisescens* e *Xylocopa frontalis* realizaram visitas rápidas e utilizaram as peças florais como local de pouso, contatando assim os órgãos reprodutivos. *Pseudoaugochlora pandora* visitou apenas as flores estaminadas onde ficavam em constante movimento e saíam com o corpo carregado de pólen.

*Chlorostilbon lucidus* e *Anopedia gounellei* são beija-flores pequenos e realizaram as visitas adejando a flor e introduzindo o bico diretamente na região das glândulas nectaríferas, contatando as estruturas florais em ambos os tipos de flores e, raramente, visitaram mais de duas flores por indivíduo. Observou-se que ambas as espécies percorreram distâncias maiores ao saírem de uma planta para outra. O mesmo comportamento foi observado para as duas espécies de *Xylocopa*.

Foram observadas três investidas de morcego para coleta de néctar em flores pistiladas de *J. mollissima*, mas não foi possível identificá-los em nível de espécie.

## DISCUSSÃO

As três espécies apresentam flores com características que poderiam se encaixar em diferentes síndromes florais (*sensu* Faegri & Pijl, 1979; Proctor *et al.*, 1996), caracterizando-as

como pertencentes à síndrome de polinização intermediária, como proposto por Ferreira (2008) para espécies vegetais que apresentam características florais associadas a diferentes grupos de polinizadores. Esses sistemas intermediários parecem representar momentos de transição na história evolutiva das plantas, onde as mudanças das características florais associadas a um ou outro polinizador especializado podem ser designadas via um estágio intermediário, durante o qual, ambos os vetores são capazes de polinizar as flores (Muchala, 2003).

Para essas espécies, tanto o volume quanto a concentração do néctar são compatíveis com os padrões encontrados para espécies melitófilas e ornitófilas (*sensu* Proctor *et al.*, 1996), já a cor vermelha das pétalas de *J. mollissima* e *J. mutabilis* é característica de planta ornitófila e a cor esverdeada das flores de *J. ribifolia*, de flores miófilas. Comportamento generalista na atração de visitantes também foi observado para *J. mollissima* e *J. mutabilis* (Santos *et al.*, 2005) e *J. curcas* (Raju & Ezradanam, 2002; Bhattacharya *et al.*, 2005).

O maior número de flores estaminadas em relação às pistiladas é uma estratégia que pode ser vantajosa para as plantas porque aumenta a disponibilidade de pólen na população e, conseqüentemente, a chance de polinização cruzada. Essa característica é comum em espécies monóicas e dióicas e foi observado em outros estudos com espécies de *Jatropha* (p.ex. Raju & Ezradanam, 2002; Añez *et al.*, 2005; Bhattacharya *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2005). Além disso, essas flores recebem maior quantidade de visitas favorecendo a doação de maior quantidade de grãos de pólen (Stanton *et al.*, 1986), compensando assim a menor longevidade das mesmas (Silva *et al.*, 2006).

Em *J. mollissima* e *J. mutabilis* o desenvolvimento das flores pistiladas antes das estaminadas em uma mesma inflorescência, fenômeno chamado de protoginia interfloral (Lloyd & Webb, 1986), aumenta as chances de alogamia, ou seja, a polinização cruzada entre indivíduos diferentes. Entretanto, como ocorre a sincronia na antese de flores pistiladas e estaminadas, em inflorescências diferentes do mesmo indivíduo, pode ocorrer a geitonogamia (Silva *et al.*, 2006)

quando os polinizadores visitam flores de inflorescências diferentes de um mesmo indivíduo, a exemplo de *A. mellifera*.

Em *J. ribifolia*, apesar de existir a protoginia interfloral, as flores pistiladas de uma mesma inflorescência abrem e permanecem viáveis em sobreposição temporal com as flores estaminadas, favorecendo a autopolinização. Uma característica que também parece favorecer a polinização dessa espécie, que atrai poucos visitantes, é a maior longevidade das flores pistiladas, conforme sugere Pri mack (1985).

*Jatropha mollissima* e *J. mutabilis* apresentaram variação nos eventos de desenvolvimento da inflorescência e da flor em relação aos observados por Santos *et al.* (2005). Dentre eles, destaca-se o horário de início da antese que, em Canudos, foi crepuscular com as flores estaminadas e pistiladas permanecendo abertas durante a noite, enquanto em Pernambuco, a antese foi diurna iniciando-se às 4:00 h. Esse resultado sugere que os eventos de desenvolvimento floral em *Jatropha* são fortemente influenciados por variações espaciais e ambientais.

Em plantas com flores unissexuais uma modificação de sexo do indivíduo pode acontecer rapidamente através de estímulo ambiental, do tamanho ou idade do indivíduo (Richards, 1997). Um exemplo disso é a dioicia funcional, alternância de função pistilada e estaminada em um mesmo indivíduo, tornando-o temporariamente unissexual. Esse fenômeno, que ocorre em pelo menos 37 famílias de angiospermas, está fortemente associado ao monoicismo, à protoginia e à autocompatibilidade e tem como principal vantagem evolutiva minimizar a geitonogamia e facilitar a xenogamia (Cruden, 1988a).

No presente estudo, a dioicia funcional foi observada nas plantas de *J. mutabilis*, cujas inflorescências apresentavam, exclusivamente, flores estaminadas, tornando os indivíduos funcionalmente masculinos. Não foram encontrados registros para outras espécies de *Jatropha*, mas Raju & Ezradanam (2002) descreveram para *J. curcas* a ocorrência de indivíduos com



algumas inflorescências contendo flores estaminadas na posição de flores pistiladas, evidenciando a possibilidade de sua ocorrência. Silva *et al.* (2006) também registraram a ocorrência de inflorescências com flores unicamente estaminadas para *Cnidoscylus juercifolius* Pax & K. Hoffm. Santos *et al.* (2005) registraram a ocorrência de flores em estágio intermediário de sexualidade, com vestígio do sexo oposto em *J. mollissima* e *J. mutabilis*, mas não mencionam fenômenos de dioiccia funcional.

O período da antese onde teve início a produção de néctar, no presente estudo, foi semelhante àquele observado por Santos *et al.* (2005). Entretanto, aqueles autores relataram que não houve produção de néctar à noite, nem mesmo nas flores pistiladas que duram mais de dois dias. Enquanto no presente estudo, a maior produção ocorreu durante a madrugada. A diminuição do volume em *J. mollissima* e *J. mutabilis* ao longo do dia deve estar relacionado ao aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa, conforme sugerem Faegri & Pijl (1979).

A maior quantidade de açúcar disponibilizado no néctar produzido pelas flores pistiladas deve ampliar a sua atratividade aos visitantes e com isso aumentar as chances de polinização, já que são menos abundantes em todos os indivíduos. Já as flores estaminadas, por serem mais abundantes, disponibilizam menor quantidade de açúcar, o que, de acordo com Bhattacharya *et al.* (2005), representa um ganho evolutivo estabelecido graças às forças seletivas operando no sistema planta-polinizador.

No presente estudo, a maior frequência e abundância de *A. mellifera* nas flores de *J. mutabilis* pode ser resultante da maior quantidade de açúcar disponibilizada, tanto nas flores pistiladas, quanto nas estaminadas.

*Jatropha mollissima* e *J. mutabilis* são autocompatíveis, mas, por não serem autopolinizadas, a xenogamia pode constituir-se, nessas espécies, como importante modo de reprodução. Contudo, essas informações devem ser analisadas com cautela já que *A. mellifera*,

visitante mais freqüente, coleta em várias flores de um mesmo indivíduo e, quando muda de planta, tende a ir para o indivíduo mais próximo, comportamento que favorece a geitonogamia.

Plantas apomíticas tendem a ter distribuição ampla (Goldenberg, 2000) e trabalhos atuais têm demonstrado a freqüência de apomixia em diversas famílias vegetais como, por exemplo, em Gramineae, Asteraceae, Rosaceae (Dall'Agnol & Schifino-Wittmann, 2005) e em Melastomataceae (Melo *et al.*, 1999; Goldenberg, 2000; Goldenberg & Varassin, 2001). Entretanto, para Euphorbiaceae, existem poucos registros na literatura. No presente estudo, *J. mollissima* comportou-se como apomítica facultativa e, segundo Dall'Agnol & Schifino-Wittmann (2005), a expressão dessa condição pode ser estimulada por variações ambientais.

A alta taxa de aborto de frutos gerados por apomixia registrada no presente estudo parece ser comum para o gênero *Jatropha*. Bhattacharya *et al.* (2005) registraram altas taxas de aborto de frutos nos experimentos de apomixia, permanecendo apenas 32% de frutos viáveis. Santos *et al.* (2005) não observaram apomixia para *J. mollissima* e *J. mutabilis*. Sendo assim, a formação de frutos agamospérmicos pode ser uma estratégia dessas espécies para manter suas populações em períodos ou locais com escassez de polinizadores ou com grandes variações climáticas.

Sabe-se que espécies monóicas autocompatíveis estão propensas a altas taxas de autofecundação, que podem resultar em depressão por endocruzamento (Cruden, 1988b). E esse comportamento foi observado em *J. ribifolia* que, durante o período amostrado, recebeu raras visitas às flores e apresentou altas taxas de autopolinização, sugerindo ser esse o principal meio de reprodução desse táxon no período amostrado.

A alta freqüência e abundância de espécies eussociais dos gêneros *Apis* e *Trigona* nas flores foram observadas em diversos estudos sobre o sistema flor-visitante em vários biomas brasileiros (p.ex. Wilms *et al.*, 1996 ; Neves & Viana, 2002 ; Klein *et al.*, 2003 ; Minussi & Alves-dos-Santos, 2007). Em Canudos, esse resultado pode ter sido ainda mais acentuado pela habilidade dessas abelhas em nidificarem nas frestas dos paredões de arenito dos canyons e, no

caso de *A. mellifera*, pela dificuldade dos melheiros em predação suas colônias devido à dificuldade de acesso. Em estudo realizado na área por C. M. Pigozzo e B. F. Viana (com. pess.) sobre as redes de interações estabelecidas entre as espécies de abelhas e plantas, 11,5% e 10,1% das interações aconteceram entre a flora local e as abelhas *A. mellifera* e *T. spinipes*, respectivamente. Esse resultado evidencia a importância relativa dessas abelhas no sistema planta-polinizador dessa região.

O baixo número de indivíduos de abelhas nativas e de beija-flores observado em *J. mollissima* e *J. mutabilis* pode ter sido resultante do monopólio de *A. mellifera* nas flores, impedindo a aproximação dos demais visitantes, já que essas abelhas iniciam a coleta a partir das 04:30 h, com grande número de indivíduos por planta. Às 06:00h, quando normalmente se inicia a atividade dos demais visitantes, elas já coletaram a quase totalidade dos grãos de pólen e do néctar disponíveis. A exaustão de recursos florais por *A. mellifera*, deslocando visitantes nativos, também foi observada por Paton (1993) e Celebrezzi & Paton (2004) na Austrália.

Nenhum registro na literatura foi encontrado sobre a tomada de néctar por morcegos em flores de *Jatropha*. O fato desses mamíferos terem sido vistos apenas em flores pistiladas deve estar relacionado à forma de abertura da flor, que expõe completamente o néctar acumulado, e à grande quantidade produzido que, muitas vezes, escorre entre as pétalas. A tomada em flores estaminadas não deve ser possível devido ao menor diâmetro da flor e ao preenchimento interno proporcionado pelos estames. Sendo assim, por não visitarem os dois tipos de flores, pode-se inferir que os morcegos nectarívoros não devem atuar como polinizadores de *J. mollissima*.

As observações sobre o comportamento dos visitantes sugerem que em Canudos as abelhas *Apis mellifera*, *X. frontalis* e *X. grisescens* e os beija-flores *C. lucidus* e *A. gounellei* seriam os polinizadores efetivos de *J. mollissima* e *J. mutabilis*. Santos *et al.* (2005) sugerem que essas espécies podem ser polinizadas, também, por vespas e borboletas, mas indivíduos desses grupos não foram amostrados.

A pequena abundância de *A. mellifera* visitando as flores de *J. ribifolia* pode estar relacionada à menor quantidade de indivíduos, e conseqüentemente de flores, disponíveis dessa espécie vegetal em relação às outras duas espécies de *Jatropha*. Como *A. mellifera* forrageia, preferencialmente, em plantas que disponibilizam grande quantidade de flores (Wilms *et al.*, 1996), tende a optar por outras fontes de recursos mais produtivas. Outras espécies de abelhas eussociais também parecem visitar as flores de *J. ribifolia* na área, apesar de não terem sido amostradas nas flores. Em estudo sobre o potencial apícola de três espécies de *Mimosa* L., realizado na mesma área do presente trabalho, Lima (2007) registrou a presença de pólen de *J. ribifolia* armazenado em colônias artificiais de *Plebeia* sp., indicando que táxons desse gênero forrageiam em flores dessa espécie.

Os dados obtidos no presente estudo permitem inferir que (1) o monoicismo favorece a xenogamia nas espécies estudadas, mas o sucesso desse sistema de polinização depende do desenvolvimento assincrônico das inflorescências e do comportamento dos polinizadores; (2) as espécies *J. mollissima* e *J. mutabilis* residentes são dependentes de vetores de pólen para a produção de frutos, enquanto *J. ribifolia* pode produzir frutos através da autopolinização; (3) *Apis mellifera*, *Xylocopa frontalis*, *X. grisescens*, *Eulaema nigrita*, *C. lucidus* e *A. gounellei* são potenciais polinizadores de *J. mollissima* e *J. mutabilis*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Biodiversitas pela autorização concedida para o desenvolvimento dos trabalhos de campo na Estação Biológica de Canudos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB (Termo de Outorga TO 261/03 Etapa II) pelo apoio financeiro às atividades de campo, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa a

Blandina F. Viana, a Natanael Nascimento dos Santos pelos desenhos e aos membros do LABEA/IBUFBA pelo auxílio nas coletas de campo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÑEZ, L.M.M., M.F.B. COELHO, M.C.F. ALBUQUERQUE, & J.L.D. DOMBROSKI. 2005. Caracterização morfológica dos frutos, sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 28(3): 563-568.
- BATTACHARYA, A., K. DATTA & S.K. DATTA. 2005. Floral biology, floral resource constraints and pollination limitation in *Jatropha curcas* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8(3): 456-460.
- BULLOCK, S.H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 17(4): 287-301.
- CELEBREZZE, T. & D.C. PATON. 2004. Do introduced honeybees (*Apis mellifera*, Hymenoptera) provide full pollination service to bird-adapted Australian plants with small flowers? An experimental study of *Brachyloma ericoides* (Epacridaceae). *Austral Ecology* 29(2): 129-136.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. 2006. *Listas das aves do Brasil*. Versão 2006. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/cbro>> Acesso em: 29 de abril 2007.
- CRUDEN, R.W. 1988a. Temporal dioecism: systematic breadth, associated traits, and temporal patterns. *Botanical Gazette* 149(1): 1-15.
- CRUDEN, R.W. 1988b. Pollen-ovule ratios: a consecutive indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 43(1): 32-46.

- DAFNI, A., P.G. KEVAN, B.C. HUSBAND (eds.). 2005. *Practical Pollination Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press. 590p.
- DALL'AGNOL, M. & M.T. SCHIFINO-WITTMANN. 2005. Apomixia, Genética e melhoramento de plantas. *Revista Brasileira de Agrociências* 11(2): 127-133.
- DEHGAN, B. & G.L. WEBSTER. 1979. *Morphology and infrageneric relationships of the genus Jatropha (Euphorbiaceae)*. Berkeley: University of California Press. 73p.
- ENDRESS, P. 1994. *Diversity and Evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University Press. 511p.
- EPILA-OTARA, J.S.S. 1993. Foraging behavior of honey bees (Hymenoptera: Apidae) on *Jatropha integerrima* (Euphorbiaceae) in Upolu, Western Samoa. *Micronesica* 26(1): 83-94.
- FAEGRI, K. & L. PIJL van der. 1979. *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press. 243p
- FERREIRA, P.A. 2008. *Síndromes intermediárias de polinização e suas implicações ecológicas: o caso de Paliavana tenuiflora Mansf. (Gesneriaceae: Sinnigeeae) em Mucugê - Chapada Diamantina - Bahia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 102p.
- FRANKIE, G.W., W.A. HARBER, P.A. OPLER & K.S. BAWA. 1983. Characteristics and organization of the large bee pollination systems in the Costa Rican dry forest. Pp 411-447 in C.E. JONES & R.J. LITTLE (eds.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- GALETTO, L. & G. BERNADELLO. 2005. Nectar. Pp. 261-313 in DAFNI, A., P.G. KEVAN, B.C. HUSBAND (eds.). *Practical Pollination Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GIULIETTI, A.M., A. CONCEIÇÃO & L.P. QUEIROZ. 2006. *Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro*. V. 1. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 488p.

- GOLDENBERG, R. 2000. Apomixia como alternativa à reprodução sexuada em Melastomataceae. Pp 225-230 in T. B. CAVALCANTI & B.M.T. WALTER (Eds.). *Tópicos Atuais em Botânica*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos.
- GOLDENBERG, R. & I. G. VARASSIN. 2001. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 24(3): 283-288.
- KEARNS, C.A. & D.W. INOUE. 1993. *Techniques for pollination biologists*. Colorado: University Press of Colorado. 583p.
- KEARNS, C.A.; D.W. INOUE & N.M. WASER. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83-112.
- KLEIN, A.M., I. STEFFAN-DEWENTER & T. TSCHARNTAKE. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology* 40(5): 837-845.
- LIMA, L.C.L. 2007. *Espécies de Mimosa L. (Leguminosae) do semi-árido nordestino: palinologia, fenologia, biologia floral e potencial apícola*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas. Feira de Santana. 96p.
- LLOYD, D. G. & C.J. WEBB. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperm. I. Dichogamy. *New Zealand Journal of Botany* 24: 135-162.
- MELO, G.F., I.C. MACHADO & M. LUCEÑO. 1999. Reprodución de tres espécies de *Clidemia* (Melastomataceae) em Brasil. *Revista de Biologia Tropical* 47(3): 359-363.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga*. Brasília: MMA/SBF. 36p.

- MINUSSI, L.C. & I. ALVES-DOS-SANTOS. 2007. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera: Apidae). *Bioscience Journal* 23(1): 58-62.
- MUCHALA, N. 2003. Exploiting the boundary between pollination syndromes: bats and hummingbirds as pollinators of *Burmeistera cyclostigmata* and *B. tenuiflora* (Campanulaceae). *Oecologia* 134(3): 373-380.
- NEVES, E. L. & B.F. VIANA. 2002. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46(4): 571-578.
- ORMOND, W.T., M.C.B. PINHEIRO & A.R.C. CASTELLS. 1984. Contribuição ao estudo da reprodução e biologia floral de *Jatropha gossypifolia* L. (Euphorbiaceae). *Revista Brasileira de Biologia* 44(2): 159-167.
- PATON, D.C. 1993. Honeybees *Apis mellifera* in the Australian environment. Does *Apis mellifera* disrupt or benefit native biota? *Bioscience* 43(2): 95-103.
- PIGOZZO, C.M. 2004. *Organização das comunidades locais de Apoidea em uma área de Caatinga, Canudos – Ba*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 86p.
- PRIMACK, R.B. 1985. Longevity of individual flowers. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 16(1):15-37.
- PROCTOR, M., P. YEO & A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. London: Harper Collins. 479p.
- RAJU, A.J.S. & V. EZRADANAM. 2002. Pollination ecology and fruiting behavior in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Current Science* 83(11): 1395-1398.
- REDDI, E.U.B & C.S. REDDI. 1983. Pollination Ecology of *Jatropha gossypifolia* (Euphorbiaceae). *Proceedings of the Indian Academy of Sciences – Plant Sciences* 92: 215-231.



- RICHARDS, A.J. 1997. *Plant Breeding Systems*. London: Chapman & Hall. 529p.
- ROUBIK D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Roma: FAO. Bulletin 118 Food and Agriculture Organization. 208p.
- SANTOS, M.J., I.C. MACHADO & A.V. LOPES. 2005. Biologia reprodutiva de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) em Caatinga, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28(2): 361-373.
- SEGEL, S. & N. CASTELLAN JÚNIOR. 1988. *Nonparametric statistics for the behavior sciences*. New York, McGraw-Hill. 395p.
- SILVA, L.M.M., I.B. AGUIAR, R.A. VIÉGAS & I.F.C. MENDONÇA. 2006. Biologia reprodutiva de *Cnidoscopus juercifolius* Pax & K. Hoffm (Euphorbiaceae). *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6(2): 25-34.
- SOUZA, D. 2004. *Todas as aves do Brasil*. Feira de Santana: Dall. 350p.
- STANTON, M.L., A.A. SNOW & S.N. HANDEL. 1986. Floral evolution: attractiveness to pollinators increases male fitness. *Science* 232(4758): 1625-1627.
- VELLOSO, A.L., E.V.S.B. SAMPAIO & F.G.C. PAREYN (EDS.). 2002. *Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste.
- WILMS, W., V.L. IMPERATRIZ-FONSECA & W. ENGELS. 1996. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of introduced Africanized honey bees on native Stingless bees in Brazilian Atlantic Rainforest. *Studies on Neotropical Fauna & Environment* 31(3 e 4): 137-151.

Tabela 1. Resultados dos testes para verificação dos sistemas reprodutivos de *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia* em Canudos, Bahia, Brasil.

Tratamento	<i>J. mollissima</i>		<i>J. mutabilis</i>		<i>J. ribifolia</i>	
	Flores/frutos	Sucesso (%)	Flores/frutos	Sucesso (%)	Flores/frutos	Sucesso (%)
Autopolinização espontânea	20/0	0	20/0	0	20/15	75
Apomixia	20/01	5	20/0	0	20/0	0
Geitonogamia	20/16	80	20/15	75	20/18	90
Xenogamia	20/17	85	20/17	85	20/18	90
Controle	20/16	80	20/15	75	20/20	100

Tabela 2. Resultados do teste de comparação múltipla de Dum para os experimentos de sistemas reprodutivos em *J. mollissima* em Canudos, Bahia

Tratamentos	Autopolinização	Apomixia	Geitonogamia	Xenogamia	Controle
Autopolinização	0,0	-2,5	-40,0*	-42,5*	-40, 0*
Apomixia			-37,5*	-40,0*	-37,5*
Geitonogamia				-2,5	0,0
Xenogamia					2,5

\*p < 0,05 = Valores significativos

Tabela 3. Resultados do teste de comparação múltipla de Dunn para os experimentos de sistemas reprodutivos em *J. mutabilis* em Canudos, Bahia.

Tratamentos	Autopolinização	Apomixia	Geitonogamia	Xenogamia	Controle
Autopolinização	0,0	0,0	-37,50*	-42,50*	-37,50*
Apomixia			-37,5*	-42,5*	-37,5*
Geitonogamia				-5,0	0,0
Xenogamia					5,0

\*  $p < 0,05$  = Valores significativos

Tabela 4. Resultados do teste de comparação múltipla de Dunn para os experimentos de sistemas reprodutivos em *J. ribifolia* em Canudos, Bahia

Tratamentos	Autopolinização	Apomixia	Geitonogamia	Xenogamia	Controle
Autopolinização	0,0	37,50*	-7,50	-7,50	-12,50
Apomixia			-45,0*	-45,0*	-50,0*
Geitonogamia				0,0	-5,0
Xenogamia					-5,0

\*  $p < 0,05$  = Valores significativos

Tabela 5. Visitantes florais, número de observações (n), duração da visita em segundos (dv) e recurso coletado (rc) nos táxons *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia*, no período de março de 2004 a junho de 2007, em Canudos, Bahia, Brasil.

Visitantes florais	<i>J. mollissima</i>			<i>J. mutabilis</i>			<i>J. ribifolia</i>		
	n	dv	rc	n	dv	rc	n	dv	rc
<b>ABELHAS (HYMENOPTERA, APIDAE)</b>									
<i>Apis mellifera</i> (Linnæus, 1758)	100	3-15	nc,p	100	5-16	nc,p	10	4-9	nc
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	2	2-6	nc	5	2-6	nc			
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	50	5-80	nc,p	50	5-80	nc,p	20	5 - 80	p
<i>Xylocopa frontalis</i> (Oliver, 1789)				9	2-3	nc,p			
<i>Xylocopa grisescens</i> Lepeletier, 1841	10	2 – 3	nc,p	20	2 – 5	nc,p	1	2 – 4	nc
<i>Pseudoaugocloro pandora</i> (Smith, 1853)	1			1	4 - 9	nc,p			
<b>BEIJA-FLORES (AVES, TROCHILIDAE)</b>									
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1818)	3	1-3	nc	30	1-3	nc			
<i>Anopetia gounellei</i> (Boucard, 1891)				4	2-3	nc			
<b>MORCEGO (CHIROPTERA)</b>									
Indeterminado	1	1 – 3	nc						

p = pólen, nc = néctar.

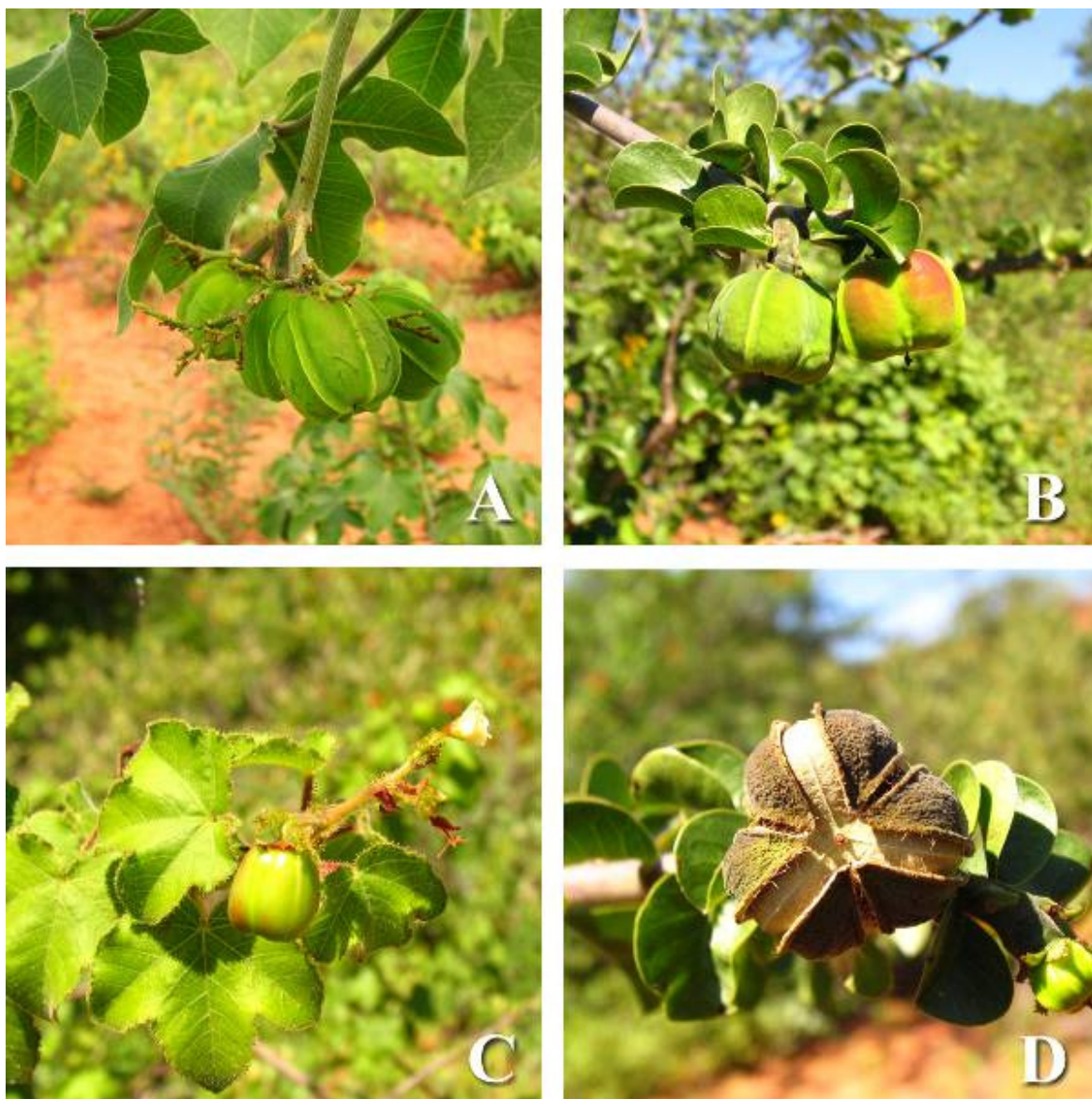


Figura 1. Frutos imaturos de *J. mollissima* (A), *J. mutabilis* (B) e *J. ribifolia* (C) e fruto maduro de *J. mutabilis*. Fotos obtidas de frutos produzidos por indivíduos de populações investigadas no presente estudo.

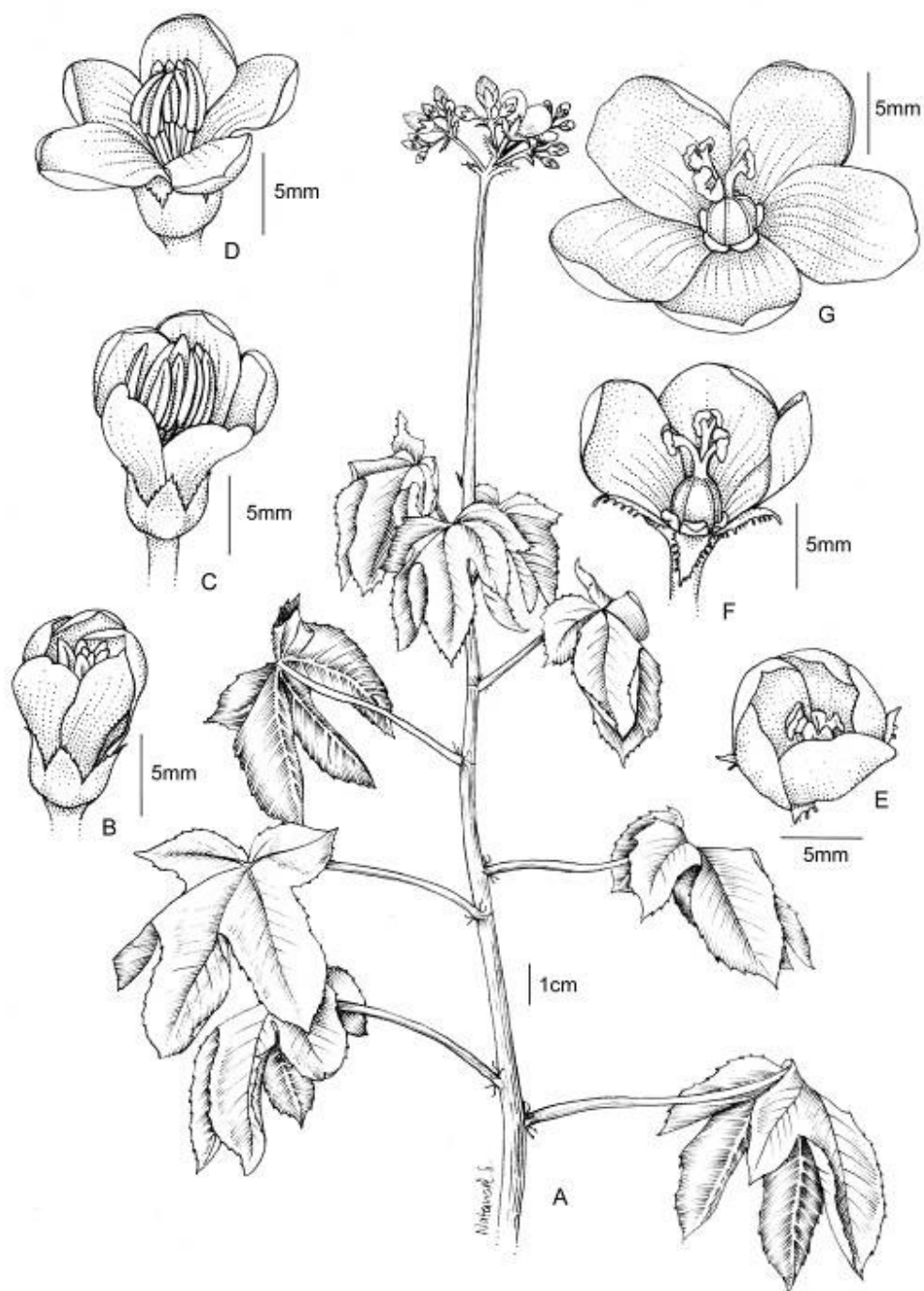


Figura 2. *Jatropha mollissima*. A. ramo floral. B – D. Seqüência da antese da flor estaminada. E- F. Seqüência da antese da flor pistilada. G. Flor pistilada deflexionada manualmente para evidenciar os órgãos reprodutivos.

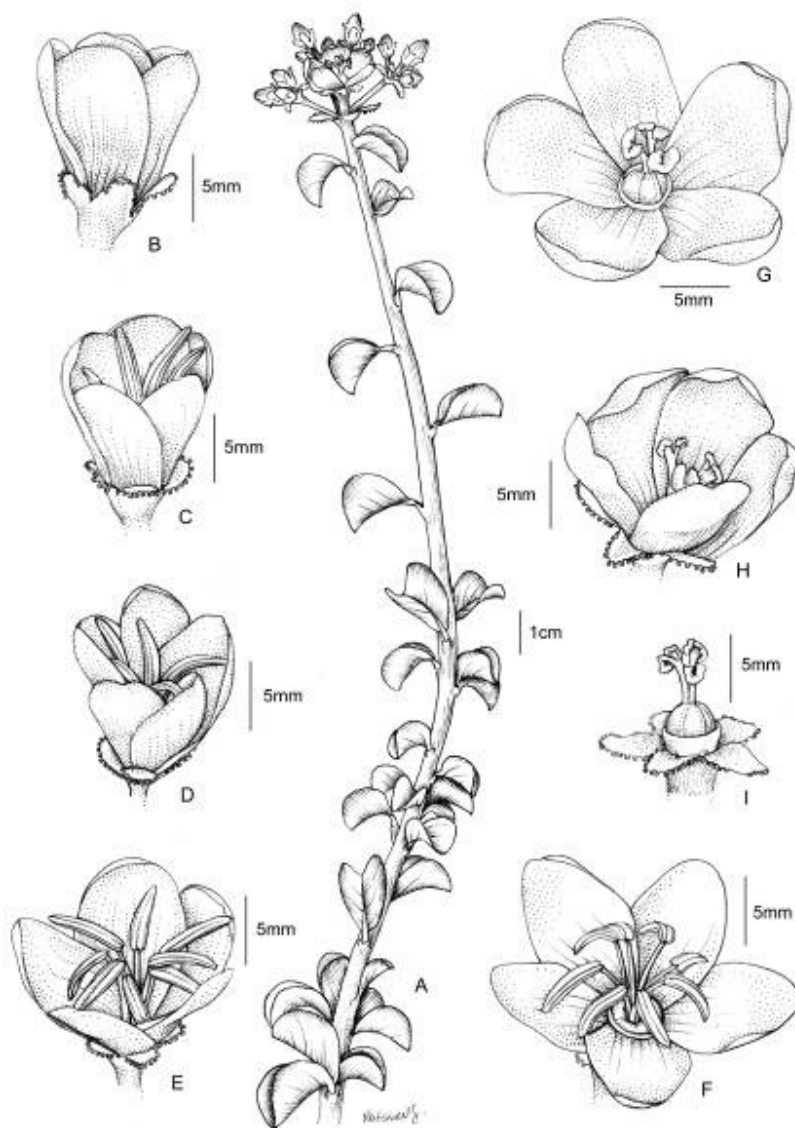


Figura 3. *Jatropha mutabilis*. A. ramo floral. B – F. Seqüência da antese da flor estaminada. G. Flor pistilada deflexionada evidenciando os órgãos reprodutivos. H. Flor pistilada em fase final de antese. I. Morfologia dos órgãos reprodutivos da flor pistilada.

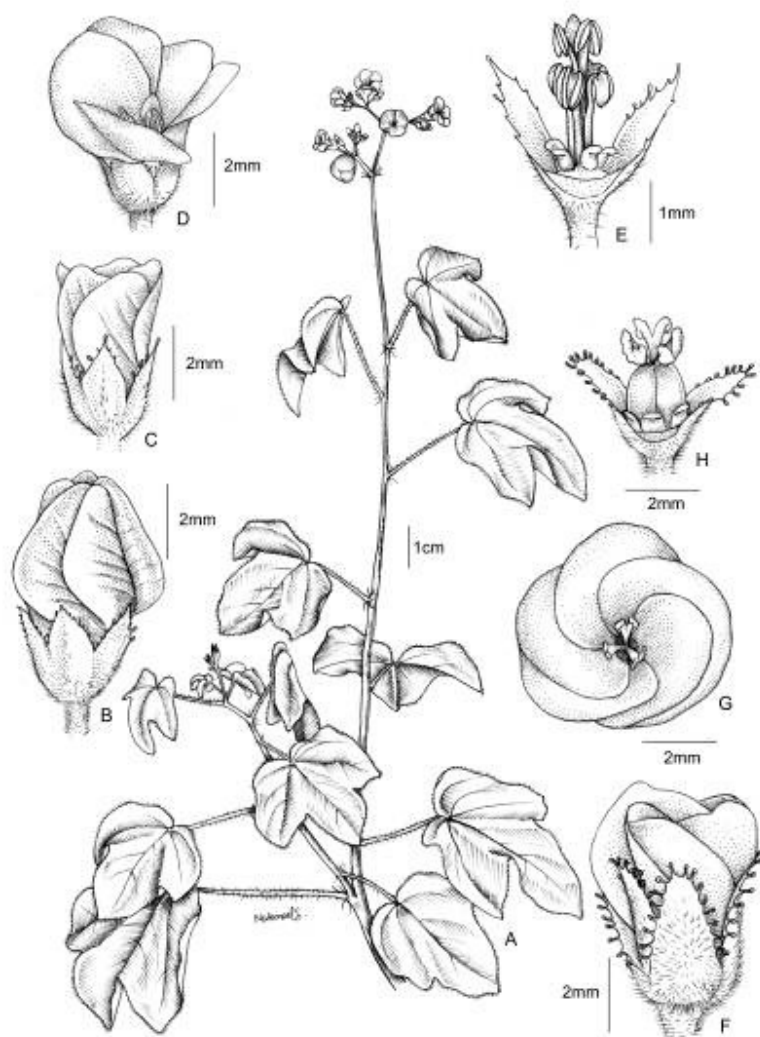


Figura 4. *Jatropha ribifolia*. A. ramo floral. B – D. Seqüência da antese da flor estaminada. E. Morfologia dos órgãos reprodutivos da flor estaminada. F-G. Seqüência de antese da flor pistilada. H. Morfologia dos órgãos reprodutivos da flor pistilada.



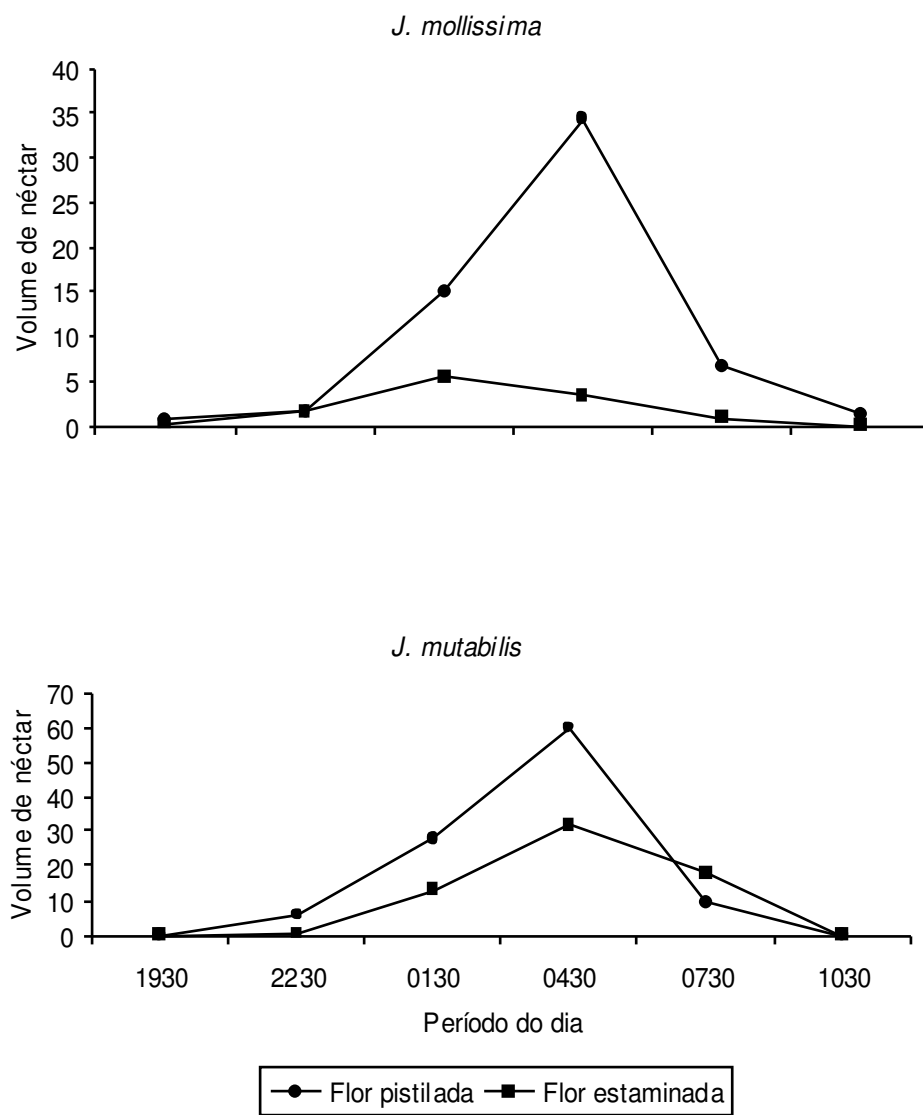


Figura 5. Produção diária de néctar ( $\mu\text{L}$ ) de *J. mollissima* e *J. mutabilis* em Canudos, Bahia, Brasil.

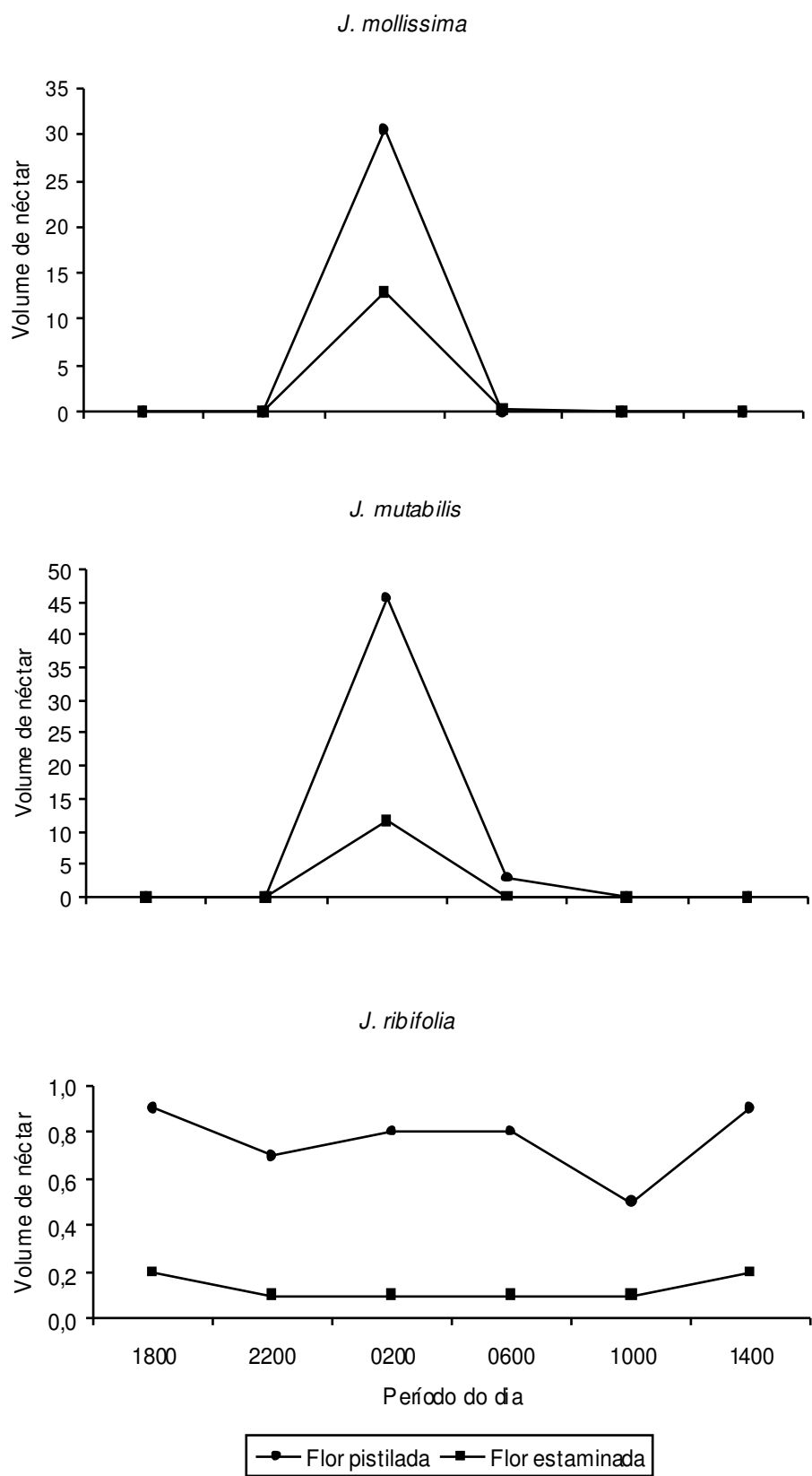


Figura 6. Volume de néctar ( $\mu\text{L}$ ) disponível aos visitantes (*standing crop*) de *J. mollissima*, *J. mutabilis* e *J. ribifolia* em Canudos, Bahia.

## Capítulo 4

---

**Eficiência de *Apis mellifera* L. na polinização dos táxons monóicos  
*Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill.  
(Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil**

## ABSTRACT

**(The efficiency of *Apis mellifera* L. in pollinating the monoecious taxa *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. and *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) in the semi-arid Caatinga of Brazil).** The Africanized bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) was accidentally introduced into Brazil in 1956 and it has since then successfully established itself in almost all of the Brazilian biomes. Some studies have suggested that these bees, which are highly generalists and opportunists, interfere with populations of native bees by competing for floral resources and nesting sites but are not very efficient at pollinating native plant species. There are few firm indications, however, of the true effects of *A. mellifera* on autochthonous populations in natural environments. In order to obtain more information concerning the influence of *A. mellifera* on the reproductive success of native plant species, we experimentally tested the efficiency of *A. mellifera* to pollinate the species *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. and *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. in a single visit, while their behavior was observed during visitation. Observations were performed between March and April, 2006, in an area of hyperxerophilous shrub-arboreal caatinga at the Estação Biológica de Canudos, Bahia (9°56'34"S x 38°59'17"W) belonging to the Fundação Biodiversitas. *Apis mellifera* was found to be efficient at pollinating *J. mollissima* (85%) and *J. mutabilis* (85%). This high efficiency was directly related to ecological factors such as the simple floral characteristics of the two species (which facilitate access to the sexual organs of the plant) and the close fit between the size of the bee and the floral dimensions.

**Key-words:** bees, exotic species, pollination, semi-arid, reproductive success.

## RESUMO

**(Eficiência de *Apis mellifera* L. na polinização dos táxons monóicos *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil).** A abelha africanizada *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) foi introduzida, acidentalmente, no Brasil, em 1956 e, desde então, vem se estabelecendo com sucesso em quase todos os biomas brasileiros. Estudos sugerem que essas abelhas, altamente generalistas e oportunistas, interferem nas populações de abelhas nativas através da competição por recursos florais e por sítios de nidificação, além de serem pouco eficientes na polinização de espécies nativas. Entretanto, há poucas evidências que comprovam o efeito de *A. mellifera* sobre populações autóctones em ambientes naturais. Com o intuito de obter informações acerca da interferência da *A. mellifera* sobre o sucesso reprodutivo de espécies vegetais nativas, no presente estudo testou-se, experimentalmente, a eficiência da *A. mellifera* na polinização dos táxons *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. em apenas uma visita e observou-se o seu comportamento de visitação. As amostragens foram feitas entre março e abril de 2006 em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea na Estação Biológica de Canudos, Bahia (9°56'34"S, 38°59'17"W), pertencente à Fundação Biodiversitas. *Apis mellifera* foi eficiente na polinização de *J. mollissima* (85%) e *J. mutabilis* (85%). Essa alta eficiência deve-se exclusivamente às características florais simples das duas espécies, que facilitam o acesso aos órgãos sexuais da planta e ao ajustamento entre o tamanho corporal da abelha e as dimensões das flores.

**Palavras-chave:** abelhas, espécie exótica, polinização, semi-árido, sucesso reprodutivo

## INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies vegetais em ambientes tropicais é extraordinariamente alta quando comparada com a de outras áreas do Globo (Wilson, 1997). Entretanto, a aceleração da degradação ambiental através da expansão da fronteira agrícola, da redução dos ecossistemas naturais e da ação antrópica predatória vem causando uma drástica diminuição dessa diversidade. Depois da perda de hábitat, a introdução de espécies exóticas representa o maior problema para a biodiversidade global (Pimm *et al.*, 1995), já que interfere na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Vitousek, 1990), alterando a trajetória evolutiva dos mesmos (Traveset & Richardson, 2006) e levando espécies nativas à extinção (Gurevitch & Padilla, 2004).

Espécies exóticas podem trazer benefícios ou serem muito danosas aos locais onde se estabelecem (Sax *et al.*, 2007). Durante muito tempo as abelhas exóticas despertaram pouca atenção devido à sua importância econômica na produção de mel e o seu comportamento de visita às flores que era associado à polinização, comumente considerada positiva no sentido de aumentar a produtividade agrícola (Goulson, 2003). Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que nem todo visitante floral é um polinizador efetivo (p.ex. Roubik, 1989; Endress, 1994; Proctor *et al.*, 1996), o que desperta a necessidade de se conhecer o verdadeiro papel das abelhas exóticas na polinização das plantas nativas.

De acordo a revisão realizada por Traveset & Richardson (2006), um polinizador exótico pode exercer diferentes interferências em uma comunidade vegetal: (1) pode ter efeito negativo quando diminui a quantidade e/ou qualidade do pólen transferido entre plantas, resultando em diminuição do sucesso reprodutivo da planta; (2) efeito positivo, quando aumenta o sucesso reprodutivo da planta; (3) ou nenhum efeito relevante quando a taxa de visitação é baixa, não aumentando o sucesso reprodutivo da planta. Quando o efeito é negativo, deve ocorrer devido à (a) competição por interferência com os polinizadores nativos, diminuindo o número de visitas às

flores por polinizadores efetivos, (b) remoção de grãos de pólen previamente depositados no estigma, (c) baixa fidelidade e perda do pólen que são depositados em outras espécies, (d) diferenciação na taxa de visitação em flores de sexos diferentes, resultando em baixa taxa de pólen transferido, (e) comportamento de roubo de pólen e néctar sem efetivar a polinização, (f) promoção de grandes percentuais de geitonogamia e (g) deposição de pólen heteroespecífico que compete no estigma com o pólen coespecífico.

Algumas introduções de espécies exóticas têm sido acidentais, mas outras são resultantes das atividades humanas como, por exemplo, a agroflorestal (Paini, 2004). Dentre as espécies introduzidas que alcançaram grande sucesso na América do Sul, destaca-se a abelha africanizada *Apis mellifera* L. Essas abelhas são um polihíbrido resultante do cruzamento das raças européias introduzidas no período colonial (Brand, 1988) e a raça africana *Apis mellifera scutellata*, introduzida acidentalmente em Ribeirão Preto - SP (Stort & Gonçalves, 1994). Com a africanização, essas abelhas dispersaram-se, ocupando quase todos os biomas brasileiros (Minussi & Alves-dos-Santos, 2007) e estabelecendo-se como espécies silvestres. A única área do território brasileiro onde as abelhas africanizadas não são encontradas é o interior da floresta amazônica (Oliveira & Cunha, 2005).

As abelhas africanizadas possuem colônias de longa duração e as operárias têm curto tempo de vida. Sendo assim, os indivíduos devem possuir flexibilidade no comportamento de coleta, o que inviabiliza a especialização em certo tipo de flor (Westerkamp, 1991; Goulson, 2003; Paini, 2004). Por isso, alguns autores (p.ex. Westerkamp, 1991; Klein *et al.*, 2003; Celebrezze & Paton, 2004) sugerem que *A. mellifera* é uma polinizadora pouco eficiente.

Essa abelha é também considerada a maior competidora das abelhas nativas e responsável por deslocá-las das flores (p.ex. Roubik, 1980; Waser *et al.*, 1996; Kato *et al.*, 1999; Steffan-Dewenter & Tschardtke, 2000) e/ou desestabilizar os serviços de polinização em ambientes naturais e agroflorestais (p.ex. Björkman & Pearson, 1995; Gross & Mackay, 1998; Dupont *et al.*,

2004). Entretanto, alguns autores afirmam não existirem evidências do efeito negativo de *A. mellifera* sobre a biota (p.ex. Manning, 1997), e outros autores ainda destacam evidências experimentais que comprovam a eficiência dessa abelha na polinização (p.ex. Sampson & Cane, 2000; Gross, 2001; Roubik, 2002).

No Brasil, poucos estudos sobre o efeito de *A. mellifera* na polinização de plantas nativas foram realizados e, alguns deles, têm apontado os efeitos negativos da presença da *A. mellifera* na polinização de plantas nativas (p.ex. Carmo & Franceschinelli, 2002; Carmo *et al.*, 2004; Jacobi & del Sarto, 2007). Mas, até então, nenhum estudo experimental foi desenvolvido objetivando testar a interferência dessa abelha na polinização de espécies nativas da Caatinga.

Diante da relevância do tema e da ausência de informações, o presente estudo pretende contribuir com essa discussão trazendo informações sobre a influência de *A. mellifera* na produção de frutos de espécies nativas da Caatinga, uma floresta seca do semi-árido do Brasil. Para tal, foram selecionadas duas espécies monóicas (vide capítulo 3 dessa tese), do gênero *Jatropha*, pertencente à família Euphorbiaceae.

## MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO - O presente estudo foi desenvolvido na Ecorregião do Raso da Catarina (Velloso *et al.*, 2002), área prioritária para a conservação da flora e fauna de invertebrados da Caatinga, de acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2002). O clima da região é tropical semi-árido, com temperaturas médias anuais variando entre 27°C e 29 °C e médias de precipitação inferiores a 800 mm. As coletas de dados foram realizadas no período de março a abril de 2006 em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea, na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S, 38°59'17"W), pertencente à Fundação Biodiversitas.



ESPÉCIES VEGETAIS– As espécies vegetais investigadas são os táxons monóicos *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill., pertencentes à família Euphorbiaceae, arbustos residentes na Caatinga, decíduos, monóicos, que possuem inflorescência tipo dicásio, flores pentâmeras tipo prato (Figuras 1 e 2), diclamídeas, ovário súpero trilobular com um óvulo por lóculo, produzem néctar tanto nas flores pistiladas quanto nas flores estaminadas, as anteras são amarelas com deiscência rimosa e possuem frutos esquizocárpicos de deiscência explosiva de coloração verde quando imaturos e marrom-acinzentados quando maduros (Capítulo 3).

O monoicismo é um sistema sexual relativamente comum entre as plantas da família Euphorbiaceae, especialmente nos gêneros *Euphorbia*, *Cnidosculus*, *Croton* e *Jatropha* (Bullock, 1985). Plantas monóicas normalmente necessitam de vetores para a transferência de pólen das flores estaminadas para as flores pistiladas, no mesmo indivíduo ou entre indivíduos. Estudos sobre a polinização de *Jatropha* têm evidenciado que essas plantas são polinizadas preferencialmente por insetos (Raju & Ezradanam, 2002; Bhattacharya *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2005) e demonstram que os visitantes florais, e prováveis polinizadores, mais abundantes são as abelhas eussociais, especialmente *Apis mellifera*.

COMPORTAMENTO NAS FLORES – Observou-se, em campo, o comportamento de visita de *A. mellifera*, registrando-se a forma de acesso às flores, o tempo de permanência nas flores e a forma de contato com os órgãos sexuais da flor. Para facilitar a avaliação dos dados de observação do comportamento das abelhas nas flores, mediu-se a altura de *A. mellifera* na região do tórax e a altura dos lobos do estigma das flores pistiladas, a partir da base do ovário.

AValiação da eficiência da polinização por *Apis mellifera* - Para testar a eficiência de polinização por *Apis mellifera*, seguiu-se os procedimentos descritos por Sampson & Cane

(2000), Gross (2001) e Klein *et al.* (2003). A quantificação dos resultados foi medida a partir do total de frutos produzidos em flores que receberam a visita de apenas um indivíduo de *A. mellifera*. Para tanto, seguiu-se os seguintes procedimentos: (1) para cada espécie vegetal, foram selecionados cinco indivíduos; (2) 20 botões de flores pistiladas da população foram ensacados no dia anterior ao experimento; (3) no dia do experimento, as flores em antese e virgens foram desensacadas, permitindo a visita de apenas um indivíduo de *A. mellifera*; (4) após visita, as flores foram etiquetadas e re-ensacadas permanecendo até a produção, ou não, de frutos maduros; (5) outras 20 flores pistiladas não visitadas permaneceram encobertas para medir a eficiência do ensacamento em manter visitantes indesejados longe das flores e apomixia; (6) 20 flores foram marcadas e deixadas abertas às visitas para servirem de controle.

Os experimentos foram conduzidos das 06:00 às 09:00h da manhã, período em que as flores apresentavam 100% de grãos de pólen viáveis e 100% de receptividade estigmática (Capítulo 3).

## RESULTADOS

De acordo com os dados apresentados na tabela 1, *A. mellifera* demonstrou interferir positivamente na polinização das flores de *J. mollissima* e *J. mutabilis*, comprovando ser eficiente vetaora de pólen viável dessas espécies, em apenas uma visita.

Durante o período amostrado, observou-se que as operárias forragearam, indistintamente, flores estaminadas e pistiladas em uma mesma visita, permanecendo entre 3 e 15 segundos em cada flor, visitando várias flores de um mesmo indivíduo e, quando mudavam de planta, iam para o vizinho mais próximo. Em locais onde existem indivíduos das duas espécies próximos uns dos outros, as operárias visitaram as flores das duas espécies indistintamente.

Quando *A. mellifera* visitava as flores pistiladas de ambas as espécies, pousava nas pétalas e iniciava a coleta do néctar; após alguns segundos, circulava ao redor do ovário à procura de áreas com maior quantidade de néctar e, nesse deslocamento, contactava os lobos do estigma com a parte superior do tórax deixando os grãos de pólen aderidos nos mesmos. Nas flores de *J. mollissima* esse contato foi facilitado devido às flores dessa espécie, geralmente, apresentarem-se em forma de xícara (Figura 1E). Além disso, os lobos dos estigmas são mais baixos e ficam mais próximos uns aos outros, enquanto que os lobos do estigma de *J. mutabilis* são mais distantes uns dos outros (Figura 2B).

A altura média de *A. mellifera* na região do tórax é de  $6,2 \pm 0,4$  mm (n=10). Os lobos do estigma da *J. mollissima* apresentam-se a uma altura média de  $5,8 \pm 0,4$  mm (n=10) e os de *J. mutabilis*  $6,4 \pm 0,5$  mm (n=10).

Nas flores estaminadas, quando coletava néctar, apresentava dois comportamentos distintos: (1) quando a flor se apresentava com as pétalas abertas e planas, pousava sobre a pétala e coletava o néctar por baixo dos estames, tocando-os com a parte superior do tórax onde os grãos de pólen ficavam aderidos; (2) quando a flor apresentava forma de xícara, introduzia o corpo no interior da flor por entre os estames, ficando de cabeça para baixo, contaminando todo o corpo com grãos de pólen. Já quando coletavam pólen, pousavam diretamente sobre o ápice das anteras e retiravam o pólen com as pernas anteriores e, posteriormente, o transferia para a corbícula, sem se deixar contaminar com os grãos. Não foi observada a remoção de grãos de pólen do estigma das flores, nem comportamento agonístico com indivíduos de outra espécie.

## DISCUSSÃO

O fato de um polinizador exótico ser generalista facilita sua integração nas teias de interações nativas e, conseqüentemente, seu estabelecimento e dispersão no ambiente invadido

(Olesen *et al.*, 2002). Estudos recentes mostram que assembléias compostas por espécies nativas e exóticas ocorrem e, apesar dessas espécies coexistirem há pouco tempo e, conseqüentemente, não terem uma história evolutiva de coadaptação, ajustamentos evolutivos rápidos devem ter ocorrido em escala de tempo menor (Sax *et al.*, 2007).

Apesar de, tradicionalmente, a polinização ser mencionada como resultado de um processo evolutivo (p.ex. Faegri & Pijl, 1979; Proctor *et al.*, 1996), em interações recentes, como a estabelecida entre *A. mellifera* e a flora nativa, que no Brasil tem apenas cinco décadas, provavelmente não houve tempo suficiente para a ação de grandes ajustamentos evolutivos. Para Westerkamp (1991), nenhuma flor foi capaz de se adaptar à imprevisibilidade do comportamento de *A. mellifera*, já que a evolução da eussocialidade seria incompatível com a especialização em tipos florais, dada à necessidade de grande quantidade de alimento durante todo o ano, para essa espécie. Nesse caso, a relação entre as dimensões corporais da *A. mellifera* e a morfologia e dimensões florais da planta podem ser mais determinantes para o sucesso reprodutivo de certas espécies vegetais que as relações históricas com os visitantes nativos.

A habilidade de *A. mellifera* em polinizar espécies de plantas nativas parece estar relacionada exclusivamente à morfologia da flor. Flores que não apresentam estruturas para restringir o acesso aos recursos e que mantêm os órgãos reprodutivos expostos aos visitantes são mais facilmente polinizadas por essas abelhas, como observado no presente estudo. Já espécies com atributos mais especializados, como anteras poricidas, dificilmente são polinizadas por *A. mellifera*, já que essa abelha não é capaz de vibrar os músculos alares o suficiente para promover a expulsão dos grãos das anteras. *Apis mellifera* foi o visitante floral mais freqüente nas flores de *J. mollissima* e *J. mutabilis* (Capítulo 2) e mostrou-se eficiente na polinização dessas espécies. Resultados semelhantes foram relatados por Santos *et al.* (2005) para *J. mollissima* em estudo sobre a biologia da polinização dessa espécie em uma área de Caatinga em Pernambuco.

A eficiência de *A. mellifera* em polinizar as flores de *J. mollissima* e *J. mutabilis* com apenas uma visita sugere que, mesmo sendo exótica, pode desempenhar papel importante na polinização e conseqüente produção de frutos de espécies nativas e agroflorestais. Resultados evidenciando a eficiência dessa abelha como polinizadora foram registrados para outros táxons (p.ex. Sampson & Cane (2000) para *Vaccinium ashei* (Ericaceae); Gross (2001) para *Dillwynia juniperina* (Fabaceae); Roubik (2002) para *Coffea arabica* L; Bhattacharya *et al.* (2005) para *J. curcas*; Machado & Sazima (2008) para *Melochia tomentosa* L.).

As características florais simples de *J. mollissima* e *J. mutabilis* (Capítulo 3), aliados aos resultados dos levantamentos de visitantes florais na caatinga (p.ex. Carvalho, 1999; Neves, 2001; Neves & Viana, 2002; Pigozzo, 2004) e aos dados de biologia floral e reprodutiva dessas espécies (p.ex. Santos *et al.* 2005, Capítulo 3), sugerem que, antes da introdução da *A. mellifera* na Caatinga, essas plantas eram polinizadas por diversos grupos de visitantes florais, caracterizando-se como generalista na atração de polinizadores. Dentre os potenciais polinizadores, destacam-se os beija-flores *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1818), *Anopetia gounellei* (Boucard, 1891), *Chrysolampis mosquitus* (Linnaeus 1758), abelhas solitárias como *Xylocopa grisescens* Lepelletier, 1841 e *Xylocopa frontalis* (Oliver, 1789) e as abelhas eussociais nativas como *Melipona mandacaia* Smith, 1863. De acordo com Traveset & Richardson (2006) plantas nativas visitadas por muitos visitantes nativos tendem a ser menos afetadas pelos impactos (negativos ou positivos) de uma espécie de polinizador exótico.

Nos táxons monóicos de *Jatropha* estudados, não há restrição à polinização por *A. mellifera*. As flores estaminadas apresentam antera com deiscência longitudinal que expõem completamente o pólen, tornando-o acessível aos visitantes. Como os grãos de pólen ficam muito expostos, aumenta as chances de haver o depósito involuntário no corpo da abelha, os quais podem ser transferidos para o estigma da flor pistilada.

No entanto, as flores pistiladas apresentam diferenças morfológicas que podem explicar a diferença na eficiência da *A. mellifera* em polinizar essas espécies. As flores de ambas as espécies são do tipo prato, porém, em *J. mollissima* as pétalas não deflexionam completamente, conferindo à flor um aspecto mais semelhante a uma xícara, facilitando o contato entre os órgãos reprodutivos e o tórax da abelha, que chega na flor pela lateral, buscando o néctar que se apresenta na base do ovário. Essas características morfológicas conferem à flor maior probabilidade de polinização por *A. mellifera*.

Por outro lado, a menor produção de frutos de *J. mutabilis* nos experimentos de polinização por *A. mellifera* deve ser resultante de duas diferenças marcantes das flores pistiladas dessa espécie em relação à flor de *J. mollissima*: primeiro, as pétalas deflexionam completamente deixando a flor em forma de prato, o que desfavorece o contato dos órgãos reprodutivos com o tórax da abelha; segundo, os três lobos do estigma apresentam separação espacial mais pronunciada, exigindo que o visitante circule ao redor da flor para depositar a quantidade de grãos de pólen adequada. Dessa forma, para algumas flores dessa espécie, mais de uma visita pode ser necessária para que a polinização seja bem sucedida.

Estudos realizados em todas as áreas de ocorrência da *A. mellifera* têm demonstrado que essa abelha visita muitas flores de um mesmo indivíduo favorecendo a geitonogamia (p.ex. Richardson *et al.*, 2000; Goulson, 2003; Celebrezze & Paton, 2004). Na ecorregião do Raso da Catarina, *A. mellifera* deve estar estimulando o aumento da taxa de geitonogamia das populações de *J. mollissima* e *J. mutabilis*.

Da mesma forma, o comportamento de visitação de *A. mellifera* às flores dos dois táxons de *Jatropha*, indistintamente, e a sobreposição observada no período de floração dessas espécies, na área de estudo (Capítulo 2), indicam que essa abelha está favorecendo a ocorrência de hibridização entre as duas espécies nessa região, caso essas não apresentem barreiras pré e/ou pós-zigóticas que impeçam a fertilização dos óvulos e posterior vingamento dos frutos.

Outra influência negativa do comportamento de forrageamento da *A. mellifera* para o sucesso reprodutivo das plantas é a coleta excessiva de pólen iniciada antes do amanhecer, deixando as anteras com quantidade muito baixa de grãos de pólen antes do horário de início de atividade dos demais visitantes (ver revisão em Goulson, 2003). Esse comportamento foi observado no presente estudo, no qual as abelhas iniciaram a coleta às 04:30h da manhã e às 08:00h as anteras da maioria das flores estavam vazias. Carmo *et al.* (2004) registraram que em *Clusia arrudae* Planchon & Triana (Clusiaceae) menos de 10% do total de grãos de pólen fica disponível no período de atividade dos polinizadores efetivos, devido à coleta excessiva de *A. mellifera*, causando a diminuição na produção de frutos em condições naturais. Jacobi & del Sarto (2007) observaram que, apesar da *A. mellifera* ser um dos visitantes mais frequentes e ser capaz de polinizar os táxons *Vellozia epidendroides* Mart. ex. Schult. & Schult. e *V. leptopetala* Goeth. & Henr. (Velloziaceae), ela é limitante ao sucesso reprodutivo dessas espécies devido ao comportamento de coletar eficiente e ativamente muito pólen e depositar poucos grãos no estigma.

Além de coletar grandes quantidades de pólen, *A. mellifera* apresenta baixa fidelidade floral (Westerkamp, 1991), o que constitui uma estratégia extremamente interessante para as populações de abelhas sociais, mas pode prejudicar a polinização das espécies visitadas por ela: é possível que *A. mellifera* deposite grãos heteroespecíficos em estigmas, o que pode obstruir o estilete, impedindo que os grãos coespecíficos germinem.

Os dados aqui apresentados corroboram aqueles obtidos em outros estudos onde a abelha exótica *A. mellifera* foi eficiente na polinização de espécies nativas, conforme mencionado acima. Entretanto, esses resultados devem ser analisados com cautela, já que essa interferência positiva foi evidenciada para indivíduos em uma dada escala temporal. Estudos genéticos em nível populacional, em longo prazo, devem ser conduzidos para identificar possíveis efeitos deletérios

sobre a população, como resultado do comportamento de forrageio dessa espécie, discutidos anteriormente.

Além disso, não se deve descartar a hipótese de que, por possuírem colônias perenes e necessitarem de grandes quantidades de alimento, essas abelhas forrageiam um grande número de flores, comportamento esse que pode levar ao declínio as populações de polinizadores nativos por exaurirem as fontes de recursos florais (Roubik, 1980; Waser *et al.*, 1996; Kato *et al.*, 1999; Steffan-Dewenter & Tschardtke, 2000). Como consequência, indiretamente, essa abelha irá também interferir no sucesso reprodutivo de espécies vegetais especialistas dependentes de polinizadores nativos.

Em princípio, apesar de possivelmente existir um alto grau de endogamia nessas populações de plantas, devido à movimentação intensa das *A. mellifera* entre as flores de uma mesma planta, ou entre plantas vizinhas, a eficiência dessa abelha como polinizadora eficiente dessas plantas com morfologia floral simplificada pode estar contribuindo para a seleção positiva, e consequente dominância dessas espécies no ambiente, já que essas atingem o sucesso reprodutivo em termos de formação de frutos. Caso essa previsão seja comprovada, as plantas favorecidas pela polinização por *A. mellifera*, por produzirem mais frutos, podem constituir populações maiores e distribuição mais ampla. Desse modo, disponibilizariam no ambiente maior quantidade de flores, aumentando seu potencial competidor na atração dos polinizadores nativos e, ainda, pelos nutrientes e água do solo, com outras espécies locais.

Por outro lado, as espécies vegetais da flora nativa com morfologia floral mais complexa (p.ex. flores tipo quilha e bilobada) podem ser prejudicadas tanto pela impossibilidade de serem polinizadas por *A. mellifera* que, geralmente, são os visitantes mais abundantes, como pela possível competição ocorrida entre *A. mellifera* e os polinizadores nativos que podem ter suas populações diminuídas em virtude da menor oferta de recurso.



Torna-se relevante, ainda, considerar o fato de que espécies com morfologias simplificadas são freqüentemente espécies estrategistas, com investimento quantitativo na produção de descendentes, geralmente com ausência de barreiras à autogamia, fácil germinação, caracterizando espécies colonizadoras que rapidamente se estabelecem no ambiente. Evidências empíricas são apresentadas por alguns autores (p.ex. Barthell *et al.*, 2001), demonstrando que *A. mellifera* é polinizadora eficiente de plantas ruderais e exóticas. Dessa maneira, a médio e longo prazo, *A. mellifera* pode promover a redução da diversidade específica da flora e fauna nativa e também a diversidade genética nas populações remanescentes. Assim, é possível que esteja ocorrendo seleção de sistemas cada vez mais generalistas com a presença de *A. mellifera* nesses ambientes. É recomendável, portanto, o monitoramento de longo prazo para avaliar todos os possíveis impactos causados pela introdução de espécies exóticas, como *A. mellifera*.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Biodiversitas pela autorização concedida para o desenvolvimento dos trabalhos de campo na Estação Biológica de Canudos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB (Termo de Outorga TO 261/03 Etapa II) pelo apoio financeiro a parte das atividades de campo, ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa, a Blandina F. Viana e aos membros do LABEA/IBUFBA pelo auxílio nas coletas de campo e, em especial, a Camila Magalhães Pigozzo pelo apoio na realização desse estudo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

- BARTHELL, J.F., J.M. RANDAL, R.W. THORP & A.M. WENNER. 2001. Promotion of seed set in yellow star-thistle by honey bees: evidence of an invasive mutualism. *Ecological Applications* 11(6): 1870-1883.
- BATTACHARYA, A., K. DATTA & S.K. DATTA. 2005. Floral biology, floral resource constraints and pollination limitation in *Jatropha curcas* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8(3): 456-460.
- BJÖRKMAN, T. & K. PEARSON. 1995. *The inefficiency of honeybees in the pollination of Buckwheat*. Pp 453-462 in Proceedings of the VI International Symposium of Buckwheat. Current Advances in Buckwheat Researches. Shinshu: Shinshu University.
- BRAND, D.D. 1988. The honey bee in New Spain and Mexico. *Journal of Cultural Geography* 9: 71-81.
- BULLOCK, S.H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. 17(4): 287-301.
- CARMO, R.M. & E.V. FRANCESCHINELLI. 2002. Polinização e biologia floral de *Clusia arrudae* Planchon & Triana (Clusiaceae) na Serra da Calçada, município de Brumadinho, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25(3): 351-360.
- CARMO, R.M., E.V. FRANCESCHINELLI & F.A. SILVEIRA. 2004. Introduced honey bees (*A. mellifera*) reduce pollination success without affecting the floral resource taken by native pollinators. *Biotropica* 36(3): 371-376.
- CARVALHO, C.A.L. 1999. *Diversidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas visitadas no município de Castro Alves, Ba*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. Instituto de Biociências. São Paulo. 104p.

- CELEBREZZE, T. & D.C. PATON. 2004. Do introduced honeybees (*Apis mellifera*, Hymenoptera) provide full pollination service to bird-adapted Australian plants with small flowers? An experimental study of *Brachyloma ericoides* (Epacridaceae). *Austral Ecology* 29(2): 129-136.
- DUPONT, Y.L., D.M. HANSEN, A. VALIDO & J.M. OLESEN. 2004. Impact of introduced honey bees on native pollination interactions of the endemic *Echium wildpretii* (Boraginaceae) on Tenerife, Canary Islands. *Biological Conservation* 118(3): 301-311.
- ENDRESS, P. 1994. *Diversity and Evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University Press. 511p.
- FAEGRI, K. & L. PIJL van der. 1979. *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press. 243p
- GIULIETTI, A.M., A. CONCEIÇÃO & L.P. QUEIROZ. 2006. *Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro*. V. 1, Recife: Associação Plantas do Nordeste. 488p.
- GOULSON, D. 2003. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34(1): 1-26.
- GROSS, C.L. 2001. The effect of introduced honeybees on native bee visitation and fruit-set in *Dillwynia junipernina* (Fabaceae) in a fragmented ecosystem. *Biological Conservation*. 102(1): 89-95.
- GROSS, C.L., & D.MACKAY. 1998. Honeybees reduce fitness in the pioneer shrub *Melastoma affine* (Melastomataceae). *Biological Conservation* 86(2): 169-178.
- GUREVITCH, J. & D.K. PADILLA. 2004. Are invasive species a major cause of extinction? *Trends in Ecology and Evolution* 19(9): 470-474.
- JACOBI, C.M. & M.C.L. DEL SARTO. 2007. Pollination of two species of *Vellozia* (Velloziaceae) from high-altitude quartzitic grassland, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 21(2): 325-333.

- KATO, M., A. SHIBATA, T. YASUI & H. NAGAMUSU. 1999. Impact of introduced honeybees, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Researches on the Population Ecology* 41(2): 217-228.
- KLEIN, A.M., I. STEFFAN-DEWENTER & T. TSCHARNTAKE. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology* 40(5): 837-845.
- MACHADO, I.C.S., M. SAZIMA. 2008. Pollination and breeding system of *Melochia tomentosa* L. (Malvales), a keystone floral resource in the Caatinga: the role of *Apis mellifera* and autochthonous pollinators in fruit set. *Flora* 203: 484-490.
- MANNING, R. 1997. The honey bee debate: a critique of scientific studies of honey bees *Apis mellifera* and their alleged impact on Australian Wildlife. *The Victorian Naturalist* 114(1): 13-22.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2002. *Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Caatinga*. Brasília: MMA/SBF. 36p.
- MINUSSI, L.C. & I. ALVES-DOS-SANTOS. 2007. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera: Apidae). *Bioscience Journal* 23(1): 58-62.
- NEVES, E.L. 2001. *Composição e visita às flores pelas abelhas eussociais (Hymenoptera: Apidae: Apinae) nas dunas interiores da margem esquerda do Rio São Francisco, Barra*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 69p.
- NEVES, E.L. & B.F. VIANA. 2002. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 46(4): 571-578.
- OLESEN, J.M., L.I. ESKILDSEN & S. VENKATASAMY. 2002. Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists. *Diversity and Distributions* 8(3): 181-192.

- OLIVEIRA, M.L. & J.A. CUNHA. 2005. As abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepelletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? *Acta Amazônica* 35(3): 389-394.
- PAINI, D.R. 2004. Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: a review. *Austral Ecology* 29(4): 399-407.
- PIGOZZO, C.M. 2004. *Organização das comunidades locais de Apoidea em uma área de Caatinga, Canudos – Ba*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Salvador. 86p.
- PIMM, S.L., G.J. RUSSEL, J.L. GITTLEMAN & T.M. BROOKES. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269(5222): 347-350.
- PROCTOR, M., P. YEO & A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. London: Harper Collins. 479p.
- RAJU, A.J.S. & V. EZRADANAM. 2002. Pollination ecology and fruiting behavior in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Current Science* 83(11): 1395-1398.
- RICHARDSON, M.B.G., D.J. AYRE & R.J. 2000. Pollinator behavior, mate choice and the realized mating system of *Grevillea mucronulata* and *Grevillea sphacelata*. *Australian Journal of Botany* 48(3): 357-366.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural History of Tropical Bees*. Cambridge: Cambridge University Press. 514p.
- ROUBIK, D.W. 1980. Foraging behavior of competing Africanized honey bees and stingless bees. *Ecology* 61(4): 836-845.
- ROUBIK, D.W. 2002. The value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417(6890): 708.
- SAMPAIO, E.V.S.B, A.M. GIULIETTI, J. VIRGÍLIO, J. & C.F.L. GAMARRA-ROJAS. 2002. *Vegetação & flora da Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 176p.

- SAMPSON, B.J. & J.H. CANE. 2000. Pollination efficiency of three bee (Hymenoptera, Apidae) species visiting rabbiteye blueberry. *Journal of Economic Entomology* 93(6): 1726-1731.
- SANTOS, M.J., I.C. MACHADO & A.V. LOPES. 2005. Biologia reprodutiva de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) em Caatinga, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28(2): 361-373.
- SAX, D.F. ET AL. 2007. Ecological and evolutionary insights from species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 22(9): 465-471.
- STEFFAN-DEWENTER, I & T. TSCHARNTKE. 2000. Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122(2): 288-296.
- STORT, A.C., L.S. GONÇALVES. 1994. A africanização das abelhas *Apis mellifera* nas Américas. Pp 33-47 in BARRAVIEIRA, B. (ed.). *Venenos Animais: uma visão integrada*. Rio de Janeiro: EPUC.
- TRAVESET, A & D.M. RICHARDSON. 2006. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology and Evolution* 21(4): 208-216.
- VELLOSO, A.L., E.V.S.B. SAMPAIO & F.G.C. PAREYN (eds.). 2002. *Ecorregiões: Propostas para o Bioma Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste. 75p.
- VITOUSEK, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57(1): 7-13.
- WASER, N.M., L. CHITKA, M.V. PRICE, N.M. WILLIAMS & J. OLLERTON. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecological Society of America* 77(4):1043-1060.
- WESTERKAMP, C.H. 1991. Honey bees are poor pollinators – Why? *Plant Systematic and Evolution* 177(1): 71-75.
- WILSON, E.O. (org). 1997. *Biodiversidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 660p.

Tabela 1. Resultados dos testes para verificação da eficiência da abelha exótica *A. mellifera* na polinização de *J. mollissima* e *J. mutabilis* em Canudos, Bahia, Brasil.

Tratamento	<i>J. mollissima</i>	Sucesso (%)	<i>J. mutabilis</i>	Sucesso (%)
	Flores/frutos		Flores/frutos	
Polinização por <i>A. mellifera</i>	20/20	100	20/17	85
Polinização natural (controle)	20/18	90	20/19	95



Figura 1. Comportamento de visita às flores de *J. mutabilis* (A a C) e *J. mollissima* (D e E) por *A. mellifera* na Estação Biológica de Canudos, Canudos-Ba. A - chegada ao ramo com flores estaminadas para a coleta de néctar; B, E - em flores pistiladas; C, D - em flores estaminadas.



## **Considerações Finais**

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Estação Biológica de Canudos, a abelha exótica *A. mellifera* visitou flores com diversos atributos florais, sistemas sexuais e síndromes de polinização, corroborando outros estudos que descrevem esse táxon como generalista no comportamento de forrageio (*sensu* Roubik 1989). Sendo assim, os dados aqui apresentados trazem mais evidências para demonstrar que o padrão comportamental dessas abelhas, em todas as fitoregiões brasileiras estudadas, compreende os fatos de visitarem a maioria das espécies vegetais, de serem os visitantes florais mais abundantes e de demonstrarem forte preferência por forragear em espécies vegetais muito produtivas.

Essas abelhas foram mais abundantes nas flores de espécies da família Leguminosae por ser essa a família com a maior riqueza de espécies na área. As plantas visitadas por *A. mellifera* são dependentes de vetores de pólen e essa abelha, por ser o visitante mais abundante na área, deve estar interferindo (positiva ou negativamente) no sucesso reprodutivo das mesmas, conforme mostram os dados apresentados nesta tese.

As espécies *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill. foram selecionadas como modelos para testar a eficiência de *A. mellifera* como polinizadora de espécies nativas da Caatinga por que (1) pertencem à terceira família mais rica em espécies da Caatinga; (2) possuem grandes populações na área do presente estudo e são bem distribuídas na Caatinga; (3) são monóicas; (4) apresentarem flores grandes e de morfologia simples (tipo prato), o que facilita a montagem dos experimentos, (5) são muito visitadas por *A. mellifera* e (6) já existem informações acerca de sua biologia da polinização, pré-requisito imprescindível para a comparação dos resultados obtidos. Para as demais investigações, optou-se por incluir a espécie *J. ribifolia* com o intuito de enriquecer a discussão dos resultados e de contribuir para o conhecimento sobre a biologia da polinização das espécies de *Jatropha* da Caatinga.

Os três táxons são autocompatíveis e apresentaram comportamento fenológico contínuo e variável quanto à frequência, duração e regularidade dos episódios e a ausência das fenofases ocorreu nos meses mais frios e curtos do ano. Esses táxons possuem madeira de baixa densidade e, conseqüentemente, alta capacidade de armazenamento de água nos tecidos e essa alta capacidade de armazenamento de água favoreceu a ocorrência dos eventos fenológicos vegetativos e reprodutivos, mesmo na ausência de precipitação, constituindo-se em uma vantagem para essas plantas que estão sujeitos à imprevisibilidade da precipitação.

A dispersão primária das sementes ocorre por autocoria balística o que pode explicar a distribuição agregada das populações das três espécies. Entretanto, o deslocamento dos diásporos para sítios distantes da planta mãe foi observado através de dispersão secundária por hidrocoria e mirmecocoria.

Os frutos dessas espécies são predados por aves da família Psittacidae (p.ex. *Aratinga cactorum*, *Aratinga acuticaudata*, *Primolius maracana*, *Amazona aestiva* e *Forpus xanthopterygius*) e as sementes caídas ao chão são consumidas por Columbidae das espécies *Patagioenas picazuro* (Temminck 1813), *Columbina picui* (Temminck 1813) e *Leptotila verreauxi* Bonaparte 1855, e por Tinamidae da espécie *Nothura boraquira* (Spix 1825).

As flores possuem características que poderiam se encaixar em diferentes síndromes florais (*sensu* Faegri & Pijl 1979, Proctor *et al.* 1996), caracterizando-as como pertencentes à síndrome de polinização intermediária. Para *J. mollissima* e *J. mutabilis* tanto o volume quanto a concentração do néctar são compatíveis com os padrões encontrados para espécies melitófilas e ornitófilas, já a cor vermelha das pétalas de *J. mollissima* e *J. mutabilis* é característica de planta ornitófila e a cor esverdeada das flores da *J. ribifolia*, de flores miófilas.

Como estratégia para a atração dos visitantes, as flores estaminadas são mais numerosas e disponibilizam pólen e néctar em pequena quantidade. Por outro lado, as flores pistiladas disponibilizam apenas néctar, mas em maior quantidade.

Além do monoicismo, essas plantas possuem outro mecanismo para inibir a autopolinização (e conseqüentemente a geitonogamia), a protoginia interfloral. Entretanto, em *J. mollissima* e *J. mutabilis*, como ocorre a sincronia entre as flores pistiladas e estaminadas, em inflorescências diferentes do mesmo indivíduo, pode ocorrer a geitonogamia quando os polinizadores visitam flores de inflorescências diferentes de um mesmo indivíduo, comportamento esse exibido por *A. mellifera*. Já em *J. ribifolia*, essas estratégias parecem não surtir efeito já que as flores pistiladas de uma mesma inflorescência abrem e permanecem viáveis em sobreposição temporal com as flores estaminadas, favorecendo a autopolinização. A apomixia não parece estar bem estabelecida no grupo, apesar de ter sido observada a formação de um fruto agamospérmico em *J. mollissima*.

Existem evidências de que o monopólio de *A. mellifera* nas flores pode estar deslocando os demais visitantes florais de *J. mollissima* e *J. mutabilis*. Essas abelhas iniciam a coleta a partir das 04:30 h, com grande número de indivíduos por planta exaurindo os recursos florais.

Nos experimentos de eficiência de polinização, *A. mellifera* demonstrou interferir positivamente na polinização das flores de *J. mollissima* e *J. mutabilis*, comprovando ser um eficiente vetor de pólen viável, dessas espécies, em apenas uma visita. Entretanto, esses resultados devem ser analisados com cautela já que essa interferência positiva foi evidenciada para indivíduos em uma dada escala temporal. Estudos genéticos em nível populacional, em longo prazo, devem ser conduzidos para identificar possíveis efeitos deletérios sobre a população, como resultado do comportamento de forrageio dessa espécie, discutidos anteriormente.

As observações sobre o comportamento dos visitantes levam a crer que, além da *A. mellifera*, abelhas como *X. frontalis* e *X. grisea* e os beija-flores *C. lucidus* e *A. gounellei* seriam polinizadores potenciais de *J. mollissima* e *J. mutabilis* na Ecorregião do Raso da Catarina.

## **Resumo Geral**

---

## RESUMO GERAL

### **(Polinização de espécies nativas da Caatinga e o papel da abelha exótica *Apis mellifera* L.).**

O bioma caatinga, único exclusivamente brasileiro, detém a maior abundância da abelha exótica *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) no Brasil. Essa espécie é considerada, por alguns autores, uma polinizadora pouco eficiente por ser generalista e oportunista. Partindo-se dessa premissa, a presente tese pretende responder à seguinte pergunta: *A. mellifera* é eficiente na polinização das plantas nativas da caatinga? Para responder essa questão, realizaram-se as investigações descritas abaixo em uma área de caatinga hiperxerófila arbustiva-arbórea na Estação Biológica de Canudos (9°56'34"S e 38°59'17"W), inserida na Ecorregião do Raso da Catarina, Canudos-Ba, no período de março de 2004 a junho de 2007. Inicialmente, testou-se a capacidade de autopolinização e investigaram-se os atributos florais, as síndromes de polinização e os sistemas sexuais de 41 espécies vegetais previamente identificadas como visitadas por *A. mellifera* na área com o intuito de identificar quais espécies são dependentes de vetores de pólen (Capítulo 1). Então, estudaram-se os comportamentos fenológicos vegetativos e reprodutivos, a dispersão e a predação de sementes, a correlação entre os eventos fenológicos e as variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa, precipitação e fotoperíodo), a capacidade de armazenamento de água, o padrão de distribuição espacial (Capítulo 2), a biologia floral, o comportamento de produção de néctar, os visitantes florais e os sistemas reprodutivos de *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill., *J. mollissima* (Pohl) Baill. e *J. mutabilis* (Pohl) Baill, espécies selecionadas a partir dos resultados das investigações iniciais (Capítulo 3). Por fim, testou-se a eficiência da *A. mellifera* na polinização de *J. mollissima* e *J. mutabilis* em apenas uma visita (Capítulo 4). Todos os táxons apresentaram alta capacidade de armazenamento de água e comportamento fenológico contínuo e irregular com ausência de flores, frutos, queda foliar e brotamento nos meses mais frios e úmidos do ano. Apenas a floração de *J. ribifolia* apresentou correlação significativa com a precipitação. Em todas as espécies ocorre dispersão primária das sementes por autocoria balística, o que garante a manutenção da distribuição agregada das populações. Observou-se dispersão secundária por mimmecocoria e hidrocoria. Os frutos imaturos são predados por aves da família Psittacidae e as sementes são consumidas por granívoros das famílias Psittacidae, Colombidae e Tinamidae. Esses resultados indicam que a alta capacidade de armazenamento de água pelos táxons garante a ocorrência dos eventos fenológicos mesmo na

ausência de chuvas e que a dispersão secundária das sementes é imprescindível para a manutenção do fluxo gênico entre as populações.

As plantas bissexuais (85,4%) predominaram e todas as unissexuais (14,6%) são monóicas e pertencentes à família Euphorbiaceae. Melitofilia foi a síndrome mais comum (45%) e néctar foi o recurso mais coletado (75,6%). Prevaleram, também, o hábito arbustivo (70,7%), a simetria actinomorfa (76%), flores em forma de prato (29,4) e quilha (22,0%), grandes (44%) e pequenas (41%). A produção de frutos por autopolinização diferiu significativamente em relação ao controle ( $\chi^2$  total = 419,99, g.l. = 37, P < 0,005), indicando que as plantas dependem de vetores de pólen para a produção de frutos, exceto *Jatropha ribifolia* que obteve alto percentual de autopolinização (70%). As flores das três espécies estão organizadas em dicásios, possuem maior quantidade de flores estaminadas e são protogínicas. Em *J. ribifolia* as flores estaminadas e pistiladas duram cerca de 48 horas e a antese é diurna, enquanto em *J. mollissima* e *J. mutabilis*, as estaminadas duram entre 12 e 15 horas e as pistiladas 36 e 48 horas e a antese é crepuscular. A produção de néctar, a viabilidade polínica e a receptividade estigmática iniciaram-se logo após a abertura total da flor e se sobrepuseram até a senescência das mesmas. A produção de néctar variou ao longo do dia e as flores pistiladas produziram maiores volumes que as estaminadas e a viabilidade polínica e a receptividade estigmática foram observadas nas três espécies durante toda a vida da flor. Não houve diferença significativa entre os tratamentos dos sistemas reprodutivos para *J. mollissima* (KW = 59,796), *J. mutabilis* (KW = 59,058) e *J. ribifolia* (KW = 63,660) e, também, não houve limitação de pólen. As três espécies produziram frutos por geitonogamia e xenogamia e apenas *J. ribifolia* produziu frutos por autopolinização espontânea. Apomixia foi verificada em *J. mollissima* com a maturação de apenas um fruto. *Apis mellifera* foi eficiente na polinização de *J. mollissima* (100%) e *J. mutabilis* (85%). Essa alta eficiência está relacionada exclusivamente a fatores ecológicos, como as características florais simples das duas espécies que facilitam o acesso aos órgãos sexuais da planta e ao ajustamento entre o tamanho da abelha e as

dimensões da flor. Além de *A. mellifera*, *Xylocopa frontalis* (Oliver, 1789) e *Xylocopa grisescens* Lepeletier, 1841, e os beija-flores *Chlorostilbon lucidus* (Shaw, 1818) e *Anopetia gounellei* (Boucard, 1891) são os polinizadores potenciais de *J. mollissima* e *J. mutabilis* na Ecorregião do Raso da Catarina.

**Palavras-chave:** Abelhas, biologia floral, biologia reprodutiva, polinização, semi-árido.

---



# Abstract

---

## ABSTRACT

**(Pollination of native plant species in the semi-arid Caatinga of Brazil and the role of the exotic bee *Apis mellifera* L.).** Caatinga dry forest, the only exclusively Brazilian biome, has the most abundant fauna of the *exotic* honeybee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) in Brazil. Some studies have suggested that these bees, which are highly generalist and opportunist, are not very efficient as pollinators of native plant species. The aim of this work is to address the question: Is *A. mellifera* an efficient pollinator of native plant species of the Brazilian Caatinga? Observations were performed from March 2004 to June 2006 in an area of hyperxerophilous shrub-arboreal caatinga at the Estação Biológica de Canudos, Bahia (9°56'34"S x 38°59'17"W) belonging to the Fundação Biodiversitas. Firstly, we investigated floral attributes, pollination syndromes, sexual systems, and the dependence on pollen vectors of 41 honeybee-pollinated plants (Chapter 1). Then, we study the vegetative and reproductive phenological behavior of *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Jatropha mutabilis* (Pohl) Baill., and *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill., as well as their seed dispersal and predation. The correlation between phenological events and environmental variables (temperature, relative humidity, precipitation, and photoperiod), the capacity for water storage of these plants, the patterns of spatial distribution (Chapter 2), the floral biology, the floral biology, nectar production behavior, floral visitors, and reproductive systems of these species (Chapter 3) were also investigated. Finally, we tested the efficiency of *A. mellifera* to pollinate the species *J. mollissima* and *J. mutabilis* in a single visit (Chapter 4). All of the species demonstrated high capacities for water storage, continuous and irregular phenological behaviors with an absence of flowers, fruits, leaf fall, and leaf budding during the coldest and wettest months. Only flowering in *J. ribifolia* demonstrated significant correlations with precipitation. All of the species demonstrated primary dispersal of their seeds by ballistic autochory, which favors an aggregated distribution of their populations. Secondary dispersal by

myrmecochory and hydrochory were observed. The immature fruits are harvested by birds of the family Psittacidae and the seeds are consumed by granivorous of the families Psittacidae, Colombidae, and Tinamidae. These results indicated that the high capacity of these taxa for storing water facilitates the occurrence of phenological events even in the absence of rainfall; and secondary seed dispersal is necessary to maintain genetic flux between populations. Bisexual plants (85.4%) predominated and all of the unisexual plants (14.6%) belonged to the monoecious genera *Jatropha* in the family Euphorbiaceae. The most common pollination syndrome was melittophily (45%) and nectar was the most collected floral resource (75.6%). The shrub habit was most prevalent (70.7%), as was actinomorphic symmetry (76%); with dish flowers (29.4%) or keels (22%), being large (44%) or small (41%). The production of fruits by self-pollination differed significantly in relation to the control ( $\chi^2$  total = 419.99; g.l. = 37;  $P < 0.005$ ), indicating that the plants depend on pollen vectors in order to be able to produce fruits, except for *Jatropha ribifolia*, which demonstrated a high percentage of seed formation by self-pollination (70%). The flowers of the three species have a dichasium organization, and most of the staminate flowers are protogynic. In *J. ribifolia* the flowers are staminate and pistilate last for about 48 hours and anthesis is diurnal, while in *J. mollissima* and *J. mutabilis* the staminate flowers last from 12 to 15 hours and the pistilate flowers from 36 to 48 hours, with anthesis occurring at sunset. Nectar production, pollen viability, and stigma receptivity initiate soon after the full opening of the flower and they all overlap in activity until senescence. Nectar production varied throughout the day and the pistilate flowers produced larger quantities than the staminate flowers; pollen viability and stigma receptivity during the lifetime of the flower were observed in all three species. Apomixis was observed in *J. mollissima*, with the maturation of only a single fruit. *Apis mellifera* was found to be efficient at pollinating *J. mollissima* (85%) and *J. mutabilis* (85%). This high efficiency was directly related to ecological factors such as the simple floral characteristics of the two species (which facilitates access to the sexual organs of the plant) and

the close fit between the size of the bee and the floral dimensions. Considering their behavior on flowers, the bees *Xylocopa frontalis* and *X. grisescens* and the hummingbirds *Chlorostilbon lucidus* and *Anopetia gounellei* are potential pollinators of *J. mollissima* and *J. mutabilis*.

**Palavras-chave:** Bees, floral biology, breeding system, pollination, semi-arid.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)