

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

**RÔMULO AUGUSTO GUEDES RIZZARDO**

**O PAPEL DE *Apis mellifera* L. COMO POLINIZADOR DA MAMONEIRA  
(*Ricinus communis* L.): AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE  
POLINIZAÇÃO DAS ABELHAS E INCREMENTO DE  
PRODUTIVIDADE DA CULTURA**

**FORTALEZA – CE  
2007**

**RÔMULO AUGUSTO GUEDES RIZZARDO**  
Zootecnista

**O PAPEL DE *Apis mellifera* L. COMO POLINIZADOR DA MAMONEIRA  
(*Ricinus communis* L.): AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE  
POLINIZAÇÃO DAS ABELHAS E INCREMENTO DE  
PRODUTIVIDADE DA CULTURA**

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

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA – CE  
BRASIL  
2007

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Hamilton Rodrigues Tabosa CRB-3/888

R533p Rizzardo, Rômulo Augusto Guedes

O papel de *Apis mellifera* L. como polinizador da mamoneira (*Ricinus communis* L.): avaliação da eficiência de polinização das abelhas e incremento de produtividade da cultura / Rômulo Augusto Guedes Rizzardo  
78 f. il. color., enc.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007

Orientador: Breno Magalhães Freitas

Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal

1. Mamoneira - Polinização 2. Mamona – Rendimento do óleo 3. Anemofilia  
4. Comportamento de pastejo 5 Biodiesel I. Freitas, Breno Magalhães II.  
Universidade Federal do Ceará – Mestrado em Zootecnia III. Título

CDD 636.08

**RÔMULO AUGUSTO GUEDES RIZZARDO**  
Zootecnista

**O PAPEL DE *Apis mellifera* L. COMO POLINIZADOR DA MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.): AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE POLINIZAÇÃO DAS ABELHAS E INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DA CULTURA**

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

Área de concentração: Produção e Melhoramento Animal

Aprovada em: 28 de fevereiro 2007.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Dr. Raimundo Maciel Sousa  
Instituto CENTEC / FAPEC - Sertão Central

A Deus, em sua infinita bondade e misericórdia,  
pela oportunidade de viver;

A Jesus, em toda sua luz, por ter nos trazido as leis  
divinas;

Aos meus pais, Fortunato Janir Rizzardo e Maria  
Teresa Guedes Rizzardo, pelo amor e educação, e  
irmãos, Marcus Vinicius e Júlio César Guedes  
Rizzardo pela oportunidade da convivência e  
estruturação de uma família harmoniosa.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me confiado a oportunidade de fazer parte de uma família unida e que muito me incentivou na realização deste trabalho.

Aos pais, Maria Teresa e Fortunato Janir Rizzardo pelo total apoio e confiança, peças fundamentais para minha formação.

Aos irmãos Marcus Vinicius e Júlio César pela amizade e companheirismo.

Aos Familiares, pelo crédito e incentivo que sempre recebi.

Ao amigo e orientador Prof<sup>o</sup>. Breno Magalhães Freitas, pelos valiosos ensinamentos, dedicação, compreensão e conselhos.

À colega e amiga Eva Mônica Sarmiento da Silva pelo apoio, incentivo e paciência em todos os momentos desta jornada.

Ao professor Sílvio Lengler, pelos ensinamentos e incentivo ao trabalho apícola. E a sua família, pelo apoio e amizade.

À Universidade Federal do Ceará (Departamento de Zootecnia), pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Zootecnia bem como ao corpo docente que o torna de excelência.

Ao Grupo de Pesquisa com abelhas da UFC: Ednir de Oliveira Santiago, Társio Thiago Lopes Alves, Júlio Otávio Pereira Portela, Isac Abrahão Bomfim, Marcelo Casimiro Cavalcante, Francisca Lígia Aurélio Mesquita, Weverton Filgueira Pacheco, Michelle de Oliveira Guimarães e todos seus integrantes.

À empresa Brasil Ecodiesel e a todos os seus integrantes, pela confiança depositada, incentivo à pesquisa, apoio material e cedência da área experimental.

À Dra. Francineuma Ponciano de Arruda pelo incondicional apoio e valiosas sugestões e à Benilda Rodrigues de Almeida pela amizade e colaboração.

À Buriti Agrícola Ltda.: Francisco Lustosa Cabral Neto, Antônio Laurindo N. Filho e todas as pessoas que fizeram ou fazem parte desta empresa e apoiaram de forma crucial na condução dos experimentos. Além do completo apoio logístico, ótima recepção e convivência.

Aos agricultores do Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara, em especial aos moradores da célula U: Seu Luís, Loro e Seu Salvador, bem como ao seu Anísio, da célula J, pela amizade, empréstimo das áreas de mamoneiras e apoio durante os experimentos.

À associação dos apicultores de Cristino Castro – PI, em especial aos apicultores

Henrique Sobrinho e Paulo Ney Cordeiro de Farias, amigos batalhadores e apaixonados pela apicultura, pelo empréstimo das colônias de abelhas, apoio e ensinamentos práticos.

Ao amigo e colega de mestrado Marcelo de Oliveira Milfont pela valiosa cooperação, apoio e sugestões no decorrer do período experimental.

Ao laboratório de Nutrição Animal da UFC, laboratoristas Helena Cruz e Roseane Souza e ao Dr. Ednardo Rodrigues Freitas, pelo auxílio nas análises.

A todos os integrantes do Laboratório de Sementes da UFC, em especial ao pesquisador Alek Sandro Dutra e ao acadêmico Fábio Oliveira Diniz pelo auxílio nos experimentos de avaliação fisiológica das sementes.

Ao Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino, pela colaboração e conselhos. Ao seu Francisco, Hélio, Ceará e todos funcionários do apiário.

Ao Dr. Raimundo Maciel Souza, pela amizade e sugestões para a melhoria deste trabalho.

À Dr. Sílvia Maria de Freitas, pelos ensinamentos e análises estatísticas realizadas.

Aos colegas do 411 e do curso de pós graduação, Bruno Stéfano Miranda Valente, José Antonio Alves Cutrim Junior e Roberto Batista da Silva, pela tranqüila convivência e amizade.

Aos colegas da pós-graduação: Severino, Ana Gláudia, Giselle, Alexandre, Francismá, Ivan, Alexandre, Cecília, Tatiana e Cellyneude, pela amizade.

À galera da graduação em Zootecnia e Agronomia, que sempre mantiveram o clima de alegria e felicidade na UFC.

Aos Eng. Agrônomos Jefferson Gonçalves Américo Nobre e Levi Gonçalves Moreira, pelo empréstimo de área de mamoneiras na estação agrometeorológica da UFC.

À secretária da pós graduação Francisca Prudêncio.

Ao CNPq e FUNDECI-BNB, pela bolsa de estudos que me possibilitou realizar o curso de mestrado e financiamento do projeto, respectivamente.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, da construção e êxito deste trabalho.

"Se você planeja para um ano,  
plante arroz...,  
se planeja para dez,  
plante uma árvore...,  
mas,  
se planeja para um século,  
eduque a humanidade"  
Kuan-Tzu



## RESUMO

A pesquisa foi realizada no Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara, idealizado e administrado pela Brasil Ecodiesel Indústria e Comércio de Biocombustíveis e óleos vegetais S. A., localizado no município de Canto do Buriti, estado do Piauí, e na Universidade Federal do Ceará, localizada em Fortaleza, no estado do Ceará. A coleta de dados ocorreu durante o período de Abril de 2006 a Janeiro de 2007 com o objetivo de investigar a polinização da mamoneira (*Ricinus communis* L.), o papel de agentes polinizadores bióticos e a utilização de abelhas *Apis mellifera* na sua polinização, visando contribuir para minimizar as perdas de produtividade desta cultura. Foram avaliados a biologia floral e requerimento de polinização da mamoneira; eficiência da polinização por *Apis mellifera* e comportamento de pastejo de *Apis mellifera* e *Scaptotrigona bipunctata* H. (canudo) em inflorescência de mamoneira, bem como os frutos e sementes produzidas na cultura. Os resultados mostraram que as abelhas coletam pólen e néctar durante todo o dia, tendo a abelha canudo, preferência pelo pólen. A mamoneira aceita polinização cruzada, porém vingando significativamente ( $p < 0,05$ ) menos que a autopolinização. O vento mostrou-se o principal vetor de pólen na plantação. Áreas com introdução de abelhas melíferas produziram marginalmente ( $p = 0,08$ ) mais frutos que áreas sem a introdução de abelhas. De forma semelhante, também levaram a significativa ( $p < 0,05$ ) produção de racemos com mais frutos (22,39) e sementes mais pesadas (0,54g) com maior percentual de óleo (54,48%) e maior energia bruta (9006,81kcal/kg) do que o obtido em áreas sem abelhas (15,84, 0,47g, 49,94% e 8843,29kcal/kg, respectivamente). A avaliação fisiológica das sementes não encontrou diferenças entre os dois tratamentos, ambos apresentaram média de 84% de germinação. Pode-se concluir que o principal agente polinizador da mamoneira é o vento e que a espécie pode ser polinizada, vingando seus frutos tanto por meio de autopolinização quanto polinização cruzada, embora apresente melhores resultados com autogamia. A introdução de colônias de *Apis mellifera* em cultivos de mamona contribui para incremento significativo de produtividade da cultura, tanto ao aumentar o número de frutos por cacho quanto o rendimento de óleo dos mesmos, provavelmente porque ao coletar pólen as abelhas melíferas aumentam a quantidade de autopólen em suspensão no ar nas proximidades da panícula, favorecendo uma maior percentagem de autopolinização.

Palavras-chave: polinização da mamoneira, rendimento de óleo, anemofilia, comportamento de pastejo, biodiesel.

## ABSTRACT

The research was carried out in the Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara, idealized and administered by the Brasil Ecodiesel Indústria e Comércio de Biocombustíveis e óleos vegetais S. A., county of Canto do Buriti, state of Piauí, Brazil, and at the Universidade Federal do Ceará, located in Fortaleza, state of Ceará. Data were collected from April 2006 to January 2007 investigating castor bean (*Ricinus communis* L.) pollination, the role of biotic pollinating agents and the use of the honey bee *Apis mellifera* in its pollination. The study aimed to contribute in mitigating yield productivity losses in this crop. The following parameters were evaluated: floral biology, castor bean pollination requirements, *A.mellifera* pollination efficiency, foraging behavior of *A.mellifera* and *Scaptotrigona bipunctata* in castor bean inflorescences, and physiological evaluation of fruits and seeds produced. Results showed that both bee species harvested pollen and nectar throughout the day, but *S. bipunctata* prefers pollen much more than nectar. The castor bean plant accepts cross pollination, but it sets significantly ( $p < 0.05$ ) less fruits than self-pollination. The wind appeared as the main pollen vector in the plantation. Areas where honey bee colonies were introduced produced marginally ( $p = 0.08$ ) more fruits than areas where no colony was made available. Similarly, they also led to significantly ( $p < 0.05$ ) more fruits per raceme (22.39) heavier seeds (0,54g) greater oil percentage (54.48%) and greater gross energy (9006.81kcal/kg) than those produced in areas without introduction of honey bee colonies (15.84, 0.47g, 49.94% e 8843.29kcal/kg, respectively), Physiological evaluation of seeds found no significant differences among treatments and produced an average 84% germination. It is concluded that the wind is the major pollinator of castor bean, and this species can be pollinated and set fruits both by means of cross and self-pollination, though showing better results under autogamy. The introduction of *A. mellifera* colonies in castor bean plantations contributes to increase crop productivity significantly, both increasing the number of fruits set per raceme and their oil content, probably because when collecting pollen honey bees increase the amount of self-pollen floating in the air around the panicles, favoring greater proportion of self-pollination.

Key-words: castor bean pollination, oil content, anemophily, foraging behavior, biodiesel.

## LISTA DE TABELAS

- TABELA – 1 Vingamento de frutos da mamoneira (*Ricinus communis* L.) sob polinização livre, restrita (com filó, papel e emasculada com papel), cruzada manual e autopolinização manual. Canto do Buriti – PI, 2006. 56
- TABELA – 2 Vingamento de frutos da mamoneira (*Ricinus communis* L.) sob polinização livre com introdução de *Apis mellifera*, livre (testemunha sem introdução de abelhas), restrita (filó e papel) e autopolinização manual. Canto do Buriti – PI, 2006. 58
- TABELA – 3 Número de frutos, peso médio do racemo secundário e peso do fruto de mamoneira, variedade BRS 149 Nordestina sob dois tratamentos: com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006. 59
- TABELA – 4 Avaliação do peso médio (g) de 100 sementes, porcentagem de amêndoa e casca, matéria seca, extrato etéreo e energia bruta do óleo de sementes de mamoneira, proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006. 61
- TABELA – 5 Avaliação da matéria seca, extrato etéreo e teor de energia bruta do óleo extraído da amêndoa de sementes de mamoneira, proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006. 61
- TABELA – 6 Avaliação da matéria seca e extrato etéreo da casca de sementes de mamoneira proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006. 62
- TABELA – 7 Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Ricinus communis* L. proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006. 63

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA – 1 Croqui da área do Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara, com a divisão das células destinadas à agricultura familiar. Em vermelho (A), área percorrida para a escolha dos locais de execução dos experimentos. No detalhe (B) a célula U, escolhida para condução dos experimentos e a localização dos mesmos com relação à presença ou ausência de colônias de *Apis mellifera*, em área de produção de mamona (*Ricinus communis* L.). Canto do Buriti, PI. 2006 35
- FIGURA – 2 Flor feminina da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina) em diferentes estágios de desenvolvimento, botão floral (A), início da antese (B), flor aberta (C) e fruto em desenvolvimento (D). 46
- FIGURA – 3 Flor feminina da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina), três (A) e quatro (B) dias após proteção do botão floral com saco de papel. Crescimento anormal dos estigmas. 46
- FIGURA – 4 Flor masculina da mamoneira em diferentes estágios de desenvolvimento, botão floral (A), início da antese (B) e período de intensa liberação de pólen (C). 47
- FIGURA – 5 Padrão de disponibilidade de pólen no ambiente e formação da camada de abscisão em flores masculinas da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina) no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2007. 48
- FIGURA – 6 Abelhas visitantes da mamoneira: *Apis mellifera* L. (A) e *Scaptotrigona bipunctata* Holmberg (B). Esta última visita as flores femininas também. 50
- FIGURA – 7 Padrão de forrageamento por pólen e néctar de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) em área de produção de mamona (*Ricinus communis* L.). Variação em função do horário do dia e do número de abelhas coletando cada recompensa. Canto do Buriti – PI, 2006. 52
- FIGURA – 8 Curva ajustada a equação:  $Y = \exp. (-243,8 - 90,76 \cdot H - 11,94 \cdot H^2 - 0,6677 \cdot H^3 - 0,0135 \cdot H^4)$ , em função do tempo, para o padrão de forrageamento de *Apis mellifera* por pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em Canto do Buriti – PI, 2006. 52
- FIGURA – 9 Curva ajustada a equação:  $Y = \exp. (-236,5 + 81,89 \cdot H - 10,27 \cdot H^2 + 0,5609 \cdot H^3 - 0,01124 \cdot H^4)$ , em função do tempo, para o padrão de forrageamento de *Apis mellifera* por néctar de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em Canto do Buriti – PI, 2006. 53

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA – 10 Padrão de forrageamento por pólen e néctar de abelhas *Scaptotrigona bipunctata* (Holmberg) em mamoneiras (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2007. 54
- FIGURA – 11 Curva ajustada a equação:  $Y = \exp(5.30123 - 0.2602 * \text{Hora})$ , em função do tempo, para o número de abelhas coletando pólen em função da hora. ( · ) valores observados e (–) modelo estimado para abelha *Scaptotrigona bipunctata* (Holmberg). 55

## APÊNDICES

APÊNDICE A	Homogeneidade de variância das amostras pelo ‘teste F’ dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.	76
APÊNDICE B	Análise de variância dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.	77
APÊNDICE C	Comparação de médias pelo ‘teste t’ dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.	78

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	5
RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
APÊNDICES .....	13
1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	18
2.1 Objetivo geral .....	18
2.2 Objetivos específicos .....	18
3. HIPÓTESES .....	19
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	20
4.1 Abelhas e polinização .....	20
4.2 A Cultura da mamona .....	22
4.2.1 Variedades .....	24
4.2.2 Biologia floral .....	26
4.3 Importância econômica .....	28
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
5.1 Caracterização da área .....	32
5.2 Escolha das áreas experimentais .....	33
5.3 Implantação da cultura .....	34
5.4 Biologia floral da mamoneira .....	36
5.4.1 Flores femininas .....	36
5.4.1 Flores masculinas .....	36
5.5 Requerimento de polinização da mamoneira .....	36
5.6 Comportamento de pastejo de <i>Apis mellifera</i> L. em inflorescência de mamoneira .....	38
5.7 Eficiência da polinização por <i>Apis mellifera</i> L. ....	39
5.7.1 Seleção das colônias para o experimento .....	39
5.7.2 Preparação e transporte das colméias .....	40
5.7.3 Manejo das colônias .....	40
5.7.4 Tratamentos .....	40

5.8 Avaliação da cultura e produção de frutos por inflorescência .....	41
5.9 Avaliação das sementes produzidas .....	43
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
6.1 Biologia floral.....	45
6.1.1 Flores femininas .....	45
6.1.2 Flores masculinas .....	47
6.2 Visitantes da mamoneira .....	49
6.3 Comportamento de pastejo da <i>Apis mellifera</i> L. em <i>Ricinus communis</i> L.....	51
6.4 Comportamento de pastejo da abelha canudo ( <i>Scaptotrigona bipunctata</i> H.) em <i>Ricinus communis</i> L.....	53
6.5 Requerimentos de polinização da mamoneira .....	55
6.6 Eficiência da polinização por <i>Apis mellifera</i> L. ....	57
6.7 Avaliação da produção e peso dos frutos .....	58
6.8 Avaliação das sementes produzidas .....	59
7. CONCLUSÕES.....	64
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65



# 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um histórico bem sucedido e reconhecimento mundial na produção de biocombustíveis com o Programa Nacional do Alcool. Atualmente, vem investindo no programa de produção de biodiesel, termo que constitui uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, com grandes vantagens ecológicas e sociais quando comparado ao combustível tradicional derivado do petróleo, o diesel (HOLANDA, 2004). O Biodiesel pode ser produzido a partir de uma série de espécies vegetais como o dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq.), babaçu (*Orbygnia speciosa* Mart., Barb. Rodr.), girassol (*Helianthus annuus* L.), mamona (*Ricinus communis* Linne), canola (*Brassica napus* L. e *Brassica rapa* L.), soja (*Glycini max* L., Merrill), entre outras, bem como a partir de gordura animal e restos de frituras.

A região Nordeste, responsável pelo consumo de 15% do diesel do País, é pioneira nas iniciativas em relação ao biodiesel. Ao final de 1980, após dois anos de estudos e testes realizados em parceria com a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial – NUTEC, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Transporte da Companhia de Eletricidade do Ceará – COELCE e Centro Técnico Espacial do Ministério da Aeronáutica; foi lançado em Fortaleza o PRODIESEL, concebido como sucedâneo vegetal para o óleo diesel do petróleo. Neste período foram remetidos, aos fabricantes de motores de ciclo diesel, cerca de 300 mil litros do então PRODIESEL para testes e adaptações de motores (PARENTE, 2003). No entanto, este programa ficou paralisado por alguns anos devido à diminuição do preço do petróleo e o desinteresse por empresas e órgãos públicos.

Em 2005, após incentivos do Governo Federal ao programa nacional B2, visando à substituição em mistura, de 2% do diesel mineral utilizado e vendido no país, por diesel oriundo de óleos vegetais, a PETROBRAS iniciou a instalação de uma usina para produção comercial no Município de Guamaré, Rio Grande do Norte, fabricando o biodiesel de mamona. Estimou-se uma capacidade diária de dois mil litros, satisfazendo a mistura dos 2% ao diesel veicular no estado e em municípios vizinhos. Além desta, outras já foram instaladas, como a do NUTEC, em Fortaleza, e as da Brasil Ecodiesel, em Floriano, no estado do Piauí, Iraquara, na Bahia e Crateús, no Ceará. Sendo cada uma das duas últimas, capaz de produzir 118,8 mil m<sup>3</sup> de biodiesel ao ano. Além das plantas já instaladas, existem vários projetos de expansão e construção de novas unidades de processamento, que ampliarão a capacidade produtiva da região nordeste para cerca de 248,3 milhões de litros até o final de 2007,

segundo estimativas do Ministério de Minas e Energia. Esse volume é suficiente para atender à demanda regional ao programa B2 (OLIVEIRA e RAMALHO, 2006).

Devido ao elevado teor de óleo nas sementes, tolerância a diversas condições edafoclimáticas e adaptação ao semi-árido, a mamoneira pode ser considerada uma alternativa para a agricultura familiar, sendo a mais difundida para a produção de biodiesel. É uma espécie vegetal oleaginosa de origem africana, que foi trazida ao Brasil pelos escravos durante a colonização portuguesa. Adaptou-se tão bem às condições brasileiras que hoje é encontrada em várias regiões do país, desde o Rio Grande do Sul até o Amazonas, cresce de forma subespontânea em áreas rurais, cuja vegetação nativa original foi removida e também em terrenos não edificados de áreas urbanas. O óleo contido na semente tem sido a razão de interesse por esta planta desde a antiguidade, quando era usado na confecção de cosméticos, cremes para proteção da pele, laxativo, combustível de lamparina para iluminação e em mistura com pigmentos para enfeitar os corpos de guerreiros tribais (AZEVEDO *et al.*, 1997). Atualmente, a mamoneira é cultivada em vários países ao redor do mundo, sendo a Índia, China e Brasil os maiores produtores. Seu cultivo ainda visa à extração do óleo, mas como principal foco a produção de biodiesel.

Apesar do potencial produtivo da cultura da mamona, observado em ensaios experimentais (SEVERINO *et al.*, 2006a,b), com produções acima de 1500 kg/ha para diversas variedades cultivadas no município de Quixeramobim, sertão cearense, a produtividade média brasileira é baixa, 673kg/ha (CONAB, 2007). Mesmo com o acentuado acréscimo de produtividade em relação aos 321 kg/ha do final da década de 90, este valor é bem inferior à China (978kg/ha), Índia (1.221 kg/ha) e a média mundial (1.014 kg/ha) (ALVES, M. *et al.*, 2004).

No entanto, questões relacionadas à perda de produtividade não são peculiaridades à exploração comercial da mamona, mas um problema que vem afetando a maioria das culturas agrícolas mundiais e que tem preocupado produtores e entidades envolvidas com o sistema agrícola global (FAO, 2004). Mesmo com o crescimento acentuado da agricultura mundial a partir de 1960, que transformou pequenos plantios manuais em grandes áreas de produções intensivas e tecnificadas, com monoculturas, plantio direto, aplicações maciças de defensivos agrícolas etc., levantamentos têm mostrado um crescente declínio na produtividade de algumas culturas. Quando avaliadas em pequenos canteiros são de ótima produção, mas em grandes áreas nem sempre atingem os objetivos previstos. Isto pode ser atribuído a vários fatores, como maior exigência de nutrientes, pH do solo, requerimento de água e clima, além da perda de polinizadores naturais que são responsáveis pela polinização da grande maioria

das plantas cultivadas pelo homem. A perda de agentes bióticos em áreas agrícolas já chegou a situações tão extremas que em culturas como maçã (*Malus domestica* Borkh), melão (*Cucumis melo* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), kiwi (*Actinidia deliciosa* A. Chev, C.F. Liang & A.R. Ferguson), melancia (*Citrullus lanatus* Thunb., Matsun & Nakai), entre outras, para assegurarem níveis de produtividade competitivos no mercado e que possam gerar algum lucro, os produtores têm que optar entre alugar abelhas ou pagar pessoas para fazerem a polinização manual, (FREE, 1993; FREITAS, 1995).

A mamoneira, no entanto, é uma incógnita. Embora existam indicações de que seja polinizada pelo vento (TÁVORA, 1982; SEVERINO, 2006), não há nas literaturas nacional e internacional qualquer trabalho consistente que possa fornecer alguma informação sobre os requerimentos de polinização desta espécie. Por outro lado, muitas espécies vegetais da família da mamona (Euphorbiaceae) são dependentes de insetos como polinizadores, principalmente abelhas. Exemplos bem familiares ao nordeste brasileiro são os casos do marmeleiro (*Croton sonderianus*) e do velame (*Croton campestris*), que além de dependerem das abelhas para a sua polinização, ainda são importantes fontes de pólen e néctar para a apicultura da região (FREITAS, 1991; NORONHA, 1997).

Diante da necessidade de investigação do requerimento de polinização da mamoneira, do papel de agentes polinizadores bióticos e da utilização de abelhas *Apis mellifera* na sua polinização, este trabalho tem como objetivo contribuir para minimizar as perdas de produtividade agrícola desta cultura e, conseqüentemente, melhorar a lucratividade da lavoura, reduzir a expansão da cultura para áreas ainda florestadas e possibilitar o país alcançar suas metas de produção e utilização do biodiesel.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Avaliar a possibilidade de consorciar a atividade apícola com o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.).

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar o sistema de polinização da mamoneira (*Ricinus communis* L.);
- b) Determinar a viabilidade da utilização de *Apis mellifera* na polinização da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e na maximização de sua produtividade.

### **3. HIPÓTESES**

H0: A mamoneira é polinizada pelo vento, não dependendo de agentes bióticos para maximizar a produção de frutos;

H1: A mamoneira, além do vento, também pode ser polinizada por agentes bióticos que contribuem para maximizar a produção de frutos.

H0: A introdução de colônias de abelhas melíferas em plantios comerciais de mamona não afeta a produtividade da cultura;

H1: A introdução de colônias de abelhas melíferas em plantios comerciais de mamona leva a incrementos na produtividade da cultura.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Abelhas e polinização

A polinização pode ser definida como a transferência dos grãos de pólen (gametas masculinos) desde as anteras das flores onde são produzidos, até sua deposição no estigma (receptor feminino), que pode ser da mesma flor, de uma outra flor da mesma planta ou de outra planta da mesma espécie (OSBORNE *et al.*, 1991). Este processo é necessário para que os grãos de pólen possam germinar no estigma da flor e fecundar os óvulos dando origem às sementes, assegurando a próxima geração de plantas daquela espécie (FREITAS, 1995). Quando a polinização é feita pelo pólen da própria flor (necessariamente hermafrodita), tem-se a autogamia ou autopolinização. Entre flores da mesma planta, geitonogamia, e entre flores de diferentes plantas, alogamia ou polinização cruzada (de JONG *et al.*, 1993).

Devido às plantas não possuírem capacidade para locomoção, durante sua evolução desenvolveram mecanismos para possibilitar o encontro dos gametas, tornando possível a produção de sementes. Algumas espécies vegetais possuem a capacidade de autopolinização, fazendo com que os estigmas toquem as anteras contendo pólen ou que este seja liberado de forma a atingi-lo, sem a necessidade da interação com o meio. Entretanto, a grande maioria das plantas é dependente de agentes externos para que ocorra a fecundação (McGREGOR, 1976; FREE, 1993).

Os agentes polinizadores podem ser classificados em dois grupos: os abióticos (vento, água, gravidade) e os bióticos (insetos, aves, répteis e mamíferos). Diante destas possibilidades, estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo sejam polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004).

Enquanto a maioria dos potenciais polinizadores só visita as flores para satisfazer suas necessidades imediatas e quase sempre não as tem como suas únicas fontes de alimentos (CORBET *et al.*, 1991; FREE, 1993), as abelhas, de um modo geral alimentam-se basicamente de pólen e néctar, precisando visitar grandes quantidades diárias de flores para satisfazerem suas necessidades individuais, das crias e/ou da colônia. Esse trabalho incansável de visitação às flores faz das abelhas os principais agentes polinizadores das plantas, silvestres

ou cultivadas (NOGUEIRA-NETO, 1997; KERR *et al.*, 1996).

A polinização costuma ser apontada como o mais importante benefício das abelhas para a humanidade. Quando é realizada com qualidade, ocorre melhor vingamento de frutos, maior homogeneidade no amadurecimento, diminuindo perdas de colheita, melhoria no peso e conformação de frutos e sementes, número e peso de semente, bem como aumento no teor de óleos (FREE, 1993; FREITAS, 1998; MALAGODI-BRAGA, 2005). Aumento nos teores de óleos é um parâmetro muito desejado atualmente devido à demanda de combustíveis limpos e renováveis (biocombustíveis), como o biodiesel.

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

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

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

A utilização de abelhas para polinização no Brasil, além de ser mínimo, na maioria dos casos é feito sem o manejo adequado, além da falta de direcionamento dos serviços de polinização e cuidados com os agentes polinizadores nativos. O aluguel de colônias de abelhas melíferas vem sendo utilizado de forma comercial em apenas duas culturas brasileiras: a do melão (*Cucumis melo*), no Nordeste, destacando-se os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, com cerca de 10 mil colméias a um custo de R\$ 30,00/unidade; E a cultura da maçã (*Malus domestica*) no Sul, principalmente em Santa Catarina, com 10 mil colméias a R\$ 40,00/unidade, perfazendo o valor bruto de R\$ 2,1 milhões arrecadado pelos apicultores em 2004. Ainda muito baixo em relação ao que pode ser produzido (FREITAS e

IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

No Semi-Árido brasileiro, pouco se tem feito a respeito da falta de polinizadores nas culturas agrícolas exploradas pelo homem, preferindo-se atribuir a baixa produtividade à outros fatores, como: condições climáticas, variedades cultivadas, poucos resultados com o uso de agroquímicos, solo, ataque de pragas e doenças (COUTO, 1996; FREITAS, 1998). Como se nada disso interagisse de uma forma ou de outra com o processo de polinização das plantas. Desta forma, pouco se investe em pesquisas sobre os requerimentos de polinização e identificação de polinizadores eficientes para as principais culturas exploradas na região.

Atualmente, a maioria dos estados nordestinos, incentivados pelo Governo Federal, está investindo na cultura de mamona (*Ricinus communis* L.) como uma forma de incremento de renda para o produtor rural. Estimulados por estimativas de elevadas produções de Biodiesel para atender o mercado interno e até exportações, os produtores do semi-árido podem ver a mamoneira como uma forma da inserção social, preservação do meio ambiente e melhoria na qualidade de vida, a partir da redução no consumo de petróleo (MDA, 2007a). Entretanto, pouco se sabe sobre o sistema de polinização da mamoneira e o papel dos polinizadores bióticos e/ou abióticos nesse processo. Há uma necessidade de estudos para se ter conhecimento de como a mamoneira é polinizada, e da possibilidade de se manejar polinizadores para incrementar a produtividade desta cultura (FREE, 1993).

## 4.2 A Cultura da mamona

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), também conhecida como carrapateira, palma-cristi e enxerida, é uma planta originária, possivelmente, da Abissínia, atual Etiópia, no continente africano. Pertence ao filo Angiospermae, classe Dicotyledonae e família Euphorbiaceae. Seu potencial é considerado perene, sob condições favoráveis de clima, pode produzir por vários anos (BELTRÃO *et al.*, 2001; MELHORANÇA e STAUT, 2005).

A germinação da semente é epigea, sendo os cotilédones carregados para o ápice da plântula e se abrindo em duas folhas verdes. O sistema radicular é pivotante e fistuloso, podendo atingir até 1,5m de profundidade (MELHORANÇA e STAUT, 2005). Possui porte muito variado, com alturas entre 0,8 e 7,0 metros e diversas colorações de caule pecíolo e racemos, dependendo da variedade (BELTRÃO *et al.*, 2001).

O caule é glabro com coloração variando do verde ao roxo, podendo ser coberto por uma substância cerosa branca que ocorre também nos pecíolos. Pode apresentar



rugosidade e nós bem definidos. O crescimento é vertical, com todos seus ramos terminando em estruturas florais (WEISS, 1971).

Após a primeira inflorescência, ramos laterais começam a surgir de gemas situadas logo abaixo, dando origem a novos ramos que após quatro a oito nós dão origem a novas inflorescências, chamadas racemos secundários. Conseqüentemente aparecem ramificações provenientes dos primeiros nós dos ramos secundários, dando origem aos terciários, ou de terceira ordem e assim sucessivamente. Podem ser encontrados racemos de diferentes ordens e estágios de maturação numa mesma planta. Porém, o número de inflorescências é determinado, principalmente, pela cultivar e densidade do plantio (TÁVORA, 1982; BELTRÃO *et al.*, 2001).

As folhas são grandes, caducas, podem ser peltadas ou digitolobadas constituídas de cinco a 11 lóbulos, com limbo arredondado, margens serreadas ou dentadas e nervuras salientes na superfície inferior. Apresentam pecíolo longo e fistuloso. Geralmente a coloração das folhas e pecíolos acompanha a do caule (WEISS, 1971). O metabolismo fotossintético da mamoneira é do tipo C<sub>3</sub>, demonstrando-se menos eficiente que plantas do tipo C<sub>4</sub>, como é o caso do milho (*Zea mays* L.). Apresentam glândulas nectaríferas na extensão dos pecíolos e na base de cada folha (TÁVORA, 1982; BELTRÃO *et al.*, 2001).

O fruto é uma cápsula tricoca, com três sementes de coloração variando do verde ao roxo (TÁVORA, 1982), podem ser classificados em deiscentes, semi-deiscentes ou indeiscentes (MELHORANÇA e STAUT, 2005). Podem apresentar cachos com tamanhos variando entre 8,8 e 10 cm nos menores, até 74 a 80 cm de comprimento nos maiores, dependendo do ambiente e da cultivar (PRATA, 1969; SÁ *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2004).

O peso de 100 sementes pode variar entre variedades e dentro da própria variedade, atingindo 66 a 75 gramas nas sementes maiores, até cerca de 34g nas menores. Apresentam forma ovóide ou oblonga com superfície dorsal arqueada e proeminente carúncula. Sua cor varia desde o branco, cinza, marrom ao preto, com mosqueamentos característicos (TÁVORA, 1982; SAVY FILHO, 2001; SEVERINO *et al.*, 2004).

Embora seja considerada de clima quente, a mamoneira é extremamente adaptável às mais variadas condições ambientais. Desenvolve-se muito bem em climas tropicais e subtropicais, podendo ser produzida também em zonas temperadas. Sua área de cultivo está normalmente compreendida entre os 40°N e 40°S. Nas zonas temperadas, com verões secos, encontra as condições mais favoráveis para a produção máxima. Pode ser cultivada em muitos tipos de solo, porém, como a maioria das culturas agrícolas, dá preferência a solos bem drenados, de textura franca e bem balanceados sob o ponto de vista nutricional (TÁVORA,

1982). Recomenda-se o plantio em altitudes ente 300 e 1500 metros (MELHORANÇA e STAUT, 2005) com precipitação variando entre 450 e 1000 mm/ano (WEISS, 1971) e temperaturas entre 20 e 30°C (SILVA, 1981). De modo geral, seu ótimo ecológico apresenta-se em altitudes de 800m, com dias longos de pelo menos 12 horas de sol, baixa intensidade de orvalho, temperatura em torno de 28°C com umidade relativa do ar de 50 a 60% e precipitação pluvial de 700 mm/ano (BELTRÃO e SEVERINO, 2006). O pH ideal para o cultivo da mamona está entre 6,0 e 6,5 (CARVALHO, 2005)

A época de plantio no Nordeste do Brasil deve ser determinada de forma a aproveitar ao máximo o período chuvoso, mas sendo a colheita feita em época seca. Para isso, deve-se observar o ciclo da cultivar a ser plantada, o início e final do período chuvoso (TÁVORA, 1982).

Devido a variação de sua altura, normalmente é classificada de acordo com seu porte, em: Anã, com altura inferior a 1,8m e Normal, divididas em três tipos: Médio, entre 1,8 e 2,5 metros; Alto, entre 2,5 e 5 metros e Arbóreo, superior a 5 metros (GONÇALVES *et al.*, 1981; TÁVORA, 1982).

#### 4.2.1 Variedades

No Brasil existem mais de dez variedades cultivadas de mamoneira. No entanto, a grande maioria dos plantios restringe-se a apenas quatro delas: BRS149 Nordestina e BRS 188 Sertaneja (Paraguaçu), ambas desenvolvidas pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para a região Nordeste, Al Guarany 2002 e IAC 80, produzidas pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) para a região Sudeste. Apesar dessas variedades terem sido desenvolvidas visando regiões específicas do Brasil, elas têm sido cultivadas em várias partes do país.

BRS 149 Nordestina: Lançada em 1998 pela EMBRAPA Algodão, por meio de seleção individual com testes de progênie na variedade local Baianita. É uma cultivar de porte médio, com altura entre 1,7m e 1,9m, caule de coloração verde e coberto de cera, racemo de forma cônica, e frutos semi-deiscentes com espinhos. Semente grande, de cor preta, peso médio de 0,68g, contendo 49% de óleo. A floração inicia-se aproximadamente aos 50 dias após a emergência das plântulas, tendo de cinco a sete cachos com média de 37 frutos por cacho. Deve ser plantada com espaçamento entre linhas variando de 3m (consorciado) a 2,5 (solteiro) e 1m entre plantas. Essa cultivar foi desenvolvida para plantio em região semi-árida

e uso na agricultura familiar, com plantio e colheita manual (parcelada). De ciclo longo (230 a 250 dias) e grande tolerância à seca. Tem susceptibilidade moderada ao mofo cinzento e sua necessidade é de 500 a 1000 mm de chuva bem distribuídos ao longo do ciclo. Sua maior exigência de água é da fase inicial do desenvolvimento aos 70 dias. Em condições normais, com fertilidade do solo mediana, altitude superior a 300m, tratos culturais adequados e pelo menos 500 mm de chuva, pode produzir 1.500 kg/ha de sementes, podendo chegar a 4.500kg/ha em condições irrigadas. Possui tolerância a poda para produção no segundo ano (BELTRÃO *et al.*, 2002; CARTAXO *et al.*, 2004; SILVA, 2005; EMBRAPA, 2007).

AL Guarany 2002: Cultivar desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), mediante seleção massal clássica da mamona IAC Guarani. Seu porte é médio, variando entre 1,6 e 2,6m, ciclo de 180 dias, caule de coloração roxo-avermelhada com serosidade e ramos formando ângulo bem fechado. Possui frutos indeiscentes com espinhos, sementes de tamanho médio, cor predominantemente marrom escura com estrias cinza-claras, peso aproximado de 0,46g e 47 a 48% de óleo na semente. Sua produtividade varia de 1.000 a 2.500kg de grãos/ha. É susceptível a fusariose e bacteriose e medianamente susceptível ao mofo cinzento. É recomendado o plantio com espaçamento de 1,50 x 1,00m e gasto de 8 a 10kg de sementes por hectare. Essa cultivar foi desenvolvida para as condições climáticas do estado de São Paulo mas pode ser plantada em diferentes regiões do país com características climáticas similares. Seu descascamento é exclusivamente por máquinas. A colheita pode ser manual ou mecânica, sendo feita de uma única vez (AMARAL, 2002; EMBRAPA, 2007).

BRS 188 Sertaneja: Cultivar desenvolvida pela Embrapa / EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A.) É a mesma cultivar antes chamada de Paraguaçu. Tem, em média, 1,6m de altura, caule de coloração roxa coberto de cera, racemo oval, frutos semi-deiscentes e semente grande de cor preta, pesando aproximadamente 0,71g e contendo 48% de óleo. Deve ser plantada com espaçamento entre linhas variando de 3m (consorciado) a 2,5 (solteiro) e 1m entre plantas. Sua floração inicia-se aproximadamente aos 50 dias após a emergência. Foi desenvolvida para plantio em região semi-árida e uso na agricultura familiar, com plantio e colheita manual (parcelada). Ciclo longo (até 250 dias), grande tolerância à seca e susceptibilidade moderada ao mofo cinzento. Em condições normais, com fertilidade do solo mediana, altitude superior a 300m, tratos culturais adequados e pelo menos 500 mm de chuva pode produzir 1.500 kg/ha (BELTRÃO *et al.*, 2002; EMBRAPA, 2007).

IAC 80: Desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), foi lançada em 1982, sendo ainda muito plantada. Tem porte alto, de 2,5 a 3,5m, ciclo vegetativo de 240 dias, caule verde e sem cera. Cachos cônicos e longos projetando-se acima das folhas, frutos deiscentes, semente de tamanho médio, pesando 0,43g, cor marrom escura com estria cinza-claras e 47% de óleo. Possui alto potencial produtivo, de 1500 a 4.000 kg/ha. Porém susceptível ao mofo cinzento, fusariose e moderadamente à bacteriose. Deve ser plantada em espaçamento de 2,5 a 3,0 x 1,0m, com consumo de 4,0kg de semente/ha. Essa cultivar foi desenvolvida para o do Estado de São Paulo, mas é muito plantada em diversas regiões do país. Embora tenha um potencial produtivo muito alto, a deiscência dos frutos exige que se faça colheita parcelada em até cinco vezes (SAVY FILHO, 2001; EMBRAPA, 2007).

#### 4.2.2 Biologia floral

##### Inflorescência

A mamoneira é uma planta monóica, apresentando inflorescência do tipo racemo, com flores masculinas localizadas na base e femininas no ápice. A proporção de flores femininas varia entre 30% e 50%, podendo em alguns casos, representar de 5% a 100% da inflorescência, dependendo do comprimento do dia, temperatura, poda, nutrição mineral, idade fisiológica da planta e aplicação de hormônios. Tanto as flores masculinas como as femininas não possuem pétalas e são protegidas no botão por três ou cinco sépalas, sendo raro o aparecimento de flores hermafroditas (WEISS, 1971; TÁVORA, 1982).

##### Flores masculinas

As flores masculinas apresentam um único perianto com sépalas cobrindo um grande número de estames, filamentos muito ramificados - 20 a 40 ramificações primárias, 40 a 80 ramificações secundárias e 500 a 800 anteras. Cada flor chega a ter mais de 60 mil grãos de pólen, ovais, tricolporados, de escina lisa, com 20 a 22µm de largura e 29 a 33µm de comprimento (MOSHKIN e PERESTOVA, 1986). Já Bianchini e Pacini (1996), estudando flores masculinas, perceberam a presença de 1000 a 1500 anteras por flor, constituídas de uma única teca com dois lobos unidos por uma fina camada de células epidérmicas.

As anteras são arredondadas, de coloração amarelada, que abrem explosivamente lançando pólen a grandes distâncias. A maior liberação do pólen ocorre nas horas mais quentes do dia, podendo variar de acordo com a cultivar utilizada (TÁVORA, 1982;

BELTRÃO *et al.*, 2001).

De acordo com Weiss (1971), as flores masculinas abrem duas a três horas antes do amanhecer, liberando pólen viável até o final da tarde, com um pico ao meio da manhã. As flores masculinas freqüentemente caem logo após a liberação de pólen. Sua máxima liberação ocorre entre 26°C e 29°C, com umidade relativa de 60%. Temperaturas inferiores a 15°C, bem como períodos de umidade alta e prolongada, em torno de 15 dias, causam danos aos grãos de pólen, perdendo o vigor e viabilidade. Alguns grãos podem inchar e germinar dentro da própria antera.

#### Flores femininas

O botão floral feminino tem forma cônica, estreita, medindo de 0,6 a 1,2cm de comprimento e de 0,2 a 0,4cm de diâmetro (MOSHKIN e PERESTOVA, 1986). As flores femininas contêm ovário súpero, tricarpelar, estilete curto terminado em três ramos bífidos, de coloração variando do amarelo ao vermelho, sendo esta última a cor mais comum. Além disso, o estigma permanece receptivo por um período de cinco a dez dias após a antese (TÁVORA, 1982).

Para Távora (1982), e Beltrão *et al.* (2001), prevalece na mamona a autopolinização anemófila, devido à explosiva deiscência da antera somada à leveza e grande produção de grãos de pólen. O primeiro autor destaca que autofecundações continuadas não determinam perda de vigor na mamona, corroborando seu caráter autógamo. E que a veiculação de pólen por insetos visitantes das flores masculinas possui caráter acidental na polinização. Já Ribeiro Filho (1966) afirma que, embora seja uma planta de autopolinização, a polinização cruzada pode ser responsável por mais de 40% do vingamento de frutos.

De acordo com Severino (2006), a polinização da mamona é predominantemente anemófila. A contribuição das abelhas para a fecundação das flores é pequena ou nula. Apesar disso, há produtores que distribuem colméias nas plantações de mamona com o intuito de aumentar a produtividade.

Vários outros autores (MAZZANI, 1983; BELTRÃO *et al.*, 2001; MONTEIRO, 2005; BELTRÃO e SEVERINO, 2006), também alegam que a polinização da mamoneira é predominantemente autógama, podendo ocorrer altos níveis de alogamia, sendo o vento seu principal polinizador em ambas as situações. No entanto, a grande maioria desses autores apresenta essa informação como citação de Gurgel (1945) e Ribeiro Filho (1966), não tendo eles próprios conduzido experimentos a respeito. Isso é compreensível, pois esses trabalhos

foram conduzidos na metade do século passado, quando o meio científico internacional ainda não havia despertado para a importância da polinização nos sistemas agrícolas. Como consequência disso, não há, ainda hoje, na literatura mundial qualquer informação sobre polinizadores bióticos potenciais da mamoneira, bem como da contribuição que eles poderiam dar à produtividade desta cultura.

### 4.3 Importância econômica

A mamoneira possui como principal produto o óleo extraído de suas sementes, utilizado pelo homem desde a antiguidade. Por apresentar elevado teor de ácido ricinoléico (90%), este óleo difere dos demais pela alta viscosidade e estabilidade à oxidação, mantidas mesmo com grande variação de temperatura, além de ser o único óleo vegetal solúvel em álcool a baixa temperatura. Dessa forma, facilita sua utilização por empresas do ramo químico. Os demais óleos vegetais perdem viscosidade em altas temperaturas e solidificam em baixas (SAVY FILHO *et al.*, 1999; FREIRE e SEVERINO, 2006).

O óleo da semente de mamona é utilizado na indústria de polímeros, como componente de plásticos e fibras sintéticas; automotiva, lubrificante para motores de alta rotação, carburante de motores a diesel e como fluido hidráulico para aeronaves, além do seu emprego na fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, colas e aderentes. Em termos quantitativos, seu maior emprego é na fabricação de tintas, vernizes, cosméticos e sabões. Como subproduto do beneficiamento das sementes, encontra-se a torta de mamona que possui elevado teor protéico, porém não vem sendo utilizada na alimentação animal devido à sua toxicidade e o alto custo do processo de desintoxicação. Utilizada principalmente como adubo, possui a capacidade de restauração de terras esgotadas (SANTOS *et al.*, 2001; MONTEIRO; 2005).

Com a criação do Programa Nacional de Biodiesel no final de 2004 e sua regulamentação através do decreto nº 5.448, de 20 de maio 2005, em que o governo brasileiro autoriza a adição de dois por cento, em volume, de biodiesel ao óleo diesel de origem fóssil a ser comercializado com o consumidor final, em qualquer parte do território nacional, algumas oleaginosas passaram a ser exploradas para este propósito, entre elas a soja (*Glycine max* L.), o algodão (*Gossypium* spp.), o girassol (*Helianthus annuus* L.), a palma africana ou dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e a mamona, expandindo desta forma sua utilização.

O biodiesel, que é um combustível biodegradável alternativo ao diesel de petróleo,

criado a partir de fontes renováveis de energia, não possui enxofre em sua composição. É extremamente miscível ao diesel convencional de petróleo, podendo ser misturado em qualquer proporção e utilizado em motores diesel sem a necessidade de adaptações. O processo mais utilizado para sua obtenção é a reação de transesterificação dos triglicerídeos constituintes da matéria-prima (óleos vegetais e/ou gorduras animais), em conjunto com álcool (metanol ou etanol), que na presença de catalisador são convertidos por hidrólise em ácidos graxos e, posteriormente, em ésteres (Biodiesel). Para cada tonelada do produto final na Rota etílica e/ou metílica, obtêm-se cem quilos de glicerol (glicerina), que pode ser usado, por exemplo, na indústria farmacêutica (ROUSSEFF, 2004; RIBEIRO, 2006; SILVA, 2006).

A meta para o Brasil é a incorporação de 2% até 2008, chegando a 5% em 2013, de biodiesel ao diesel vendido no país, podendo ser antecipada conforme produtividade. Para atender ao primeiro percentual, a área de plantio de oleaginosas é estimada em 1,5 milhões de hectares, equivalente a 1% dos 150 milhões plantados e disponíveis para agricultura no Brasil. É permitida a produção a partir de diferentes oleaginosas e rotas tecnológicas, possibilitando a participação do agronegócio e da agricultura familiar (MDA, 2007a).

Para o Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (ROUSSEFF, 2004), as principais culturas destinadas a produção de óleos vegetais são: a soja na região Sul, o girassol no Sudeste, o algodão no Centro-oeste, a palma no Norte e a mamona na região Nordeste, principalmente no Semi-árido Brasileiro. Só na área de caatinga, que representa 8,35% do território nacional e equivale a 71 milhões de hectares, existem 448 municípios com condições favoráveis ao cultivo da mamoneira.

A escolha do semi-árido foi feita devido a melhor adaptação da mamoneira em relação a outras oleaginosas e para a qual se dispunha de tecnologia para cultivo na região, possibilitando a inclusão social de milhares de pequenos produtores que estavam sem opções agrícolas rentáveis (EMBRAPA, 2007).

Como exemplo, a renda anual líquida de uma família a partir do cultivo de cinco hectares com mamona e uma produção média entre 700 e 1,2 mil quilos por hectare, pode variar entre R\$ 2,5 mil e R\$ 3,5 mil. Além disso, a área pode ser consorciada com outras culturas, como o feijão e o milho (MDA, 2007b).

Levando em conta à inclusão social, o Ministério do Desenvolvimento Agrário concede o Selo Combustível Social, no Nordeste, às empresas que adquirem pelo menos 50% da matéria prima para a produção de biodiesel oriunda da agricultura familiar. Isto pode contribuir para o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e renda para agricultores familiares enquadrados nos critérios do Pronaf. Este percentual varia em função

da região do país (MDA, 2006).

Os biocombustíveis também possuem uma vantagem adicional por contribuir positivamente para evitar o efeito estufa, pois o CO<sub>2</sub> emitido na queima é absorvido na etapa agrícola de seu ciclo produtivo, podendo assim participar do crescente mercado de créditos de carbono, previsto no Protocolo de Quioto (ANDRADE *et al.*, 2006).

Assim como, o desenvolvimento do proálcool, a partir de 1975, elevou o Brasil a condição de maior produtor mundial de combustíveis vegetais, utilizando o álcool em sua forma pura nos automóveis e também adicionado em 25% a gasolina, é esperado que a produção do biodiesel se comporte da mesma forma, desde que também seja contemplado com elevado investimento inicial (CARVALHO, 2005; RIBEIRO, 2006).

Com estas opções de combustíveis renováveis não será necessário que o Brasil repita a trajetória de desenvolvimento seguida pelos países industrializados, nos quais, o elevado consumo de energia de origem fóssil resultou na poluição ambiental. Cerca de 85% do enxofre lançado na atmosfera (responsável pela chuva ácida) e 75% das emissões de carbono (efeito estufa) originam-se na queima de carvão e de petróleo (GOLDEMBERG, 2000).

A empresa Brasil Ecodiesel, atual líder brasileira em produção de biodiesel, com 58,1% do volume já negociado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), deverá fornecer até o final de 2007, 488 mil metros cúbicos de biodiesel a serem misturados ao diesel brasileiro. Esta possui em funcionamento três usinas na região nordeste do país. Em Floriano, Piauí, com capacidade para produção de 25 mil m<sup>3</sup> por ano (MME, 2004), e as outras duas maiores, em Iraquara, Bahia e Crateús, no Ceará, cada uma com capacidade para produção de 118,8 mil m<sup>3</sup> anualmente. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, até o final do ano está previsto o funcionamento de mais três usinas: Rosário do Sul (RS), Porto Nacional (TO) e São Luís (MA). Com a instalação dessas unidades, a produção será ampliada em mais de 324 milhões de litros por ano (SANTANA, 2007).

Na região Nordeste, alguns projetos promovem o incentivo a produção de mamona, tal como a "rede da mamona", que em 2005 contou com o trabalho de 15 mil famílias responsáveis por uma produção inicial de 12 mil toneladas (SANTANA, 2007), e atualmente quase 35 mil famílias de agricultores que produzem a matéria-prima terão venda garantida para a produção de Biodiesel (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

A atual produção brasileira de mamona é de 103,9 mil toneladas em 147,9 mil hectares, sendo o Nordeste responsável por 92,1% da produção, com área cultivada de 142,2 mil hectares, e produtividade de 673,0 kg/ha (CONAB, 2007). Estudos, já citados



anteriormente, onde foram produzidos 1500 kg em área reduzidas no semi-árido, (SEVERINO *et al.*, 2006a), sugerem que esteja faltando qualidade na produção, ou, que em áreas maiores, outros fatores possam estar prejudicando a cultura da mamoneira. Talvez a polinização inadequada ou insuficiente possa ser um dos fatores responsáveis por esta baixa produtividade, portanto, a aquisição de conhecimentos a respeito dos requerimentos de polinização da mamoneira e potenciais polinizadores pode contribuir para minimizar o problema.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em dois locais distintos: 1) Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara (NPCSC), cuja razão social é Buriti Agrícola Ltda., situado no município de Canto do Buriti, estado do Piauí; 2) Laboratórios de Abelhas e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia e estação agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, os quais fazem parte do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará e estão localizados no Campus do Pici, saída oeste da cidade de Fortaleza.

As observações foram feitas durante todo o ano de 2006 e janeiro de 2007 na Universidade Federal do Ceará e meses de maio e junho de 2006 em Canto do Buriti, PI.

### 5.1 Caracterização da área

O Município de Canto do Buriti está situado na região do Semi-árido Piauiense, com área de 4.410,00 km<sup>2</sup> e população de 18.656 habitantes (IBGE, 2000). Com coordenadas geográficas 08°07'S e 42°57'W e 280m de altitude em relação ao nível médio do mar. De acordo com a classificação de Köppen, o clima do município é semi-árido úmido, com estação chuvosa no verão. A precipitação pluvial anual média é 813,80 mm e a temperatura média de 30,2°C, sendo dezembro o mês mais quente e julho o mês mais frio. A umidade relativa média do ar é 64,80%, velocidade média dos ventos de 1,6 m/s e 2.663,10 h/ano de insolação (MEDEIROS, 2000).

Durante os meses de maio e junho, época da condução dos experimentos em Canto do Buriti, foram coletados dados diários de temperatura e umidade relativa do ar. Nesta época, as médias foram de 26,02°C e 66,26% UR. A temperatura variou entre 17,5°C, mínima registrada às 6h do dia 12 de junho, e 38,8°C às 15h30min do dia 30 de maio. Para umidade relativa, a mínima registrada foi 29,3%, às 14h do dia 17 de maio e a máxima 97,0% às 7h do dia 30 de maio. Para coletas foi utilizado termo-higrômetro digital MTH-1360, Minipa Indústria e Comércio LTDA.

O Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara está situado no km 65 da rodovia PI 141, a 65 km de distância da cidade de Canto do Buriti e 475 km de Teresina, no estado do Piauí. As coordenadas da sede são 08°08'32,4"S e 43°27'12,9"W e altitude média de

441 metros em relação ao nível do mar. Este núcleo de produção possui área de 5.600 ha destinada à agricultura familiar, sendo no ano de 2006, 3.115 ha destinados ao plantio de mamona, predominantemente com a variedade BRS 149 Nordestina. Os demais 2.485 ha foram utilizados para o plantio de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] e outras culturas de subsistência das 623 famílias assentadas no local. Cada família recebeu a área já implantada, sendo responsável pela manutenção de sete hectares, dos quais cinco foram de mamona e dois de feijão. Além do quintal, em torno de um hectare, que serve para ser utilizado de acordo com o interesse do assentado.

O município de Fortaleza está localizado na mesorregião metropolitana de Fortaleza, com área de 313,00 km<sup>2</sup> e população de 2.374.944 habitantes (IBGE, 2000). Situa-se a 3°43'02"S e 38°32'35"W e 16m de altitude em relação ao nível médio do mar. O clima característico é Tropical Quente Sub-úmido, sendo de janeiro a maio o seu período chuvoso (köppen). A média anual de pluviosidade da região é de 1.606,6 mm, umidade relativa do ar de 78%, temperatura média de 26,9°C, variando entre 23,6 e 30,4°C a média das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente. A velocidade dos ventos é de 3,7 m/s, e a insolação de 2.856,5 horas anuais (AGUIAR *et al.*, 2004).

## 5.2 Escolha das áreas experimentais

Para a escolha das áreas de implantação do experimento em Canto do Buriti foram considerados alguns parâmetros:

- a) Homogeneidade da área e maturidade fisiológica média das plantas;
- b) Época da semeadura;
- c) Densidade de plantas;
- d) População de plantas invasoras;
- e) Distância de outras fontes de alimento para as abelhas, como vegetação nativa;
- f) Facilidade de acesso à área e
- g) Nível de compreensão e cooperação por parte dos donos dos lotes e seus vizinhos.

Durante a última semana de abril foram percorridas 19 células (FIGURA 1A), com um técnico do NPCSC, e analisadas cada uma delas conforme os parâmetros acima citados. Após vistoria das áreas e análise dos locais, deu-se preferência a dois lotes na área da Célula U, centralizados de forma que a distância mínima de outras fontes de alimento para as abelhas, como o quintal dos assentados, fosse superior a 320m, e 1.000m da vegetação típica

de cerrado, perfazendo uma área mínima de 32 ha em torno da marcação central, realizada através de uma baliza para a área sem abelhas e do próprio apiário para a área com introdução de abelhas melíferas (FIGURA 1B).

A célula U possuía dimensão de 2.500 x 1.250m, totalizando 312,5 ha. Destes, um círculo central de 28,2 ha era ocupado pelas 35 residências dos assentados e suas hortas (FIGURA – 1B), 175 ha destinados à mamoneira e o restante, 109,3 ha, na bordadura da célula, ao plantio de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], porém, devido às adversidades climáticas e época de plantio, o feijão não germinou nesta célula.

### **5.3 Implantação da cultura**

A semeadura da mamona BRS 149 Nordestina na célula U ocorreu durante os dias 21 a 25 de janeiro de 2006. Antecedendo o plantio da mamona, foi feito o preparo do solo, consistindo da correção do pH para 5,00 através da aplicação de calcáreo dolomítico, baseado em análise de solo, na razão de duas ton/ha, incorporado ao solo por meio de grade aradora e nivelado com grade niveladora. A semeadura foi feita através de plantio mecanizado, com sete quilos de sementes por hectare. O espaçamento preconizado foi de 1,0m x 2,5m, com duas sementes por cova e índice de germinação das mesmas de 90%. Houve adubação de base com adubo químico NPK, na fórmula 8-33-11, aplicando-se 250 kg/ha.

O desenvolvimento da cultura ocorreu de forma homogênea, com mínimas falhas de semeadura pouca densidade de plantas invasoras devido às boas práticas de manejo por parte dos colonos assistidos por técnicos agrícolas do próprio Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara. Após 30 dias foi feito o desbaste da cultura.

Em Fortaleza, foram feitos dois plantios na Universidade Federal do Ceará. O primeiro, em julho de 2006, na estação agrometeorológica, com a variedade ‘Al Guarany 2002’. Foram semeadas 30 covas numa única linha com espaçamento de 1,0m. A nutrição das plantas foi feita através da irrigação diária e fertirrigação semanal durante todo o ciclo. O segundo, em setembro de 2006 no setor de Apicultura, foram semeadas em 60 covas, distribuídas em duas linhas, a variedade BRS149 Nordestina com espaçamento 1,0m x 1,0m. Utilizou-se adubação orgânica no plantio, aos 30 e 60 dias. Foi feito desbaste após trinta dias e irrigação diária. Não houve necessidade da aplicação de defensivos agrícolas, apenas foram feitas capinas para controle de plantas invasoras nas áreas implantadas.

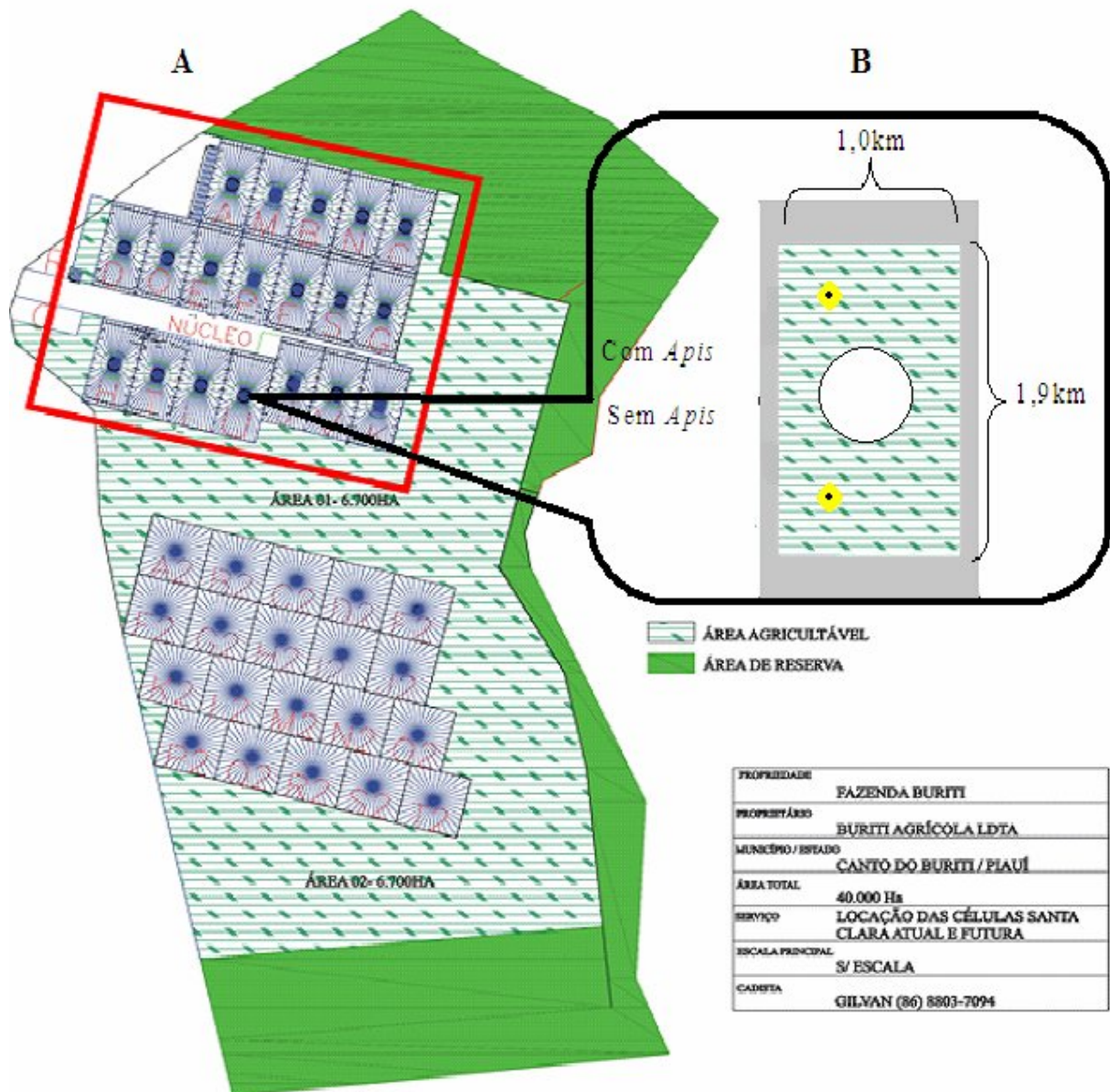


FIGURA – 1. Croqui da área do Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara, com a divisão das células destinadas à agricultura familiar. Em vermelho (A), área percorrida para a escolha dos locais de execução dos experimentos. No detalhe (B) a célula U, escolhida para condução dos experimentos e a localização dos mesmos com relação à presença ou ausência de colônias de *Apis mellifera*, em área de produção de mamona (*Ricinus communis* L.). Canto do Buriti, PI. 2006

Para avaliação dos resultados foram realizados seis experimentos, que serão listados e descritos a seguir: 5.4) Biologia Floral da Mamoneira; 5.5) Requerimento de Polinização da Mamoneira; 5.6) Comportamento de Pastejo de *Apis mellifera* em Inflorescência de Mamoneira; 5.7) Eficiência da Polinização por *Apis mellifera* L.; 5.8) Avaliação da Cultura e Produção de Frutos por Inflorescência e 5.9) Avaliação das Sementes Produzidas.

## **5.4 Biologia floral da mamoneira**

### **5.4.1 Flores femininas**

Durante o período de florescimento da cultura da mamoneira no Núcleo de Produção Comunitária Santa Clara (NPCSC), foram marcados 120 botões florais femininos da variedade BRS 149 Nordestina. Destes, 60 em panículas emasculadas e protegidas com sacos de papel durante quatro dias, a fim de evitar a entrada de pólen e avaliar o desenvolvimento dos estigmas e possível receptividade. As demais permaneceram descobertas para que fosse registrado seu comportamento natural, quanto a tempo médio gasto para a abertura das flores, crescimento dos estigmas e formação dos frutos. Além das observações escritas, foram feitos registros fotográficos para melhor compreensão dos resultados.

### **5.4.1 Flores masculinas**

Foram marcados, as 18h do dia 04 de setembro, com arames coloridos, 120 botões florais masculinos de mamoneira – 60 da cv. BRS 149 Nordestina e 60 da cv. Al Guarany 2002 – e avaliados a cada 2 horas, a partir do segundo dia, entre as seis e 18 horas, quanto a antese, deiscência e abscisão.

## **5.5 Requerimento de polinização da mamoneira**

Este experimento foi realizado durante os meses de maio e junho de 2006, no NPCSC.

Visando conhecer os requerimentos de polinização da mamoneira e o papel do

vento, abelhas e outros agentes polinizadores, os seguintes tratamentos foram realizados durante o período de florescimento da cultura:

Polinização livre - No dia anterior ao início da antese (abertura das flores), 60 panículas foram escolhidas ao acaso e marcados 180 botões florais femininos. Esta marcação foi feita na base do botão, pecíolo – com linha de algodão – sem que a linha afetasse a abertura e o desenvolvimento normal da flor e possível formação do fruto. Em seguida, marcaram-se as plantas com fitas coloridas de acordo com os tratamentos. Estes botões foram acompanhados até que as flores murchassem ou os frutos fossem vingados, aos 15 dias. Este tipo de polinização é também conhecido como polinização irrestrita ou testemunha, pois as flores são observadas para testemunhar o que ocorre na área. Serve para analisar o nível de polinização natural na cultura.

Nos demais tratamentos, também foram escolhidas 60 panículas ao acaso e marcados 180 botões por tratamento, em fase anterior a antese. Mas nestes casos, as panículas foram ensacadas de duas formas: a) com sacos feitos de tela de filó, sem que tocassem nas flores marcadas e b) com sacos de papel. No terceiro dia, quando as flores já estavam abertas e com os estigmas prolongados, foram aplicados os tratamentos:

Polinização restrita com filó – As inflorescências permanecem ensacadas com filó durante todo o período (15 dias). O objetivo do presente tratamento foi verificar se a mamoneira seria capaz de manter seu nível de produtividade, o que indicaria uma capacidade de se autopolinizar ou ser polinizada pelo vento, já que a tela permite a passagem do vento e de grãos de pólen que esteja carregando, sem que agentes bióticos tenham contato com as flores. Neste caso, a cultura seria independente da polinização por insetos como as abelhas. Caso contrário, ficaria comprovada a necessidade de polinizadores bióticos na polinização da mamoneira.

Polinização restrita com papel – As inflorescências são ensacadas por inteiro e permaneceram com sacos de papel durante todo o período (15 dias). Este tratamento não permite a ação de nenhum agente externo. Somente estão presentes os grãos de pólen da própria inflorescência ensacada. No caso de vingamento, a planta apresentaria mecanismos de auto-polinização.

Polinização manual cruzada – No início deste tratamento, antes de ensacar a inflorescência, foram retiradas todas as flores masculinas (emasculação) e a panícula ensacada com sacos de papel. Ao terceiro dia, os sacos de papel foram retirados e a polinização manual realizada com grãos de pólen provenientes de outras mamoneiras. A operação foi realizada com a utilização de placas de Petry, onde foram depositados grãos de pólen recém colhidos de

várias inflorescências de plantas vizinhas e de pincel fino para a apreensão do pólen e deposição dos mesmos nos estigmas. Imediatamente depois de polinizadas, as flores foram protegidas novamente com os sacos papel e mantidas assim até a coleta dos resultados, a fim de evitar alguma visita indesejável. Este tratamento indica o quanto a mamoneira demanda de polinização cruzada.

Autopolinização manual – Idem ao tratamento anterior (Polinização manual cruzada), porém, os grãos de pólen utilizados para a polinização foram oriundos da mesma planta. Para que isso pudesse ocorrer, a panícula era emasculada apenas na sua região central. Permitindo que as flores femininas fossem isoladas pelo saco de papel e as masculinas da base das inflorescências se mantivessem, servindo de doadoras de pólen. Neste caso, os resultados mostraram se a mamoneira é auto-compatível e os efeitos da autopolinização na produtividade da mamoneira.

Polinização restrita emasculada com papel – As inflorescências foram emasculadas e ensacadas com sacos de papel, permanecendo desta forma até o final do experimento. Este tratamento foi feito para verificar se ocorre partenocarpia ou alguma outra forma de reprodução. Ou seja, se a flor consegue produzir frutos sem a fecundação por grãos de pólen.

Em todos os tratamentos, a coleta de dados para quantificar o número de frutos vingados foi realizada aos 15 dias após a marcação.

A análise da proporção de polinização foi realizada através da metodologia de Modelos Lineares Generalizados (DEMÉTRIO, 1993; DOBSON, 2001), que realiza a análise considerando a variável na escala original dos dados, dispensando o uso de transformações. A resposta considerada segue uma distribuição binomial( $n,p$ ) e a função de ligação utilizada foi a  $\text{logit}=\log(p/(1-p))$ , sendo  $p$  a proporção de frutos vingados.

## **5.6 Comportamento de pastejo de *Apis mellifera* L. em inflorescência de mamoneira**

Durante a permanência das abelhas nas mamoneiras, foram feitas 225 observações aleatórias divididas em seis intervalos de tempo: 6h01min - 8h; 08h01min-10h; 10h01min-12h; 12h01min-14h; 14h01min-16h e 16h01min-18horas. Esse procedimento teve como objetivo verificar as recompensas coletadas (pólen ou néctar) e a frequência de contato com as estruturas reprodutivas da flor. Apesar dos registros de dados terem sido iniciados às 6h, já se



observava visitas desde as 5h30min e até às 18h10min, não inclusas neste estudo devido ao pouco número destas abelhas nas flores e nectários.

Para tanto, as abelhas foram fotografadas e filmadas em suas visitas durante a maior parte do projeto, sendo as fotos e filmagens estudadas para definir o padrão de comportamento e o potencial polinizador das abelhas. Também foram observados outros visitantes existentes no local.

A análise do número de abelhas coletando pólen foi realizada através da metodologia de Modelos Lineares Generalizados (DEMÉTRIO, 1993; DOBSON, 2001), que realiza a análise considerando a variável na escala original dos dados, dispensando o uso de transformações. Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R 2.0.1 (PINHEIRO e BATES, 2000), um pacote de domínio público desenvolvido por “The R Development Core Team”.

## **5.7 Eficiência da polinização por *Apis mellifera* L.**

Este experimento foi realizado no NPCSC, em Canto do Buriti – PI, durante os meses de maio e junho de 2006 e constou da instalação de um apiário de oito colônias de *Apis mellifera* em área de 32 ha para comparação do vingamento de frutos com outra área semelhante sem a introdução de colônias. O local escolhido para a instalação do apiário foi centralizado no meio da cultura, tendo ao seu redor, um raio de, pelo menos, 320m de cultura de mamona. A área testemunha ficou na mesma célula, distante 1.300m do apiário, e centralizada da mesma forma. Os dados foram coletados em um raio inferior a 60m das colméias (aproximadamente um hectare).

### **5.7.1 Seleção das colônias para o experimento**

Todas as colônias experimentais estavam alojadas em colméias tipo Langstroth numeradas e em perfeito estado de conservação. Estas colméias possuíam quadros de ninho e de melgueira do tipo Hoffman, para sustentação dos favos.

As colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) foram disponibilizadas pelos apicultores Henrique Sobrinho e Paulo Ney Cordeiro de Farias, do município de Cristino Castro - PI, a 120 km do local do experimento. Dentre as inúmeras colônias de seus apiários, oito foram escolhidas e por se tratar da época chuvosa, final de abril, todas estavam

fortes – oito a nove quadros de cria e o restante preenchido com alimento – e com condições de suportar, pelo menos, uma melgueira.

### 5.7.2 Preparação e transporte das colméias

No dia anterior ao transporte, foram retiradas todas as melgueiras e revisou-se as colônias quanto ao estado de aderência dos favos aos caixilhos e eventuais frestas ou furos da colméia foram vedados. Após esta revisão, elas foram cobertas com tela de transporte e tampa. No momento do transporte, os alvados foram fechados com tiras de espuma, sendo as colméias transferidas para um caminhão fornecido pela Buriti Agrícola Ltda., amarradas e levadas ao local do experimento previamente estabelecido com os suportes para recebê-las, além de um tanque contendo água potável para o consumo das abelhas. Logo após a colocação das colônias no novo local, as espumas foram retiradas, liberando o alvado das colméias.

### 5.7.3 Manejo das colônias

Quatro dias após a instalação do novo apiário, as colônias foram revisadas. Retiraram-se as telas de transporte e adicionando-se tela excludora de rainha entre o ninho e uma melgueira vazia com favos puxados a cada colméia, para que esta ajudasse na regulação térmica e expansão do espaço interno para as abelhas.

A cada dois dias o alvado e a movimentação das abelhas eram observados para garantir que qualquer irregularidade ou ataque de predadores à colônia pudesse ser sanado rapidamente. As revisões periódicas foram feitas semanalmente, observando o estado nutricional, quantidade de abelhas e postura de rainha. Quando necessário, colocou-se mais melgueiras e coletou-se mel.

Após 55 dias de permanência das colônias na área do experimento, as melgueiras foram retiradas e o mel colhido. Apesar da controvérsia na literatura sobre produção de mel em área de mamona, com informações sobre a impossibilidade desta produção (SEVERINO, 2006), contrastando com outras que afirmam sua viabilidade (MILFONT, 2007), no presente experimento foi produzido 179,6kg de mel nas oito colméias, com média de 22,45kg por colméia na área de mamona. Sendo esta, superior aos 20kg por colméia/ano da média brasileira (SATTLER, 1996).

### 5.7.4 Tratamentos

Para este experimento foram repetidos os tratamentos de polinização livre,

polinização restrita com filó e polinização restrita com papel do experimento 5.5 (Requerimento de Polinização da Mamoneira), realizados na área onde foram introduzidas oito colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). Estes tratamentos foram feitos num raio inferior a 60m das colônias, aproximadamente um hectare, e os resultados foram comparados com os tratamentos de requerimento de polinização da mamoneira a fim de testar a influência da introdução de abelhas em plantios de mamona, tendo em vista que os experimentos foram realizados simultaneamente em duas áreas semelhantes e contemporâneas, a uma distância de 1300m.

Mesmo tendo sido marcadas 180 flores por tratamento, no momento da coleta dos dados, alguns tratamentos tiveram suas repetições prejudicadas, reduzindo-se em menos de 1/3 do total, devido ao elevado número de gafanhotos (ordem Orthoptera) presentes na área. Esta quantidade de pragas não foi observada como crítica, ao ponto de efetuar o controle, pelos técnicos responsáveis pela cultura. Porém, danificaram muitas repetições, furando muitos sacos de papel, alguns de filó, consumindo os fios e fitas utilizadas na marcação dos experimentos, bem como a ingestão de parte dos estigmas de flores marcadas. Foram coletados os dados apenas nas flores que não apresentaram danos causados por agentes externos, reduzindo bastante o número de repetições.

## **5.8 Avaliação da cultura e produção de frutos por inflorescência**

Para verificação do desenvolvimento da cultura, foram feitas duas amostragens nas áreas com e sem introdução de abelhas, em 17 de maio e 11 de junho de 2006, respeitando um raio máximo de 60 metros (aproximadamente um hectare) em torno das colméias, ou da marcação realizada na área sem abelhas. Com auxílio de um bastão graduado medindo três metros de comprimento, foi amostrado em trinta pontos aleatórios, o número de plantas por três metros lineares e espaçamento entre linhas, para a obtenção da área ocupada por planta (espaçamento entre linha, em metro x distância entre plantas na mesma linha, em metro) e número de plantas por hectare ( $10.000\text{m}^2 / \text{área ocupada por planta, em m}^2$ ).

Para a determinação do estágio de florescimento da cultura, foi contado, em 200 plantas, o número de inflorescências bem como o estágio de desenvolvimento das mesmas, sendo registradas como fechadas, as panículas que possuíam apenas botões florais. Abertas, aquelas que já possuíam flores femininas e masculinas em antese (apenas estas foram de interesse para o experimento), e, frutificadas, aquelas que não possuíam mais flores

masculinas liberando pólen e a maioria de suas flores femininas já estavam fecundadas. Através da relação entre as inflorescências frutificadas e o total de inflorescências contadas obteve-se o grau de frutificação da cultura.

Na primeira avaliação, em 17 de maio, período em que os experimentos de Requerimento de Polinização da Mamoneira (5.5) e Eficiência de Polinização por *Apis mellifera* L. (5.7) estavam sendo conduzidos, o grau de frutificação da cultura foi de 57,75%, com média de 1,46 inflorescências por planta e estande de 4.168,90 plantas por hectare, muito próximo ao preconizado no momento da semeadura (4.000 plantas).

Na segunda avaliação, em 11 de junho, período do término dos experimentos 5.5 e 5.7, a cultura apresentou-se com 79,39% das inflorescências frutificadas e 1,67 inflorescências por planta.

Ainda em Canto do Buriti, após a introdução das abelhas no local do experimento, foram marcadas trinta inflorescências em pré-antese (somente botões florais), ao acaso, que serviram como parâmetro para avaliação do desenvolvimento e posterior coleta de frutos.

Após 55 dias, avaliaram-se estas inflorescências e constatou-se que todas haviam frutificado, com vários frutos em desenvolvimento e, no máximo, um já seco. Utilizando-se deste parâmetro e, descartando eventuais racemos primários, dos quais, a maioria já estava frutificado no momento da introdução das abelhas e poderiam interferir nas avaliações entre as áreas, uma vez que são mais pesados (BELTRÃO *et al.*, 2001; MONTEIRO, 2005) e não sofreram influência das abelhas em sua polinização, foram escolhidos aleatoriamente 101 racemos secundários, com no máximo um fruto seco, em cada área (com e sem introdução de abelhas), e contados a quantidade de frutos produzidos por cada um deles. A cada cinco cachos avaliados, um era marcado ao acaso para que fosse feita a coleta de sementes tão logo atingissem o ponto de colheita: pelo menos metade dos frutos secos. Estas panículas foram então debulhadas e os grãos levados ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, ambos da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza – CE, para que fossem submetidas a testes de avaliação da qualidade fisiológica, peso de 100 sementes, teor de matéria seca, proporção de casca e amêndoa, extrato etéreo e energia bruta do óleo contido nas sementes. Além disso, foram determinados os pesos de cacho e de fruto, através dos fatores de correção descritos por Severino *et al.* (2005).

## 5.9 Avaliação das sementes produzidas

Os racemos secundários marcados nas avaliações da quantidade de frutos das áreas com e sem introdução de abelhas foram colhidos nos dias 23 e 29 de julho de 2006, respectivamente. Debulhados e separados em 14 frações com 100 sementes cada, sendo sete frações provenientes da área com abelhas e as outras sete da área sem introdução de abelhas. Estas parcelas foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal da UFC em Fortaleza, onde foram pesadas em balança Gehaka, modelo BG 400, com precisão de 0,001g. Após pesagem, foram retiradas, aleatoriamente, 25 sementes de cada parcela para realizar a pré-secagem em estufa com ventilação de ar forçado a 55°C, por 72h. Em seguida as sementes foram descascadas e maceradas separadamente, as amêndoas e as cascas. Após este procedimento, foram realizadas determinações da matéria seca, teor de extrato etéreo pelo método a frio com extrator de Soxhlet para amêndoas e cascas, e a energia bruta com bomba calorimétrica adiabática (Modelo 1242, Parr Instruments Co. EUA) do óleo extraído das amêndoas, seguindo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Após estes procedimentos, os dados obtidos nas avaliações de casca e amêndoa foram relacionados de acordo com as porcentagens de participação para a obtenção destes valores na semente.

O delineamento utilizado neste experimento foi o inteiramente casualizado, com sete repetições. E a comparação das médias foi testada através do p-valor, na análise de variância, usando-se como padrão, diferenças a nível de 5% de significância.

As 75 sementes restantes de cada parcela foram mantidas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria e seca (7°C e 45% UR). Passados 120 dias da colheita, realizou-se os seguintes testes para qualidade fisiológica:

**Teste de germinação:** Utilizou-se seis repetições com 25 sementes de mamona, as quais foram semeadas em rolos de papel toalha tipo Germitest, umedecidos com água o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e colocadas para germinar a 25°C. As avaliações foram realizadas aos sete e 14 dias após a semeadura (BRASIL, 1992) e os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais.

**Vigor-Primeira contagem de germinação:** Conduzido juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais, no sétimo dia após a semeadura.

**Emergência de plântulas:** Para essa avaliação, quatro repetições de 50 sementes

por tratamento foram semeadas em canteiros de 10,0m x 1,0m, com 10 cm entre as linhas. Cada repetição foi colocada em duas linhas. As irrigações foram feitas sempre que necessário, visando o fornecimento de água para a germinação das sementes e emergência das plântulas. O teste foi avaliado aos sete e 14 dias após a semeadura, sendo registrado a porcentagem de plântulas normais.

**Índice de velocidade de emergência:** Para a determinação deste índice foram feitas contagens diárias de plântulas emergidas, do sétimo dia da instalação do teste de emergência de plântulas (NAKAGAWA, 1999), até o 14º dia após a semeadura. Foram consideradas como emergidas as plântulas cujos cotilédones a floraram à superfície do solo. O índice foi calculado conforme Maguire (1962).

**Peso seco da parte aérea:** Foram utilizados quatro repetições de 50 plântulas provenientes da última contagem do índice de velocidade de emergência. As plântulas foram colocadas em estufa, com circulação de ar forçado a 80°C, até que atingissem peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança da marca Núcleo, modelo PR1000, com precisão de 0,01g.

Os dados dos testes de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e peso seco da parte aérea foram analisados no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Da mesma forma para os testes de germinação e vigor-primeira contagem, porém com seis repetições cada. A comparação das médias foi realizada através da análise variância, para  $p < 0,05$  (BANZATTO e KRONKA, 2006).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Biologia floral

Observou-se que a mamoneira, variedade BRS149 Nordestina, é uma planta monóica com inflorescência panicular terminal, denominada racemo. Este se mostrou constituído por flores femininas na região apical e flores masculinas na porção basal, tendo sido constatada apenas duas flores hermafroditas em cerca de 3.000 observações, concordando com Távora (1982), quando afirma que essa espécie raramente apresenta flores hermafroditas. Por vezes, pôde-se encontrar algumas flores masculinas entre as flores femininas, mas este fato não se mostrou comum nesta variedade.

O início da antese das flores na inflorescência foi variado, com flores masculinas e femininas abrindo alternadamente. As inflorescências podiam começar com a abertura de flores masculinas ou femininas, porém, a situação mais comum observada foi a antese das flores ocorrendo de forma gradual durante vários dias e distribuída entre as flores de ambos os sexos.

Após a fecundação das flores femininas, as masculinas deixavam de ser produzidas e a inflorescência tornava-se um cacho contendo somente frutos.

#### 6.1.1 Flores femininas

O botão floral feminino apresentou-se de forma cônica, medindo de 0,4 a 0,5cm de comprimento e de 0,3 a 0,4cm de diâmetro (FIGURA 2A). As flores femininas eram formadas por cinco sépalas de cor esverdeada, sem pétalas, com ovário súpero, trilocular, ligado a 3 estigmas bífidos. A antese ocorreu através da separação gradativa das sépalas a partir de sua porção apical, podendo ocorrer a qualquer momento do dia ou durante a noite. Após aberta, a flor permaneceu desta forma até a formação do fruto, cuja deiscência ocorreu após 90 dias e a senescência das flores não fecundadas aconteceu em torno de 20 dias após a antese.

Logo após a antese, a coloração dos estigmas foi predominantemente verde, permanecendo assim por um período de até 3 dias, antes de mudar para alaranjado e em seguida vermelho (FIGURA 2B e C). Cada estigma possuía tamanho médio de 3,0mm, em sua completa exposição. Passados 15 dias, os frutos apresentaram-se desenvolvidos, com os

estiletes secos (FIGURA 2D).



FIGURA – 2. Flor feminina da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS149 Nordestina) em diferentes estágios de desenvolvimento, botão floral (A), início da antese (B), flor aberta (C) e fruto em desenvolvimento (D).

Quando as inflorescências foram emasculadas e protegidas com sacos de papel, portanto sem a disponibilidade de pólen para polinizar as flores femininas, os estigmas cresceram gradativamente até o quarto dia, chegando a 7,0mm de comprimento e mantiveram-se entre as colorações verde e alaranjado (FIGURA 3A e B).

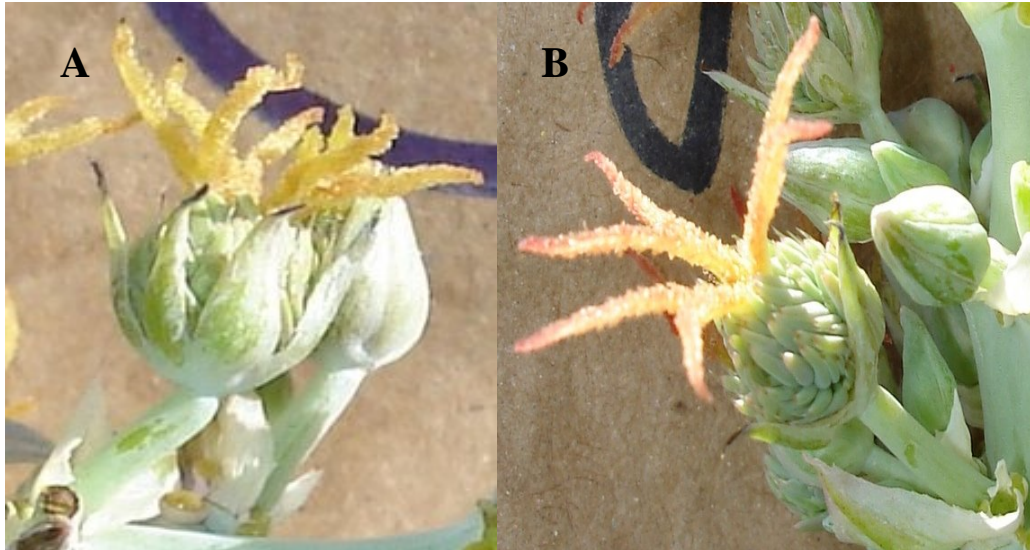


FIGURA – 3. Flor feminina da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina), três (A) e quatro (B) dias após proteção do botão floral com saco de papel. Crescimento anormal dos estigmas.

Após este período, os sacos foram removidos e nos dias seguintes observou-se a mudança da cor dos estigmas para vermelho e subsequente vingamento de frutos, da mesma forma que ocorre naturalmente, em flores não protegidas. Embora não tenha sido testado diretamente, o crescimento contínuo e a manutenção da coloração esverdeada dos estigmas



protegidos, seguidos da mudança de cor e formação de frutos depois de suas exposições ao ambiente, sugerem que os estigmas são receptivos por vários dias após a antese. Segundo Távora (1982), o estigma permanece receptivo por um período de 5 a 10 dias após a abertura da flor.

### 6.1.2 Flores masculinas

As flores masculinas apresentaram-se de forma arredondada, com cinco sépalas esverdeadas, sem pétalas e estames ramificados com centenas de anteras (FIGURA 4). A Antese ocorreu durante todo o dia, mas o pico de abertura das flores masculinas ocorreu provavelmente durante a madrugada, sendo que as 6h, 57% dos botões marcados encontravam-se abertos.

A deiscência das anteras iniciou-se no momento da antese, embora com pouca liberação de pólen nesta fase (FIGURA 4B). No entanto, a liberação de pólen aumentou gradativamente, atingindo o pico duas horas depois (FIGURA 4C).

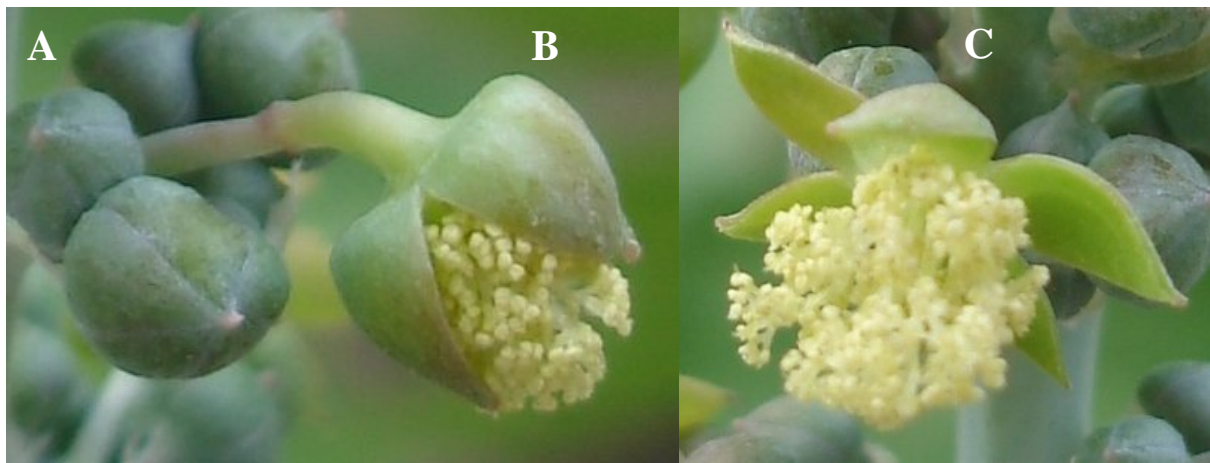


FIGURA – 4. Flor masculina da mamoneira em diferentes estágios de desenvolvimento, botão floral (A), início da antese (B) e período de intensa liberação de pólen (C).

Devido ao padrão de abertura das flores e deiscência das anteras, a maior disponibilidade de pólen na área ocorreu entre 6h e 8h da manhã, decrescendo em seguida até as 10h e mantendo-se assim até as 16h quando um novo aumento na quantidade de flores em antese elevou a disponibilidade no plantio (FIGURA 5). O padrão de disponibilidade de pólen na área é explicado pela equação  $y = -0,2348x^4 + 4,0354x^3 - 21,833x^2 + 35,039x + 30,714$ ,  $R^2 = 0,9515$ .

Considerando a panícula, durante o dia, nas horas mais quentes, ocorreu

decréscimo da disponibilidade de pólen em função da senescência de grande parte das flores, através da formação de um estrangulamento no pecíolo - camada de abscisão. Observou-se que o período desde a antese até a abscisão da flor pode levar quatro dias, com algumas caindo logo após o cessar da produção de pólen, até uma hora, e outras permanecendo secas na planta.

Também foi observado que o período de liberação de pólen variou entre quatro e 32 horas, com média de 11,4 horas por flor. Estas observações estão de acordo com Weiss (1971), que afirma que as flores masculinas liberam pólen entre um e dois dias. Segundo Távora (1981), as flores masculinas da mamoneira liberam pólen em função da temperatura, ou seja, nas horas mais quentes do dia, o que não foi verificado no presente estudo. No entanto, a umidade relativa do ar (UR) também afeta a deiscência das anteras (BIANCHINI e PACINI, 1996).

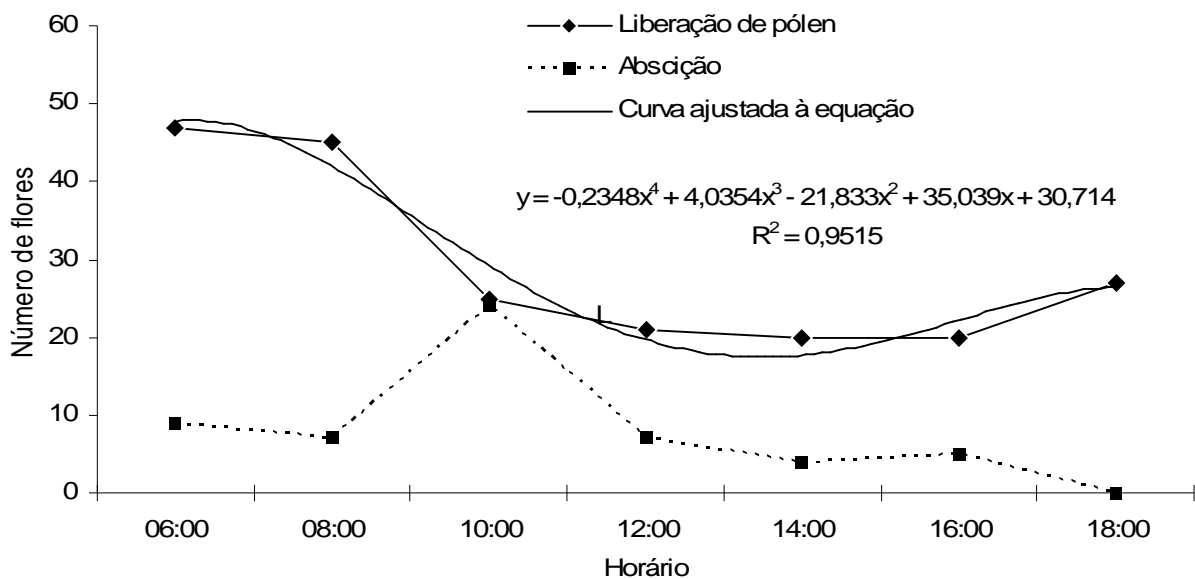


FIGURA – 5. Padrão de disponibilidade de pólen no ambiente e formação da camada de abscisão de flores masculinas da mamoneira (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina) no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2007.

Neste experimento a umidade média relativa do ar foi de 68%. O aumento da UR acarreta em retardamento na deiscência das anteras. Bianchini e Pacini (1996) observaram que sob UR de 98%, as flores retardam sua abertura em até nove horas e o pólen não é expelido. Outro fator que poderia ser levado em conta é a cultivar utilizada, porém, no presente estudo verificou-se que as variedades BRS 149 Nordestina e Al Guarany 2002 possuem comportamento semelhante neste parâmetro.

## 6.2 Visitantes da mamoneira

Várias espécies de insetos foram observadas visitando o plantio da mamoneira, entre elas algumas espécies de formigas (Formicidae) e vespídeos (Vespidae) para coleta exclusiva de néctar, e abelhas (Apidae) que coletavam néctar e/ou pólen, tanto em Canto do Buriti – PI, quanto em Fortaleza - CE.

Em ambas as localidades, a visitação às plantas ocorreu durante todo dia. A partir das 5h já eram observados alguns vespídeos, mas a concentração dos visitantes aumentava a medida que os raios solares eram intensificados, com muitas flores masculinas abertas já oferecendo pólen, além do néctar secretado pelos nectários extraflorais. Esses nectários localizavam-se nos nós do caule, pecíolos das folhas e base do pecíolo das flores masculinas e femininas.

Na área experimental de Canto do Buriti – PI, a abelha melífera (*Apis mellifera* L.) foi a única espécie de abelha a visitar as flores/nectários da mamoneira, constituindo-se no visitante mais freqüente (FIGURA 6A), tanto para coleta de pólen quanto de néctar.

Na área do plantio de mamoneiras do Campus do Pici, na Universidade Federal do Ceará, existe um meliponário com várias espécies de abelhas indígenas sem ferrão (*Melipona subnitida*, *M. quinquefasciata*, *Partamona cupira*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Scaptotrigona* sp., *Trigona spinipes*, *Trigona silvestriana*, *Friesomellita deordeline*, *Plebeia* sp.) e abelhas solitárias (*Xylocopa frontalis*, *X. cearensis*, *Megachile* sp., *Epanthidium tigrinum*, *Centris tarsata*, *C. trigonoides*, entre outras). No entanto, além das formigas, vespídeos e abelhas *Apis*, apenas a abelha sem ferrão canudo (*Scaptotrigona bipunctata* Holmberg) foi observada fazendo visitas à mamoneira. Essa última espécie de abelha coletou basicamente pólen, mas também efetuou algumas visitas às flores femininas (FIGURA – 6B), o que pode sugerí-la como um potencial polinizador. Normalmente, os visitantes florais coletores de pólen são mais eficientes polinizadores, quando comparados aos coletores de néctar, devido as maiores quantidades de grãos de pólen que carregam em seus corpos (FREE, 1993; FREITAS, 1995).

Embora a mamoneira possa ser uma fonte de pólen e néctar para várias espécies de abelhas, no plantio comercial de Canto do Buriti, *A. mellifera* foi a única espécie que explorou esses recursos alimentares. Por outro lado, em Fortaleza, as abelhas canudo também visitaram as mamoneiras, embora outras espécies de abelhas presentes na área não o tenham feito.



FIGURA – 6. Abelhas visitantes da mamoneira: *Apis mellifera* L. (A) e *Scaptotrigona bipunctata* Holmberg (B). Esta última visita as flores femininas também.

Algumas possibilidades para essa diferença podem basear-se nos fatos de que áreas agrícolas comerciais e extensas como as observadas em Canto do Buriti não possuem árvores e arbustos, ocos de pau, cupinzeiros ou formigueiros abandonados nas imediações das mamoneiras que sirvam de locais de nidificação para abelhas sociais nativas, como os meliponíneos, ou abelhas solitárias. Isto certamente torna improvável a existência de colônias silvestres de abelhas nativas e grandes populações de abelhas solitárias dentro ou nas proximidades do cultivo, já que esses grupos de abelhas normalmente possuem pequeno raio de pastejo em torno de suas colônias ou ninhos (NOGUEIRA-NETO, 1997). Além disso, a sazonalidade da cultura da mamona no que diz respeito à oferta de pólen e/ou néctar para as abelhas, bem como o reduzido número de outras espécies vegetais na área cultivada, que poderiam atuar como fonte de alimento quando as mamoneiras não estivessem florescendo ou secretando néctar, também devem inibir a presença dos visitantes florais.

Mesmo as abelhas *Apis*, que são cosmopolitas e altamente adaptáveis a várias condições de distúrbios ambientais, apesar de comuns nas áreas de matas da região, não nidificavam dentro das áreas cultivadas, tendo sido preciso a introdução de colônias em colméias racionais para alcançar o nível populacional necessário para a condução dos experimentos desta pesquisa.

### 6.3 Comportamento de pastejo da *Apis mellifera* L. em *Ricinus communis* L.

No período de execução do experimento, as campeiras de *A. mellifera* visitaram as mamoneiras durante todo o dia, das 05h30min às 18h10min, tanto para coleta de pólen quanto néctar. Percebeu-se que a coleta de pólen ocorreu principalmente cedo da manhã, as 7h, aumentando progressivamente até as 9h, quando houve um pico de visitação, ou seja, um maior número de abelhas coletando pólen. A partir deste horário, houve uma queda acentuada até as 11h, mantendo-se a frequência constante até o final da tarde (FIGURA 7). O aumento do número de abelhas forrageando a procura de pólen coincide com a quantidade de pólen disponibilizado pelos estames (FIGURA 4). O padrão de forrageamento por pólen nas mamoneiras é definido pela equação  $Y = \exp.(-243,8 - 90,76 \cdot H - 11,94 \cdot H^2 - 0,6677 \cdot H^3 - 0,0135 \cdot H^4)$  (FIGURA 8). Esse padrão de forrageamento de *A. mellifera* é comum para outras espécies tropicais cultivadas no Brasil, conforme observado por Alves (2000) em goiabeiras (*Psidium guajava* L.) e Sousa (2003) em melão (*Cucumis melo* L.).

Para a coleta de néctar, a procura iniciou-se por volta das 7h, com aumento progressivo até as 9h, mantendo-se estável até as 11h. Após este período, houve redução no número de coletoras até as 13h, quando então a coleta de néctar foi retomada, atingindo o maior pico as 15h (FIGURA 7). O padrão de forrageamento por néctar nas mamoneiras é definido pela equação  $Y = \exp.(-236,5 + 81,89 \cdot H - 10,27 \cdot H^2 + 0,5609 \cdot H^3 - 0,01124 \cdot H^4)$  (FIGURA 9).

Não há na literatura mundial referências ao padrão de forrageamento de *Apis* ou qualquer outra espécie de abelha em *R. communis*. No entanto, estudos com outras espécies vegetais tropicais sugerem que as visitas das abelhas melíferas aos nectários estão associadas à teores de açúcar no néctar, sendo que estes geralmente são mais elevados entre o meio dia e início da tarde, quando comparado à horários cedo da manhã (ROUBIK, 1989; RABINOWITCH *et al.*, 1993).

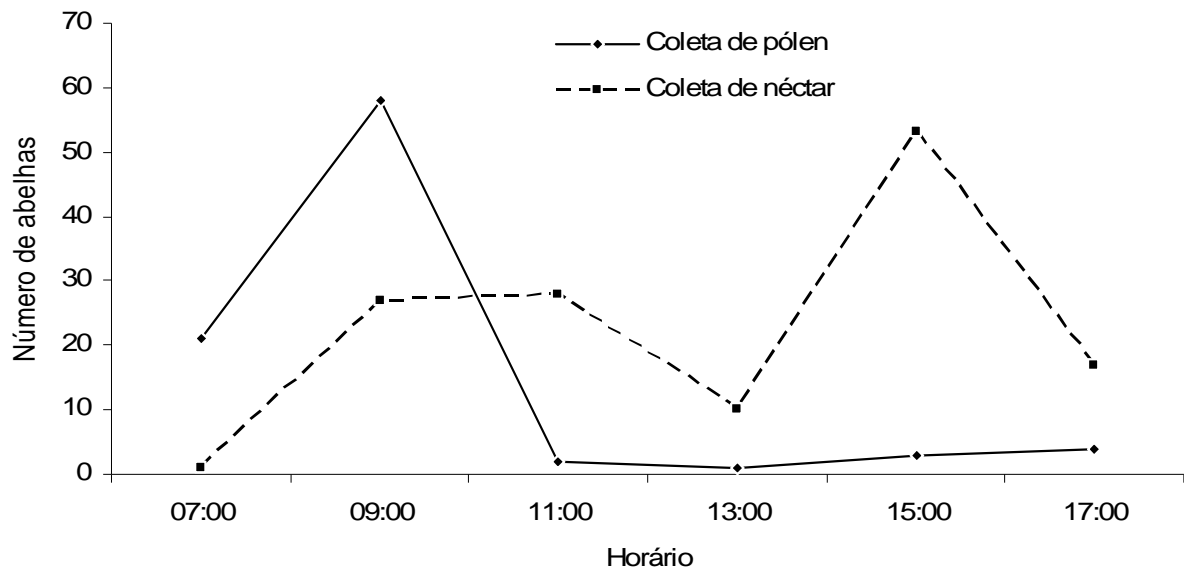


FIGURA – 7. Padrão de forrageamento por pólen e néctar de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) em área de produção de mamona (*Ricinus communis* L.). Variação em função do horário do dia e do número de abelhas coletando cada recompensa. Canto do Buriti – PI, 2006.

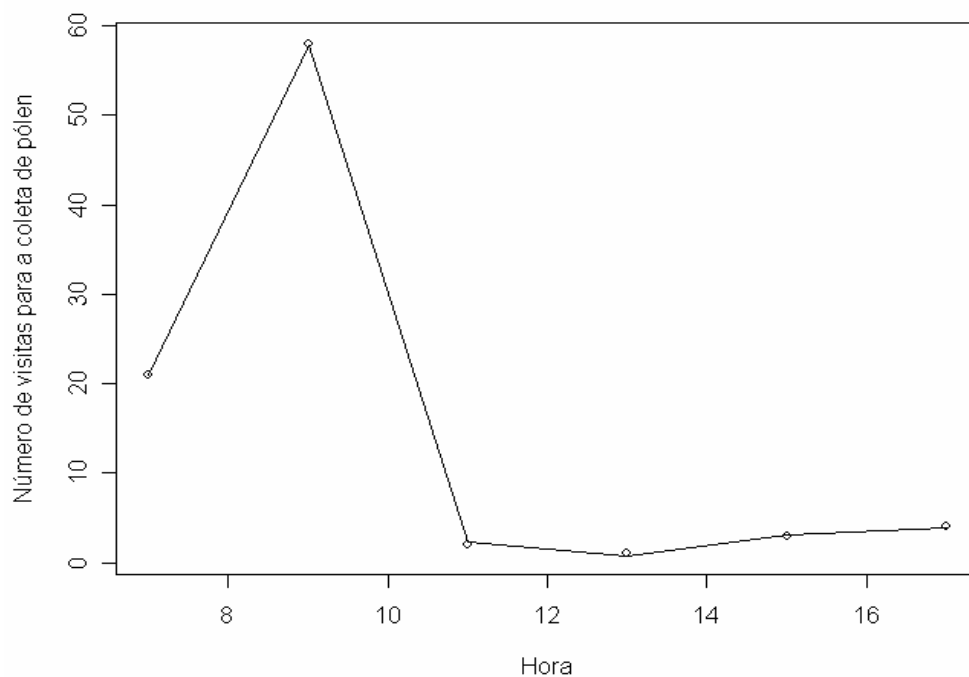


FIGURA – 8. Curva ajustada a equação:  $Y = \exp. (-243,8 - 90,76 \cdot H - 11,94 \cdot H^2 - 0,6677 \cdot H^3 - 0,0135 \cdot H^4)$ , em função do tempo, para o padrão de forrageamento de *Apis mellifera* por pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em Canto do Buriti – PI, 2006.

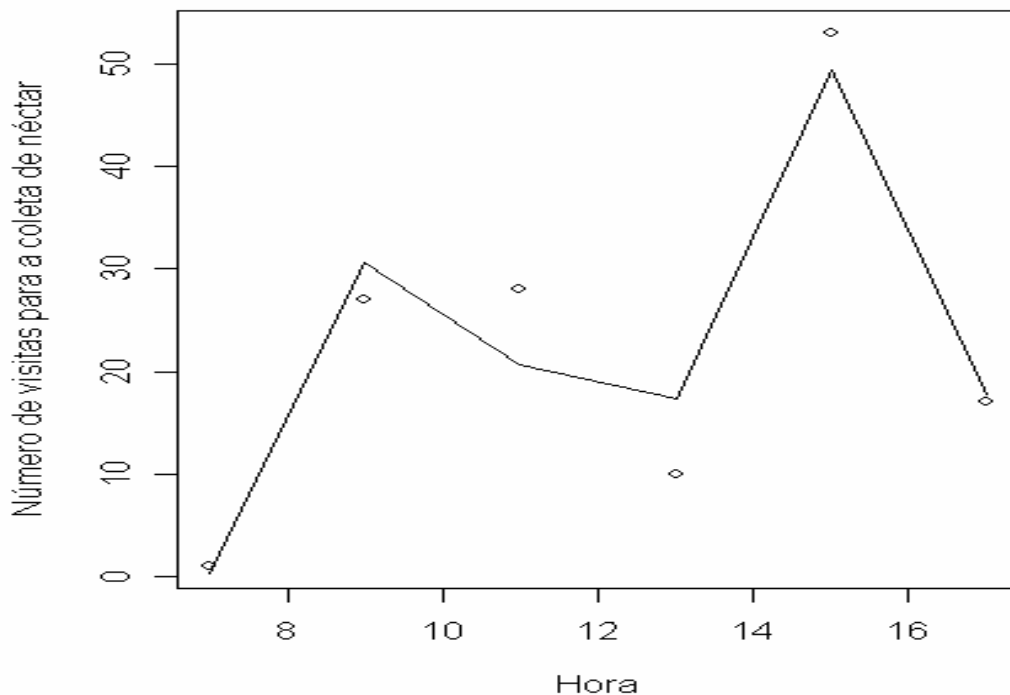


FIGURA – 9. Curva ajustada a equação:  $Y = \exp(-236,5 + 81,89 \cdot H - 10,27 \cdot H^2 + 0,5609 \cdot H^3 - 0,01124 \cdot H^4)$ , em função do tempo, para o padrão de forrageamento de *Apis mellifera* por néctar de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em Canto do Buriti – PI, 2006.

#### 6.4 Comportamento de pastejo da abelha canudo (*Scaptotrigona bipunctata* H.) em *Ricinus communis* L.

As visitas das abelhas canudo para coleta de pólen na mamoneira tiveram início às 6h, estendendo-se por todo o dia. A maior frequência de abelhas forrageando nas flores masculinas ocorreu durante as primeiras horas da manhã, até às 8h. Após este horário ocorreu uma queda brusca na frequência de abelhas até o meio dia, mantendo-se a partir de então baixa durante o restante do tarde, porém, com um pequeno pico às 16h (FIGURA 10). O padrão de forrageamento de *S. bipunctata* por pólen nas mamoneiras é definido pela equação  $Y = \exp(5,30123 - 0,2602 \cdot \text{Hora})$  (FIGURA 11). Este padrão de comportamento das abelhas mostra-se ajustado ao período de deiscências das anteras da mamoneira, entre seis e oito horas e após às 16h, quando o pólen é a principal recompensa (FIGURA 5).

Vários meliponíneos parecem evitar as horas mais quentes do dia para forragear. Comportamento semelhante ao observado no presente trabalho também foi constatado para a

abelha jandaíra (*Melipona subnitida* L.) utilizada na polinização de pimentão (*Capsicum annuum* L.) sob cultivo protegido, onde foram observados três picos de visitação em períodos diferentes do dia, sendo os maiores as 7h e 15h (CRUZ *et al.*, 2004; CRUZ *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2005). Já Alves e Freitas (2006), trabalhando com 5 espécies de abelhas, dentre elas três de meliponíneos, *Melipona subnitida* Ducke, *Trigona spinipes* Fabricius e *Partamona cupira* Smith, na polinização da goiabeira verificou um pico de visitação para coleta de pólen entre 5h e 10h da manhã, para todas as abelhas.

A proporção de abelhas canudo coletando néctar variou de 0 a 40% do total de forrageadoras a qualquer momento do dia (FIGURA 9). Essa baixa frequência de coletoras de néctar em relação a coletoras de pólen pode ser explicada devido aos altos teores de açúcares (87,2%) presentes no néctar da mamoneira (BAKER *et al.*, 1978), uma vez que os trigonini dão preferência a néctares pobres em frutose e glicose (ROUBIK, 1989). Devido à baixa procura destas abelhas por néctar, não foi possível estimar equação para esta variável.

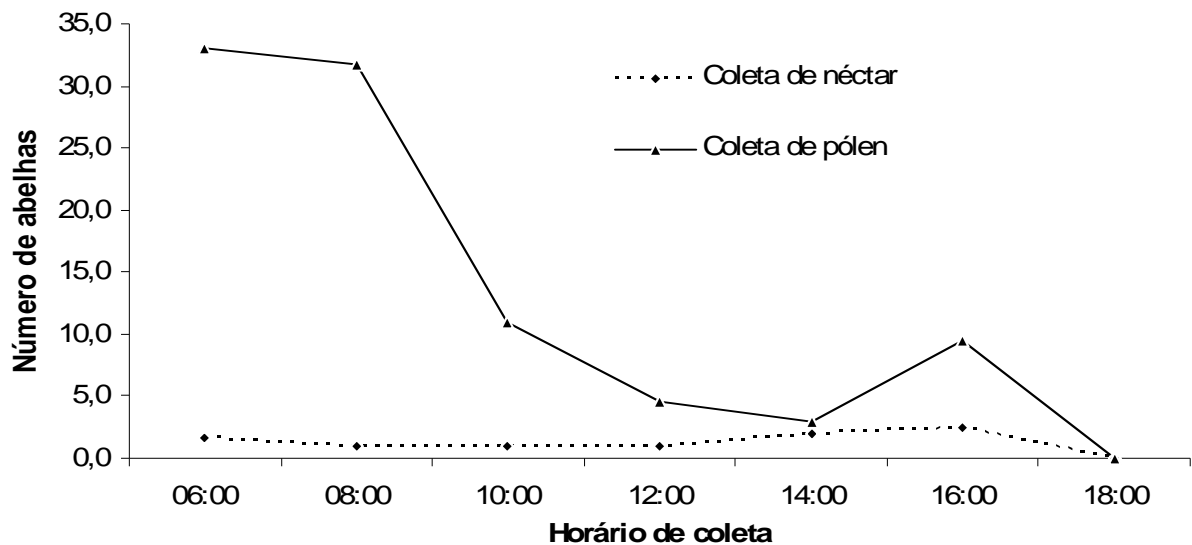


FIGURA – 10. Padrão de forrageamento por pólen e néctar de abelhas *Scaptotrigona bipunctata* (Holmberg) em mamoneiras (*Ricinus communis* var. BRS 149 Nordestina). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 2007.



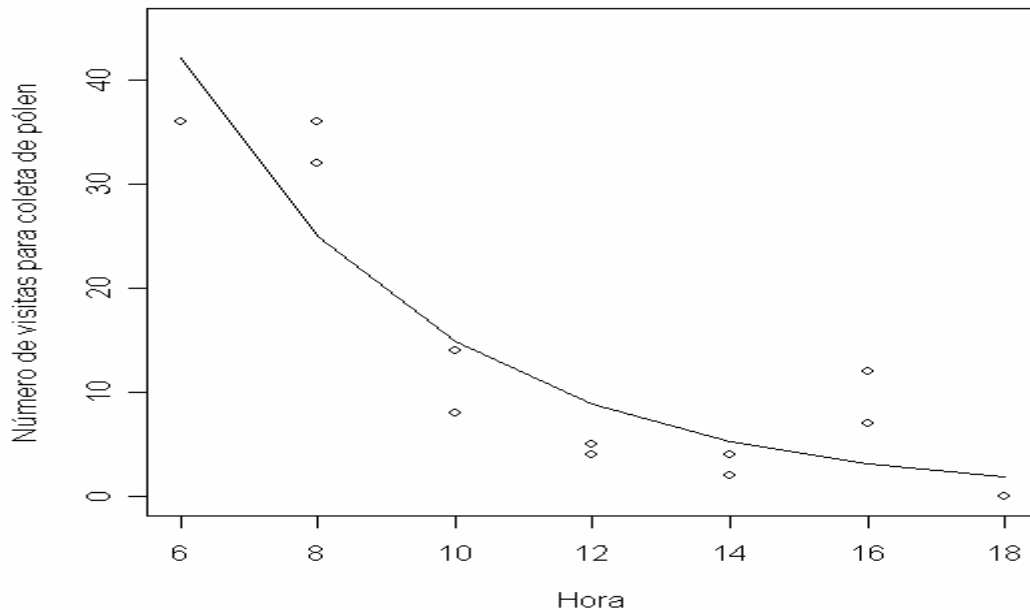


FIGURA – 11. Curva ajustada a equação:  $Y = \exp(5.30123 - 0.2602 \cdot \text{Hora})$ , em função do tempo, para o número de abelhas coletando pólen em função da hora. (·) valores observados e (–) modelo estimado para abelha *Scaptotrigona bipunctata* (Holmberg).

## 6.5 Requerimentos de polinização da mamoneira

Houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), quando comparados os tratamentos. A autopolinização manual vingou significativamente ( $p < 0,05$ ) mais frutos do que todos os outros tratamentos. Já a polinização livre, polinização manual cruzada e polinização cruzada com filó não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si, mas todos vingaram significativamente mais frutos que o tratamento de polinização restrita com papel. A polinização restrita emasculada com papel não apresentou vingamento de frutos, portanto não foi analisado estatisticamente (TABELA 1).

O experimento demonstrou que a mamoneira pode ser polinizada e vingar frutos tanto por meio do próprio pólen quanto do de outras plantas da mesma espécie, confirmando dados de Gurgel (1945) e Ribeiro Filho (1966), quando afirmam que a alogamia nesta espécie vegetal pode alcançar valores superiores a 40%. No entanto, os resultados sugerem que a mamoneira se beneficia mais da autogamia, uma vez que a autopolinização manual, ao colocar nos estigmas uma grande e ilimitada quantidade de auto-pólen, produziu quase 100% de vingamento, enquanto que o mesmo tratamento realizado com pólen cruzado produziu

índices significativamente ( $p < 0,05$ ) inferiores, 80,49%. Esse resultado corrobora a afirmação de Távora (1982) de que a mamoneira seria uma planta predominantemente autógama e que isto não acarretaria em problemas de endogamia para a cultura.

O tratamento de polinização restrita com filó apresentou índices de vingamento semelhantes aos obtidos com a polinização manual cruzada e polinização livre. Isto permite concluir que o vento é o principal agente polinizador da mamoneira, já que as flores protegidas por filó da visitação de agentes bióticos vingaram igualmente àquelas expostas aos visitantes florais (polinização livre). Essas observações estão de acordo com outros autores que também haviam relatado anemofilia na mamoneira (WEISS, 1971; TÁVORA, 1982; SEVERINO, 2006; BELTRÃO e SEVERINO, 2006). Também permite concluir que o vento, seja no caso da polinização restrita com filó ou na polinização livre, promoveu essencialmente a polinização cruzada entre as plantas, pois seus índices também não diferiram daqueles produzidos pelo tratamento de polinização cruzada, e os tratamentos de polinização restrita com saco de papel, com panículas emasculadas ou não, produziram resultados insignificantes já que o pólen cruzado trazido pelo vento não pôde penetrar nos sacos. Provavelmente, a taxa de alogamia na mamoneira seja bem maior do que os 40% preconizados por Gurgel (1945) e Ribeiro Filho (1966). Finalmente, pode-se concluir que para incrementar a produtividade da mamoneira seria necessário aumentar a quantidade de auto-pólen depositada nos estigmas a níveis similares aos produzidos pelo tratamento de autopolinização manual.

TABELA – 1. Vingamento de frutos da mamoneira (*Ricinus communis* L.) sob polinização livre, restrita (com filó, papel e emasculada com papel), cruzada manual e autopolinização manual. Canto do Buriti – PI, 2006.

<b>Requerimento de Polinização da Mamoneira</b>				
<b>Tratamentos de Polinização</b>	<b>Nº de flores/ tratamento</b>	<b>Vingamento</b>	<b>(%)</b>	<b>p-valor</b>
Autopolinização manual	75	74	98,67 a	0.00806
Polinização livre (Testemunha)	60	49	81,67 b	$7.55 \times 10^{-06}$
Polinização cruzada manual	82	66	80,49 b	0.85966
Polinização restrita com filó	161	116	72,05 b	0.14685
Polinização restrita com papel	63	5	07,94 c	$5.89 \times 10^{-12}$
Restrita emasculada com papel	23	0	00,00	-

Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente entre si, ( $p < 0,05$ ).

## 6.6 Eficiência da polinização por *Apis mellifera* L.

Todos os tratamentos aplicados neste experimento de eficiência de polinização proporcionaram vingamento de frutos e houve diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ). A autopolinização manual produziu a melhor taxa de vingamento e diferiu significativamente de todos os demais tratamentos. A polinização livre com introdução de abelhas *A. mellifera*, a polinização restrita com filó e a testemunha (livre sem introdução de abelhas) não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), mas produziram resultados significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento de polinização restrita com saco de papel (TABELA 2).

O elevado índice de vingamento observado no tratamento de autopolinização manual não surpreende em função dos resultados obtidos no experimento de requerimento de polinização da cultura, quando o mesmo tratamento também produziu índices semelhantes aos observados aqui. No entanto, o tratamento livre com introdução de abelhas, apesar de diferir do de autopolinização manual e não do de polinização livre sem abelhas, alcançou percentuais de vingamentos muito mais próximos daquele do que deste. De fato, a análise estatística mostrou significância marginal ( $p = 0,081$ ) (PEREIRA *et al.*, 2003; LONG Jr. *et al.*, 2006) com relação ao vingamento das áreas com e sem introdução de abelhas (93,62% contra 81,67%, respectivamente), sugerindo haver realmente uma diferença no percentual de vingamento (14,63%) quando as abelhas estão presentes ou ausentes. Apesar desta diferença ser visível nos números obtidos, talvez não tenha se apresentado estatisticamente significativa a  $p < 0,05$  devido ao pequeno número de repetições deste tratamento (47) em relação aos demais, em função das perdas de flores por causa do ataque de gafanhotos. Isto é reforçado pelos resultados altamente significativos ( $p < 0,01$ ) obtidos quando se comparou o número de frutos por cacho, peso do fruto, peso da semente, teor de óleo na semente e energia bruta do óleo entre os tratamentos com e sem introdução de abelhas, quando um número muito maior de repetições pôde ser analisado (ver item 6.7 Avaliação da produção e peso de frutos).

Considerando que a deiscência da antera da mamoneira é explosiva e dispara ao toque (MACÊDO e WAGNER, 1984; BIANCHINI e PACINI, 1996) e que o pólen da mamoneira é leve e pulverulento, facilmente mantido em suspensão no ar e carregado pelo vento, é possível que devido à maneira pela qual as abelhas melíferas coletam pólen, rebuscando as anteras com as pernas dianteiras e jogando o pólen sobre o corpo (WINSTON, 1987), uma grande quantidade deste seja dispersado no ar, aumentando a proporção de auto-

pólen que atinge os estigmas das flores femininas na mesma panícula. Isto elevaria os índices de autopolinização, explicando o percentual de vingamento marginalmente superior do tratamento livre com introdução de abelhas em relação à testemunha (livre, sem introdução de abelhas) e próximo ao de autopolinização manual. Finalmente, é necessário observar que o tratamento com introdução de abelhas foi, dentre os tratamentos que podem ocorrer naturalmente no campo, aquele que produziu os melhores índices de polinização, uma vez que a autopolinização manual seria uma condição ideal, mas inviável de se praticar em larga escala até o presente momento.

TABELA 2 – Vingamento de frutos da mamoneira (*Ricinus communis* L.) sob polinização livre com introdução de abelhas *Apis mellifera*, livre (testemunha sem introdução de abelhas), restrita (filó e papel) e autopolinização manual. Canto do Buriti – PI, 2006.

Eficiência de polinização da <i>Apis mellifera</i>				
Tratamentos de Polinização	Nº de flores por tratamento	Vingamento	(%)	p-valor
Autopolinização manual	75	74	98,67 a	0.00806
Livre com introdução de abelhas	47	44	93,62 b	<b>0.08132*</b>
Restrita com filó	166	143	86,14 b	0.40714
Livre (Testemunha)	60	49	81,67 b	7.55x10 <sup>-06</sup>
Restrita com papel	61	14	22,95 c	2.12x10 <sup>-09</sup>

Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente entre si, (p<0,05).

\* Significância marginal (PEREIRA *et al.*, 2003; LONG Jr. *et al.*, 2006).

## 6.7 Avaliação da produção e peso dos frutos

A partir deste experimento, compararam-se os frutos produzidos na área que recebeu colônias de *A. mellifera* com aquela sem introdução de abelhas. Dentre os parâmetros analisados, todos apresentaram diferenças significativas (p<0,01), sendo favoráveis à área com introdução de abelhas melíferas. Dessa forma, os racemos coletados apresentaram-se mais pesados, com maior número e peso de frutos em relação à área sem introdução de abelhas *Apis* (TABELA 3).

O peso médio do racemo secundário proveniente da área com introdução de abelhas foi 66,67 gramas, sendo 63,77% superior ao peso daqueles produzidos na área sem introdução de abelhas, 40,71g. O número de frutos por cacho comportou-se da mesma forma,

com acréscimo de 41,35%, aumentando a produção média de 15,84 para 22,39 frutos. Bem como no peso dos frutos, onde o acréscimo foi de 15,15%, elevando-se de 2,31g na área sem introdução de abelhas para 2,66g para a área com colméias de abelhas melíferas (TABELA 3).

Confirmando os resultados do experimento anterior (6.6 Eficiência de polinização por *Apis mellifera*), onde ocorreu significância marginal entre os tratamentos de polinização livre com introdução de abelhas melíferas e testemunha sem introdução de abelhas, neste experimento foram encontrados valores altamente significativos ( $p < 0,01$ ) para o incremento de produção em cultura de mamoneira com introdução de abelhas melíferas.

Conforme discutido, provavelmente as abelhas contribuíram para aumentar a disponibilidade de auto-pólen nos estigmas, promovendo uma melhor polinização, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. A maior quantidade de grãos de pólen presentes no ar aumenta a possibilidade de que estes cheguem aos estigmas de forma mais homogênea, em maior quantidade e beneficiando mais flores. Quanto maior a quantidade de grãos de pólen depositados no estigma, melhor será a competição destes em fecundar o óvulo, possibilitando que os grãos com maior viabilidade, vigor e velocidade para emissão do tubo polínico, possam efetuar a fecundação (FREE, 1993).

TABELA – 3. Número de frutos, peso médio do racemo secundário e peso do fruto de mamoneira, variedade BRS 149 Nordestina sob dois tratamentos: com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006.

Variáveis	Área com colméias	Área sem Colméias	Nº de Repetições	CV(%)
Nº frutos por racemo secundário	22,39 <sup>a</sup>	15,84 <sup>b</sup>	101	66,54
Peso de racemo secundário (g)	66,67 <sup>a</sup>	40,71 <sup>b</sup>	101	70,55
Peso do fruto (g)	2,66 <sup>a</sup>	2,31 <sup>b</sup>	7*	8,42

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si, ( $p < 0,01$ ).

\* Cada repetição representa o valor médio de um lote de 100 frutos.

## 6.8 Avaliação das sementes produzidas

Para as análises físico-químicas, as sementes provenientes da área povoada com colônias de abelhas melíferas em Canto do Buriti também apresentaram valores significativamente melhores ( $p < 0,05$ ) em todos os parâmetros analisados. Além do maior

peso registrado, as sementes apresentaram maior teor de matéria seca, maior porcentagem de amêndoa e, conseqüentemente menor de casca, elevado teor de óleo (extrato etéreo) e energia bruta, quando comparadas com as sementes oriundas da área sem introdução de abelhas (TABELA 4).

Os pesos de 100 sementes encontrados neste experimento (54,46g com abelhas e 47,32g sem abelhas) estão abaixo daqueles relatados como padrão, 68g, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA ALGODÃO, 2001), produtora da BRS 149 Nordestina. Porém, Severino *et al.* (2004), encontraram variação entre 36,0 a 75,0g no peso de sementes da mamoneira BRS 149 Nordestina, mostrando que essa característica é bastante instável nesta variedade.

O rendimento de óleo nas sementes oriundas da área sem introdução de abelhas, 49,94%, foi superior ao relatado pela EMBRAPA Algodão (2001), 48,90%. Bem como aos 48,09% por Tambascia e Teixeira (1986), e próximo aos 50,20% encontrados por Severino *et al.* (2006b). Porém, o teor de óleo encontrado nas sementes da área com introdução de abelhas, 54,48%, foi 9,1% superior, ( $p < 0,01$ ), aos obtidos no tratamento sem introdução de abelhas e também aos encontrados na literatura, sugerindo que a abelha melífera, de fato, contribuiu para uma melhoria na qualidade dos frutos, no que diz respeito ao conteúdo de óleo.

Na análise dos teores de amêndoa e casca pôde-se observar que as sementes mais pesadas possuem maior quantidade de tegumento interno ( $p < 0,01$ ). Este fato pode ser explicado pela maior densidade e menor quantidade de espaços vazios no interior das mesmas (SEVERINO *et al.*, 2004). Como a casca é pobre em óleo (TABELA 6), se comparada à amêndoa (TABELA 5), torna-se de grande importância que sua participação na composição do fruto seja a menor possível, quando a finalidade é a produção de biocombustíveis. Os teores de casca e amêndoa encontrados neste experimento estão próximos aos 25% e 75%, respectivamente, encontrados por Savy Filho *et al.* (1999).

Além das sementes terem apresentado maior peso e maior teor de extrato etéreo, pôde-se perceber que a introdução de abelhas na área de mamona também afetou a qualidade do óleo produzido, apresentando-se com valor energético significativamente maior ( $p < 0,01$ ) em relação àquela sem introdução de abelhas. Costa Neto *et al.* (2000) encontraram que o óleo da mamoneira possui 8.913 kcal/kg. Este resultado é superior aos obtidos nas sementes da área sem introdução de colônias de abelhas, 8.843 kcal/kg, porém, inferiores aos da área

com colméias, 9006,81 kcal/kg. De acordo com Free (1993) e Freitas (1995), a polinização intermediada pelas abelhas pode contribuir para incrementos na produção de várias culturas por meio da formação de frutos mais pesados, com maior teor de óleo e melhor conformação.

TABELA – 4. Avaliação do peso médio (g) de 100 sementes, porcentagem de amêndoa e casca, matéria seca, extrato etéreo e energia bruta do óleo de sementes de mamoneira, proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006.

Variáveis*	Área com colméias	Área sem colméias	Nº de Repetições**	CV (%)
Peso de 100 sementes (g)	54,46 <sup>a</sup>	47,32 <sup>b</sup>	7	4,40
Amêndoa (%)	77,00 <sup>a</sup>	75,60 <sup>b</sup>	7	0,73
Casca (%)	23,00 <sup>b</sup>	24,40 <sup>a</sup>	7	2,35
Matéria seca (%)	96,31 <sup>a</sup>	96,09 <sup>b</sup>	7	0,15
Extrato etéreo (%)	54,48 <sup>a</sup>	49,94 <sup>b</sup>	7	1,51
Energia bruta do óleo (kcal/kg)	9006,81 <sup>a</sup>	8843,29 <sup>b</sup>	7	1,08

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si, ( $p < 0,01$ ), exceto para a variável Matéria seca ( $p < 0,05$ ).

\*Dados expressos em matéria natural

\*\* Cada repetição representa o valor médio de um lote de 25 sementes.

Os dados referentes à análise de amêndoas são apresentados na TABELA 5. Da mesma forma encontrada para a semente, o tegumento interno proveniente da área com introdução de *Apis* apresentou-se superior para todos os parâmetros analisados.

TABELA – 5. Avaliação da matéria seca, extrato etéreo e teor de energia bruta do óleo extraído da amêndoa de sementes de mamoneira, proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006.

Variáveis*	Área com abelhas	Área sem abelhas	Nº de Repetições**	CV (%)
Matéria seca (%)	96,31 <sup>a</sup>	96,10 <sup>b</sup>	7	0,20
Extrato etéreo (%)	67,34 <sup>a</sup>	62,69 <sup>b</sup>	7	1,43
Energia bruta (kcal/kg)	9006,81 <sup>a</sup>	8843,29 <sup>b</sup>	7	1,08

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si, ( $p < 0,01$ ), exceto para a variável Matéria seca ( $p < 0,05$ ).

\*Dados expressos em matéria natural

\*\* Cada repetição representa o valor médio de um lote de 25 sementes.

Para as avaliações das cascas, não foram realizadas análises estatísticas, sendo apresentadas as médias entre os tratamentos (TABELA 6). É conveniente ressaltar que as cascas são pobres em óleo quando comparadas à amêndoa, tendo participação de 1,2% e 1,3% para as áreas com e sem introdução de abelhas melíferas, respectivamente, no total de óleo da semente.

TABELA – 6. Avaliação da matéria seca e extrato etéreo da casca de sementes de mamoneira proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006.

Variáveis*	Área com abelhas	Área sem abelhas	Média
Matéria seca (%)	96,28	96,06	0,20
Extrato etéreo (%)	2,69	2,60	1,43

\*Dados expressos em matéria natural

A avaliação fisiológica das sementes produzidas em Canto do Buriti, provenientes dos tratamentos com e sem introdução de abelhas melíferas (*Apis mellifera*) em áreas de plantio comercial de mamonas está expressa na TABELA 7. Dentre os cinco parâmetros avaliados, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para o peso da matéria seca, sendo este superior para a área com introdução de abelhas.

A porcentagem de germinação não demonstrou diferença estatística ( $p > 0,05$ ), tendo como média 84%. Estes valores foram superiores aos mínimos permitidos pela legislação vigente, 80%, para a comercialização de sementes (QUEIROGA e BELTRÃO, 2004), mostrando que as sementes oriundas das duas áreas podem ser utilizadas para implantação de novas culturas, e provavelmente são produto de dois tipos de polinização (autogamia e alogamia), mediada ou não pelas abelhas.

O vigor à primeira contagem foi idêntico à germinação, mostrando que todas as sementes viáveis germinaram ao sétimo dia, não havendo surgimento de novas plântulas aos 14 dias após a semeadura em papel Germitest. Almeida *et al.* (2002), trabalhando com a cultivar Nordestina também encontraram valores idênticos para germinação e vigor à primeira contagem (81,00%). Já Fonseca *et al.* (2004), com a cultivar Guarani, encontraram valores de 73% para germinação e 57% para vigor à primeira contagem, todos inferiores aos deste experimento.

Na variável emergência de plântulas também ocorreram índices elevados, 92%, quando comparados aos 60% encontrados por Severino *et al.* (2004), e aos 81% encontrados



por Lucena *et al.* (2004), trabalhando com sementes de BRS 149 Nordestina. Porcentagens altas, entre 86,66 e 100%, também foram verificadas por Ramalho *et al.* (2004), com a mesma variedade.

Para índice de velocidade de emergência (IVE), os resultados apresentaram média de 6,32. Como esta análise é feita através de um índice que leva em conta a emergência diária de plântulas e os dias de coleta de dados, ocorre uma discrepância de dados na literatura. A tendência é a obtenção de resultados mais elevados quando a contagem inicia-se logo nos primeiros dias, uma vez que o denominador é o número de dias subsequentes à sementeira. Porém, os resultados deste experimento foram superiores aos 3,64 e 4,80 encontrados por Ramalho *et al.* (2004), com sementes de mamoneira cv. Nordestina, em contagens de germinação entre os 5 e 20 dias, e Alves, W. *et al.* (2004), em contagens diárias até o 11º dia, que encontraram índices médios de 2,62 e 1,11.

No peso da matéria seca de plântulas aos 14 dias, houve diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), sendo 17,14% superior para o tratamento com introdução de abelhas em relação aquele sem introdução de abelhas. Severino *et al.* (2004), observaram que sementes mais pesadas produziram até 22% a mais de matéria seca em relação àquelas mais leves, concordando com os dados do presente estudo.

De acordo com os resultados obtidos, há indicativo de que o peso da semente não tem influência sobre características ligadas ao desenvolvimento da planta (percentual de emergência, germinação, IVE e vigor a primeira contagem), mas, sobre características ligadas ao crescimento, como o peso seco da parte aérea.

TABELA – 7. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Ricinus communis* L. proveniente de áreas com introdução e sem introdução de colméias racionais povoadas com abelhas melíferas (*Apis mellifera*). Canto do Buriti, PI, 2006.

Variáveis	Área com colméias	Área sem colméias	Média	Nº de repetições	CV (%)
Germinação (%)*	86	82	84	6	4,52
Vigor 1ª contagem (%)*	86	82	84	6	4,52
Emergência de plântulas (%)**	93	91	92	4	3,55
Índice de velocidade de Emergência**	6,25	6,38	6,32	4	4,65
Peso da matéria seca (g)**	19,75 <sup>a</sup>	16,86 <sup>b</sup>	18,31	4	6,23

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha, diferem significativamente entre si, ( $p < 0,05$ ).

\*Cada repetição representa o valor médio de um lote de 25 sementes.

\*\* Cada repetição representa o valor médio de um lote de 50 sementes.

## 7. CONCLUSÕES

A mamoneira produz pólen em abundância nas suas flores masculinas e néctar nos nectários extraflorais, ambos constituindo recursos alimentares importantes para as abelhas, tendo, portanto, se mostrado bastante atrativa para *Apis mellifera* L. e *Scaptotrigona bipunctata* H.

O principal agente polinizador da mamoneira é o vento, e a espécie pode ser polinizada e vingar frutos tanto por meio de autopolinização quanto polinização cruzada, embora apresente melhores resultados com autogamia. Essa conclusão permite aceitar parcialmente a  $H_0$  da primeira hipótese levantada neste trabalho, quando afirma que a mamoneira é polinizada pelo vento. No entanto, o vento sozinho não foi capaz de maximizar a produção de frutos.

A introdução de colônias de *Apis mellifera* em cultivos de mamona contribui para incrementar os índices de produtividade da cultura, tanto ao aumentar o número de frutos por cacho quanto o rendimento de óleo dos mesmos. Isto permite aceitar  $H_1$  das duas hipóteses, que afirma que a introdução de colônias de abelhas melíferas em plantios comerciais de mamona leva a incrementos na rentabilidade da cultura.

O tipo de polinização, mediada ou não por abelhas *Apis mellifera*, não afeta as características fisiológicas das sementes da mamoneira.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. Lula inaugura nova usina de biodiesel na Bahia. **Agência Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/02/10/materia.2007-02-10.5476674234/view>>, acesso em: 15 jan. 2007.

AGUIAR, M. J. M.; VIANA, T. V. A.; AGUIAR, J. V. de; CRISÓSTOMO-JÚNIOR, R. R.; BARRETO-JÚNIOR, J. H. C. **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2003**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 19 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 86).

ALMEIDA, F. A. C.; MORAIS, A. M. de; CARVALHO, J. M. F. C.; GOUVEIA, J. P. G. de. Crioconservação de sementes de mamona das variedades nordestina e pernambucana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.295-302, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a19.pdf>>, acesso em: 13 fev. 2007.

ALVES, J. E. **Eficiência de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. 82p. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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

ALVES, M. O.; NARCISO SOBRINHO, J.; CARVALHO, J. M. M. **Possibilidades da mamona como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 42p.

ALVES, W. W. A.; SOUZA, R. M.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V.; PAIXÃO, F. J. R. germinação de sementes de mamona em solo irrigado com águas residuárias. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA. 2004. Campina Grande, PB. **Anais...** Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/259.pdf>>, acesso em: 14 fev. 2007.

AMARAL, J. G. C. do. Cultivo de mamona al guarany 2002. Cati responde, n.52, outubro 2002. CECOR/CATI. Disponível em: <[http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/cr52mamona\\_guarany.htm](http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/cr52mamona_guarany.htm)>, acesso em: 17 fev. 2007

ANDRADE, S. J.; BARROS, L. M.; FERREIRA IRMÃO, J.; NAVAES, A. M. **Relação entre o mercado de créditos de carbono e o cultivo de mamona para produção de biodiesel no semi-árido nordestino: caso do Assentamento Libertação em Itaíba-PE.** Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel. Portal do Biodiesel: Governo Federal. 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Outros/RelacaoEntre3.pdf>>, acesso em: 15 jan. 2007

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. M.; MOREIRA, J. A. N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 39p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 25).

BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2006. 237p.

BAKER, D. A.; HALL, J. L.; THORPE, J. R. A Study of the Extrafloral Nectaries of *Ricinus communis*. **New Phytologist**, v.81, n.1, p.129-137. 1978.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O Agronegócio da mamona no Brasil.** Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.il.; 2001. p.37-61.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. & MELO, F. B. Cultivo da Mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) walp] para o semi-árido nordestino em especial o Piauí. Campina Grande: EMBRAPA Algodão/EMBRAPA CPAMN, 2002. 44p. (EMBRAPA Algodão. Documentos, 97).

BELTRÃO, N. E. M. & SEVERINO, L. S. Ecofisiologia. In: SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 248p. 2006. p.171-179.

BIANCHINI, M. & PACINI, E. Explosive anther dehiscence in *Ricinus communis* L. involves cell wall modifications and relative humidity. **Internacional Journal of Plant**, v.157, n.6, p.739-745, 1996.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNAD/CLAV, 1992. 365p.

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, O. R. R. F. da; SEVERINO, L. S.; AUASSUNA, N. D.; SOARES, J. J. **O cultivo da Mamona no semi-árido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 20p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 77).

CARVALHO, B. C. L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65p.

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

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.23, n.4, p.531-537, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2654.pdf>>, acesso em: 16 fev. 2007.

COUTO, R. H. N. Contribuição das abelhas na polinização de plantas produtoras de vagens. In: **Anais... ENCONTRO SOBRE ABELHAS DE RIBEIRÃO PRETO**, 1996. Ribeirão Preto, 1996, v.II, p.135-140.

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

CONAB. Quinto levantamento de avaliação da safra 2006/2007. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Fevereiro – 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5levsafra.pdf>>, acesso em: 19 fev. 2007.

CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; SILVA, E. M. S.; BOMFIM, I. G. A. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.3, p.293-298, 2004.

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

de JONG, T. J.; WASER, N. M. & KLINKHAMER, P. G. L. Geitonogamy: The neglected side of selfing. **Trends in Ecology and Evolution**, v.8, n.9, p.321-325, 1993.

DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos Lineares Generalizados na Experimentação Agronômica**, 5º SEAGRO e 38ª RBRAS. Porto Alegre, DE/UFRGS, 1993. 125p.

DOBSON, A. J. **An Introduction to Generalized Linear Models**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Chapman & Hall/CRC, 2001. 201p.

EMBRAPA. Apresentação do Produto. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona.html>> , acesso em: 14 fev. 2007.

EMBRAPA ALGODÃO. O cultivo da mamona – GERANEGÓCIO. 1998-2001. Disponível em: <<http://www.geranegocio.com.br/html/geral/mamona/mamona.html>>, acesso em: 14 fev. 2007.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (eds.) **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. p. 19-2. 2004.

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

FREIRE, R. M. M. & SEVERINO, L. S. Óleo de Mamona. In: SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 248p. 2006. p.243-248.

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

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

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

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

FONSECA, N. R.; MYCZKOWSKI, M. L.; PRIOR, M.; SÁ, R. O. de; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZANOTTO, M. D. Teste de avaliação da viabilidade e de vigor em sementes de mamona. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande, PB. **Anais...** Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/261.pdf>>, acesso em: 13 fev. 2007.

GOLDEMBERG, J. **Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. São Paulo em Perspectiva Ciência e Tecnologia.** 3 ed. São Paulo, 2000. v.14, p.91-97.

GONÇALVES, N. P.; KAKIDA, J. & LELES, W. D. Cultivares de mamona. **Informe Agropecuário**, v.7, n.82, p.31-33, 1981.

GURGEL, J. T. A. **Estudos sobre a mamoneira (*Ricinus communis* L.).** Piracicaba, s.ed. 1945. 75p.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações. 2004. 200p.

IBGE, Resultados da Amostra do Censo Demográfico 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>, acesso em: 15 Dez. 2007.

KENMORE, P.; KRELL, R. Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management. In: **International Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees.** 7-9 de Outubro de 1998, São Paulo, Brasil. 1998.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A. & NASCIMENTO, V. A. **Abelha urucu: biologia, manejo e conservação.** Belo Horizonte: Acangau, 1996. 143p.

LONG Jr., J. H.; SCHUMACHER, J.; LIVINGSTON, N.; KEMP, M. Four flippers or two? Tetrapodal swimming with an aquatic robot. **Bioinspiration & Biomimetics**, n.1, v.1, p.20-29, 2006. Disponível em: <<http://faculty.vassar.edu/jolong/LongSchumacher2006.pdf>>, acesso em: 15 abr. 2007.

LUCENA, A. M. A.; SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X. da; GUIMARÃES, M. M. B. de; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. Germinação de sementes de mamona tratadas com giberelina (GA<sub>3</sub>). In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande, PB. **Anais...** Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/260.pdf>>, acesso em: 13 fev. 2007.

MACÊDO, L.R. & WAGNER, W.J. **Revisão bibliográfica sobre a cultura da mamona.** Belém: SUDAM/DSP, 1984. 35p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination – aid in selection aid evolution for seedling emergence and vigor. **Crop Science.** Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MALAGODI-BRAGA, K. S. Abelhas: por quê manejá-las para a polinização?. **Mensagem Doce**, n.80, 2005. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/80/abelhas2.htm>>, acesso em: 15 fev. 2007.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas. Tártaro. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas.** Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, 1983. p.227-360.

McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants.** USDA Agriculture Handbook, n.494, 1976. 441p

MDA. Biodiesel no Brasil: resultados sócio-econômicos e expectativa futura. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**, 2006. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705112061.doc>>, acesso em: 05 fev. 2007.

MDA. Selo Combustível Social. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**, 2007a. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/selo>>, acesso em: 19 fev. 2007.

MDA. Governo Federal compra 45 milhões de litros de biodiesel em leilão. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**, Brasil, 2007b. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/index.php?ctuid=11598&scid=134>>, acesso em: 16 fev. 2007.

MEDEIROS, R. M. **Estudo agrometeorológico para o estado do Piauí.** Teresina, PI. 2000. 138p.

MELHORANÇA, A. L. & STAUT, L. A. **Indicações técnicas para a cultura da mamona em Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 62p.

MILFONT, M. O. **O potencial da mamoneira (*Ricinus communis* L.) para exploração apícola: produção, toxidez e qualidade do mel e pólen.** 90p. 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.



MME. Programa nacional de produção e uso do biodiesel. **Ministério de Minas e Energia**. 2004. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/PNPB\\_LancRede.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/PNPB_LancRede.pdf)>, acesso em: 15 Fev. 2007.

MONTEIRO, J. V. **Produtividade da mamoneira ‘Al Guarany 2002’ (*Ricinus communis* L.) em função de diferentes arranjos populacionais**. 2005. 89p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

MORSE, R. A.; CALDERONE, N. W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. **Bee Culture**. March 2000. Disponível em: <<http://www.beeculture.com/content/PollinationReprint07.pdf>>, acesso em: 15 fev. 2007

MOSHKIN, V. A. & PERESTOVA, T. A. Morphology and anatomy. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind Publishing, 1986. p.28-33.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: krzyzanowski F. C.; Vieira, R. D.; França Neto, J. B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. cap 2. p.1-24. 1999.

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

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

OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia**. 2. ed. rev. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.110 p.

OSBORNE, J. L.; WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A. Bees, pollination and habitat change in the European Community. **Bee World**, n.72, p.99-116, 1991.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

PEREIRA, M. E.; FAGUNDES, A. L. M.; SILVA, J. F. da; TAKEI, R. Os estereótipos e o viés lingüístico intergrupl. **Interação em Psicologia**, v.7, n.1, p.125-137, 2003.

PINHEIRO, J. C. & BATES, D. M. **Mixed-Effects Models in S and S-PLUS**. New York: Springer Verlag, 2000. 528p.

PRATA, F. C. Mamona. In: PRATA, F. C. **Principais culturas do Nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária do Ceará, v.1, p.139-152, 1969.

QUEIROGA, V. P., BELTRÃO, N. E. M. **Produção e Armazenamento de Sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.)**. Ministério da Agricultura pecuária e Abastecimento. Comunicado Técnico 206. Embrapa Campina Grande, PB. Abril, 2004. Disponível em: <[www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2004/COMTEC206.PDF](http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2004/COMTEC206.PDF)>, acesso em: 13 fev. 2007.

RABINOWITCH, H. D.; FAHN, A.; TALMEIR e LENSKY, Y. Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L) plants in relation to their attractiveness to honey bees (*Apis mellifera* L.). **Annals of Applied Biology**. v.123, n.2, p.221-232, 1993.

RAMALHO, F. K.; BARRÊTO, A. F.; SOUSA, J. R. de; MEDEIROS, I. F. de. Efeitos de esterco em mistura com areia sobre sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) semeadas em sacos plásticos. In: **Anais...** I Congresso Brasileiro de Mamona. Campina Grande, PB. 2004. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/248.pdf>>, acesso em: 13 fev. 2007.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da mamoneira**. Viçosa, MG: UFV, 1966. 75p.

RIBEIRO, S. K. Aposta no Biodiesel. Pólo nacional de Biocombustíveis ESALQ/USP. 2006. Disponível em: <<http://www.polobio.esalq.usp.br/noticias-visualizar.php?Id=409&PHPSESSID=cd6192bfbcf18900b4f25da996010a29>>, acesso em: 19 fev. 2007.

ROUBIK, D. W. **Ecology and Natural History of Tropical Bee**. Cambridge: University Press, 1989. 514 p.

ROUSSEFF, D. Biodiesel, O novo combustível do Brasil. Programa Nacional de produção e uso do Biodiesel. **Ministério de Minas e Energia**. 2004. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Apres\\_MinistraME\\_06-12-04.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Apres_MinistraME_06-12-04.pdf)>, acesso em: 15 jan. 2007.

SÁ, R. O. de; ZANOTTO, M. D.; AMARAL, J. G. C. do; JESUS, C. R. de; MYCZKOWSKI, M. L. Avaliação para utilização de mamona (*Ricinus communis* L.) espontânea no melhoramento genético. In: **Anais...** I Congresso Brasileiro de Mamona. Campina Grande, PB. 2004. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/256.pdf>>, acesso em: 15 fev. 2007.

SANTANA, E. Usinas poderão produzir mais 324 milhões de litros de biodiesel neste ano. **Agência Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/01/31/materia.2007-01-31.6792752712/view>>, acesso em: 19 fev. 2007.

SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L.; MARQUES F. M. FIRMINO, P. T. Análise econômica. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 350p.il.; 2001. p.17-35.

SATLER, A. Apicultura brasileira frente ao Mercosul. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 11. 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p.81-85, 434p.

SAVY FILHO, A.; PAULO, E. M.; MARTINS, A. L. M.; GERIN, M. A. N. Variedades de mamona do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 12p. (Boletim Técnico, 183).

SAVY FILHO, A. Mamoneira: técnicas de cultivo. Informações Técnicas. **O Agrônomo**. Campinas-SP: IAC, v.53, n.1, 2001. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/oagronomico/531/53116-17\\_it\\_mamoneira.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/oagronomico/531/53116-17_it_mamoneira.pdf)>, acesso em: 12 fev. 2007.

SEVERINO, L. S.; COELHO, D. K.; CARDOSO, G. D. Caracterização do volume, densidade, germinação e desenvolvimento inicial de sementes de mamona em diferentes faixas de peso. EMBRAPA ALGODÃO, Campina Grande, PB. (Embrapa Algodão. Documentos, 123), 14p. Campina Grande, 2004.

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, J. W. dos. Fatores de Conversão do Peso de Cachos e Frutos para Peso de Sementes de Mamona. EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB). Embrapa Algodão. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, **56**. 14p. Campina Grande, 2005.

SEVERINO, L. S. Curiosidades. In: SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 248p., 2006. p.243-248.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. A. *et al.* Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.188-194, 2006a.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A. *et al.* Growth and yield of castor bean fertilized with macronutrients and micronutrients. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.563-568, 2006b.

SILVA, A. F.; ANJOS, J. B. dos; DRUMOND, M. A. *et al.* Avaliação preliminar de cultivares de mamona em condições semi-áridas do nordeste do Brasil. In: **Anais...** I Congresso Brasileiro de Mamona. Campina Grande, PB. 2004.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Dirceu Jorge Silva, Augusto César de Queiroz (Ed.). 3 ed. – Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, E. M. S.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; CRUZ, D. O.; BOMFIM, I. G. A. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum* L.) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. **Revista ciência agrônômica**, v.36, n.3, p.386-390, 2005.

SILVA, S. D. A. e. **A cultura da mamona na região de clima temperado**: informações preliminares. EMBRAPA Clima Temperado. (Documentos 149). Dezembro 2005.

SILVA, W. J. da. Aptidão climática para as culturas do girassol, mamona e amendoim. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p.24-32, 1981.

SILVA, W. M. da. O que é biodiesel?. Pólo nacional de Biocombustíveis ESALQ/USP. 2006. Disponível em: <<http://www.polobio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html>>, acesso em: 10 fev. 2007.

SOUSA, R.M. **Manejo de abelhas mellifera (*Apis mellifera* L.) para polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. 2003. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

TAMBASCIA, M. B. & TEIXEIRA, J. P. F. Mamona: determinação quantitativa do teor de óleo. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.23-27, 1986.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

WEISS, E. A. **Castor, sesame and sunflower**. Leonard Hill: London, 1971. 901p.

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

WINSTON, M. L. **The Biology of the honey bee**. Harvard University Press: 1987. 281p.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A - Homogeneidade de variância das amostras pelo ‘teste F’ dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

<b>Tratamento</b>	<b>teste (F)</b>	<b>p-valor</b>
Número de frutos por racemo secundário	F(101,101)	2,61x10 <sup>-10</sup>
Peso do racemo secundário	F(101,101)	2,62x10 <sup>-14</sup>
Peso do fruto	F(6,6)	0,0700
Peso de 100 sementes	F(6,6)	0,0700
Porcentagem de polpa na semente	F(6,6)	0,2280
Porcentagem de casca na semente	F(6,6)	0,2280
% de Extrato Etéreo na polpa ao ar	F(6,6)	0,1358
% de Extrato Etéreo na semente ao ar	F(6,6)	0,3941
% de Matéria Seca na polpa	F(6,6)	0,1318
% de matéria seca da semente	F(6,6)	0,1406
Energia Bruta do óleo (kcal/kg)	F(6,6)	0,3645
Germinação	F(5,5)	0,0510
Vigor 1 <sup>a</sup> contagem	F(5,5)	0,0510
Emergência de plântulas	F(3,3)	0,1990
Índice de velocidade de emergência	F(3,3)	0,0250
Matéria seca das plântulas aos 14 dias	F(3,3)	0,0620
Matéria seca por plântula	F(3,3)	0,3865

APÊNDICE B - Análise de variância dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

<b>Tratamento</b>	<b>GL do erro</b>	<b>p-valor</b>
Peso do fruto	13	$6,55 \times 10^{-5}$
Peso de 100 sementes	13	$3,02 \times 10^{-6}$
Porcentagem de polpa na semente	13	0,0002
Porcentagem de casca na semente	13	0,0002
% de Extrato Etéreo na polpa ao ar	13	$9,25 \times 10^{-7}$
% de Extrato Etéreo na semente ao ar	13	$2,03 \times 10^{-7}$
% de Matéria Seca na polpa	13	0,0492
% de matéria seca da semente	13	0,0492
Energia Bruta do óleo (kcal/kg)	13	0,0078
Germinação	11	0,0978
Vigor 1ª contagem	11	0,0978
Emergência de plântulas	7	0,4198
Índice de velocidade de emergência	7	0,5793
Matéria seca das plântulas aos 14 dias	7	0,5793
Matéria seca por plântula	7	0,0116

APÊNDICE C - Comparação de médias pelo ‘teste t’ dos resultados obtidos na avaliação de dois tratamentos: com e sem introdução de colônias de abelhas melíferas em plantio de mamoneiras. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

<b>Tratamento</b>	<b>GL do erro</b>	<b>p-valor</b>
Número de frutos por racemo secundário	151	0,0002
Peso do racemo secundário	151	$7,85 \times 10^{-7}$