

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA, VISITANTES
FLORAIS E DESEMPENHO MORFOAGRÔNICO DE
PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L., EUPHORBIACEAE)**

LUIS FERNANDO DE FARIAS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JULHO - 2018

**BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA, VISITANTES FLORAIS E
DESEMPENHO MORFOAGRÔNICO DE PINHÃO MANSO (*Jatropha
curcas* L., EUPHORBIACEAE)**

LUIS FERNANDO DE FARIAS

Biólogo

Universidade do Estado de Mato Grosso, 2014

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientadora: Profa. Dra. Simone Alves Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

JULHO - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

F224b

Farias, Luis Fernando de.

Biologia floral, reprodutiva, visitantes florais e desempenho morfoagrônico de pinhão manso (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) / Luis Fernando de Farias. – Cruz das Almas, BA, 2018.
97f.; il.

Orientadora: Simone Alves Silva.

Coorientadora: Lidyanne Yuriko Saleme Aona.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Pinhão manso – Plantas – Floração. 2.Pinhão manso – Melhoramento genético. 3.Plantas oleaginosas – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 582.757

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.

Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).

Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA, VISITANTES FLORAIS E
DESEMPENHO MORFOAGRÔNICO DE PINHÃO MANSO (*Jatropha
curcas* L., EUPHORBIACEAE)**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
LUIS FERNANDO DE FARIAS**

Realizada em 26 de Julho de 2018

Profa. Dra. Simone Alves Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientadora)

Profa. Dra. Jacqueline Araújo Castro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO
Examinador Externo

Profa. Dra. Favízia Freitas de Oliveira
Universidade Federal da Bahia - UFBA
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

À **Deus** todo poderoso por me dar força, iluminar-me sempre, e por oportunidades de aprendizagem dia após dia. Aos meus magníficos pais, **Everaldo e Lourdes** por serem um referencial de força, coragem, gratidão e pelos maravilhosos ensinamentos repassados.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros agradecimentos, A Deus e seu filho Jesus pelo dom da vida, pelo ar que respiro, pelos animais, plantas, suas interações, pelas oportunidades concedidas e por me dar força, determinação, foco e amor para vencer mais um degrau no crescimento pessoal e intelectual. Agradeço a seguir as instituições e pessoas que foram importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) pela estrutura e oportunidade de aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) pelo apoio, suporte e contribuições no desenvolvimento da pesquisa.

A professora Dra. Simone Alves Silva, pela orientação, paciência, confiança, amizade, acreditar em mim, aceitar o desafio de me orientar e contribuir para meu crescimento pessoal, profissional e intelectual.

A professora Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona pela orientação, amizade, e contribuir no meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais Everaldo e Lourdes, que são exemplos de superação, determinação, fé, amor, carinho, e pela dedicação e educação ensinadas, pelos cuidados e ensinamentos. Vocês são o motivo de eu estar vencendo mais esse desafio. Muita gratidão!

A todos os membros da Família Farias, irmãs (Cristiane e Vanessa), tios (Maria, José, Manoel, Deurilene, Vera, Carlos, Renato e Marcia) e primos (Junior, Henrique, Daniel, Helder, Noele, Moisés, Aline, Barbara e Natália) pela união, companheirismo, amor, carinho e por todos os ensinamentos essenciais para construção de minha índole e caráter.

A Banca examinadora de Qualificação composta por Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira, Dra. Laurenice Araújo dos Santos e Dra. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa pelos ensinamentos, crescimento profissional e contribuições na melhoria da dissertação.

A banca examinadora de Defesa pelas contribuições no crescimento profissional e melhoria da dissertação.

Ao colega MsC. Leandro Silva e ao professor Dr. Jair Wyzykowski pelas contribuições e debates em relação à estatística que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

A MsC. Carolina Yamamoto Santos Martins pelo auxílio na realização de procedimentos da contagem de pólen e extração de óleo, além da amizade e ensinamentos.

Ao Dr. Ciro Ribeiro Filadelfo pela amizade, companheirismo, apoio, força, ensinamentos, debates, contribuições e auxílio na extração de óleo, seu auxílio foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros do NBIO pela amizade, troca de experiências, convivência, ensinamentos, debates científicos, agradeço em nome de Ciro, Simone Fiúza, Helison, Elizio, Ana Márcia, Alife, Sávio, Gean, Laurenice e Gilmar.

Ao Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS), da Universidade Federal da Bahia (UFBA) em nome de Dra. Favízia Freitas de Oliveira, Ramon Lima Ramos e Caroline Tito Garcia pelo curso ministrado, auxílio na identificação das abelhas, vespas e besouros, apoio, troca de experiências, ensinamentos e contribuições que auxiliaram no desenvolvimento do trabalho e crescimento pessoal e profissional.

Ao Laboratório de Mirmecologia da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em nome do pesquisador Dr. Jacques Hubert Charles Delabie pela identificação das formigas.

Aos profissionais que contribuíram com a realização deste trabalho, por meio de aulas, e debates científicos Dr. Everton Hilo, Dra. Geni Sodré, Dr. Ricardo Eduardo Vicente, MsC. Maicon Douglas Arenas de Souza e MsC. Greiciele Farias da Silveira.

Agradeço à Dra. Valeska Marques Arruda pela amizade, confiança, ensinamentos, companheirismo e por me mostrar o caminho e me acompanhar nos primeiros passos da Ecologia da Polinização na graduação. Suas contribuições foram essenciais no meu crescimento pessoal, intelectual e profissional.

A organização Engajamundo, e ao Grupo de Trabalho de Biodiversidade, pelos debates e ensinamentos em relação ao tema que auxiliou no meu crescimento profissional, em especial a Coord. Brenda Izidio.

Aos meus amigos Ricardo da Silva Ribeiro, William Oliveira Fonseca e Michael Jhonny da Silva Borges pelos ensinamentos, apoio, confiança e amizade.

Ao meu amigo MsC. Murilo Campos por auxiliar no início do mestrado, pela amizade e companheirismo, e auxílio foi essencial para a realização do mestrado.

A meus amigos de Cruz das Almas, Andressa Lima, Helen Larissa Mendes, Jackson Santos pela força, companheirismo, ensinamentos, confiança e carinho.

A meus amigos de longa data Michael Felipe Cabrera, Alam Bilibio, Igor Chime, Valdecir Göttert, e Mequiel Zacarias pela amizade, companheirismo, apoio, força e troca de experiências que auxiliou no meu crescimento pessoal e profissional.

A todos que não foram mencionados, mas auxiliaram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

“Nada resiste ao trabalho”

(Ariosto da Riva, Colonizador de Alta Floresta – MT).

“Lembre-se sempre da sua origem, do que passou para estar aqui e onde quer chegar”

(L.F. De Farias).

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO	1
ARTIGO 1	
FENOLOGIA, BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA E VISITANTES FLORAIS DE <i>Jatropha curcas</i> L. (EUPHORBIACEAE) NO 'RECÔNCAVO' DA BAHIA, BRASIL.....	17
ARTIGO 2	
DESEMPENHO MORFOAGRONÔMICO, E CORRELAÇÕES DE CARACTERES EM UMA POPULAÇÃO CLONAL DE PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L., EUPHORBIACEAE) NO 'RECÔNCAVO' DA BAHIA.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA, VISITANTES FLORAIS E DESEMPENHO MORFOAGRONÔMICO DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L., EUPHORBIACEAE) NO 'RECÔNCAVO' DA BAHIA, BRASIL

Autor: Luis Fernando de Farias

Orientadora: Dra. Simone Alves Silva

RESUMO: O pinhão manso é promissor para produção de óleo para biodiesel, por possuir óleo de ótima qualidade, mas é uma espécie em domesticação e não possui cultivares comerciais, logo muitas informações sobre a espécie são incipientes. Assim, objetivou-se com este trabalho conhecer a fenologia, biologia floral, reprodutiva, visitantes florais de duas populações de pinhão manso, além de avaliar o desempenho morfoagronômico e as correlações de caracteres de *Jatropha curcas* L. O trabalho foi desenvolvido com populações do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia da UFRB. Foram avaliados a fenologia (floração/frutificação), antese (♂, ♀), durabilidade (inflorescência, ♂, ♀), viabilidade (♂), receptividade (♀), razão pólen:óvulo e número de flores por inflorescência (totais, ♂, ♀), biologia reprodutiva (testes de autopolinização manual/espontânea, polinização cruzada manual, polinização natural e apomixia). Além disso, foram registrados os visitantes florais, e determinados os polinizadores efetivos. Para o desempenho morfoagronômico e as correlações de caracteres, foi avaliada uma população com oito clones em 4 blocos, e aferidos 18 caracteres morfoagronômicos, realizadas análise descritiva, ANOVA, Scott-Knott e correlação de Pearson. As flores abrem no início da manhã (♂: 05-06h; ♀:07-08h), são autocompatíveis e não há déficit de polinizadores. As polinizações abertas formam mais frutos/sementes em comparação aos outros tratamentos, realizadas especialmente pelas abelhas *Nannotrigona testaceicornis* e *Trigona spinipes*. Em relação ao desempenho da população clonal, os clones UFRB05, UFRB13 e UFRB14 são os mais promissores para seleção, considerando a produtividade de óleo. Verificou-se que a maior quantidade de óleo é extraída quando se retira o tegumento da semente. Houve elevada associação entre os caracteres de produção, vegetativas e óleo entre si, sendo uma possibilidade de seleção indireta. Isso permite aumentar concomitantemente, quando se elege um deles para seleção, possibilitando assim, o ganho genético para a cultura.

Palavras-chave: Biocombustível, melhoramento genético, ecologia de polinização, floração, morfologia floral.

FLORAL, REPRODUCTIVE BIOLOGY, FLORAL VISITORS AND MORPHOAGRONOMIC PERFORMANCE OF PHYSIC NUT (*Jatropha curcas* L., EUPHORBIACEAE) IN 'RECÔNCAVO' OF BAHIA, BRAZIL

Author: Autor: Luis Fernando de Farias
Adviser: Dra. Simone Alves Silva

ABSTRACT: The physic nut is promising to production oil for petroleum, for possessing great quality oil, but it is a species in domestication and has no commercial cultivars, soon many information about the species is incipient. Thus, was objectified with this work know the phenology, floral and reproductive biology, floral visitors of two populations of physic nut, besides evaluating the morphoagronomic performance and the correlations of characters of *Jatropha curcas* L. The work was developed with populations of the Nucleus of Genetic Improvement and Biotechnology of UFRB. Were evaluated the phenology (flowering/fruiting), anthesis (♂, ♀), durability (inflorescence, ♂, ♀), viability (♂), receptivity (♀), pollen ratio: ovule and numbers of flowers per inflorescence (total, ♂, ♀), reproductive biology (manual/ spontaneous self-pollination tests), manual cross-pollination, natural pollination and apomixis). In addition, were registered the floral visitors, and were determined the pollinators effective. For the morphoagronomic performance and the correlations of characters, was evaluated one population with eight clones in 4 blocks, and measured 18 morphoagronomic characters, performed descriptive analysis, ANOVA, Scott-Knott and Pearson correlation. The flowers open in early morning (♂: 05-06h; ♀:07-08h), are self-compatible and haven't shortage of pollinators. The open pollinations form more fruits / seeds compared the other treatments, performed especially by bees *Nannotrigona testaceicornis* and *Trigona spinipes*. Regarding the performance of the clonal population, the clones UFRB05, UFRB13, and UFRB14 are the most promising for selection, considering oil productivity. It was verified that the largest amount of oil is extracted when the tegument is removed from the seed. There was a high association between the production, vegetative and oil characters among them, being an indirect selection possibility. This allows to increase concomitantly, when one of them is elected for selection, thus enabling, the genetic gain for the culture.

Keywords: Biofuel, genetic improvement, pollination ecology, flowering, floral morpholog

REFERENCIAL TEÓRICO

- Origem e Classificação botânica do Pinhão manso (Euphorbiaceae)

A família Euphorbiaceae é um dos maiores grupos das plantas com flores (Angiospermas) (THE PLANT LIST, 2017), sendo muito diversificada com plantas lenhosas, lianas e até ervas daninhas, estando distribuída no mundo todo (WEBSTER, 1994). Nessa família há aproximadamente 6.547 espécies, dentre as quais listamos o pinhão manso - *Jatropha curcas* L., mamona - *Ricinus communis* L. e mandioca - *Manihot esculenta* Crantz (THE PLANT LIST, 2017).

A espécie *J. curcas* é considerada como perene, resistente à seca, adaptável a diferentes climas, e tipos de solo (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005; DRUMOND et al., 2010). Tem sido descrita como alternativa para substituição parcial do diesel de petróleo, referenciada como provida de óleo de ótima qualidade, por esta apresentar estabilidade à oxidação, baixa viscosidade e ponto de escoamento baixo, em relação ao óleo de soja - *Glycine max* (L.) Merr., mamona - *R. communis* L., e palma - *Elaeis guineensis* Jacq., respectivamente (CARELS, 2009). Além da importância para produção de biocombustível, também pode ser usada para fabricação de tintas, sabões e aplicações medicinais (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

No ano de 2004, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), para introduzir o biodiesel no sistema energético, além da inclusão social e desenvolvimento regional, regulamentado pela Lei nº 11.097/2005. Dessa forma, a partir de 2008, passou a ser obrigatória a inserção do biodiesel na mistura do diesel fóssil, visando uma substituição parcial, iniciando com 2% de adição em 2008, mas atualmente, a taxa obrigatória é de 10% (ANP, 2018). Nos últimos anos tem sido impulsionada os estudos para produção de biocombustíveis, devido serem renováveis e a menor emissão de gases poluentes na atmosfera em relação aos combustíveis de origem fóssil. Esses estudos tem sido feitos principalmente para espécies não alimentícias, pois as plantas que tem sido mais utilizadas como biocombustível (soja – *G. max* e cana de açúcar – *Sacharum* spp.) também tem importância alimentar, assim, busca-se explorar o potencial de algumas espécies, além de desenvolver

cultivares com características desejáveis de pinhão manso - *J. curcas* L., mamona - *Ricinus communis* L., canola – *Brassica* sp., girassol - *Helianthus annuus* L. e palma – *E. guineensis* (BHERING et al., 2013; FEY et al., 2014; DRUMOND et al., 2016).

Acredita-se que o pinhão manso tem como centro de origem à região do México e América Central, porém, a sua cultura foi introduzida com sucesso em muitos países da África, Ásia e a região latina da América, além de ser encontrada tanto em regiões tropicais como subtropicais do planeta. Isso reafirma a sua capacidade de se adaptar a vários tipos de ambientes (CARELS, 2009; MISHRA, 2009).

É uma planta perene, que pode ser propagada de forma sexuada ou assexuada, além de que a produção de frutos e sementes se inicia ao longo do primeiro ano após o plantio (SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA et al., 2012b). Apresenta caule liso, com coloração que varia de cinzento, castanho e verde, apresentando tecido lenhoso, o qual possui consistência mole, e os ramos longos (DIAS et al., 2007). As folhas são alternas, decíduas e subopostas e, quando jovens, possuem cor vermelho-arroxeadas. No entanto, quando ocorre a maturação das folhas, apresentam coloração verde, e se tornam esparsas, brilhantes e glabras (SATURNINO et al., 2005), variando entre 6 e 18,5 cm de comprimento (FREITAS et al., 2011).

Em relação ao florescimento, esta é de suma importância para o rendimento do pinhão manso, pois quanto maior número de flores pistiladas abrirem, maior será a chance de ter uma alta produção de sementes (JUHÁSZ et al., 2009; LUCENA et al., 2014). No Brasil, o florescimento inicia após o período de dormência que geralmente acontece no inverno (SATURNINO et al., 2005), ou pela queda de temperatura e precipitação (JUHÁSZ et al., 2009). Em estudo no Nordeste do Brasil, foi relatado duas fases distintas de floração, a primeira entre novembro e dezembro e a segunda entre março e abril (NASCIMENTO, 2011), porém, alguns estudos relataram apenas uma fase de floração no ano (NEGUSSIE et al., 2013; RINCÓN-RABANALES et al., 2016).

Após a polinização das flores, o fruto formado é uma cápsula, com aspecto coriáceo e, região interna da casca resistente, com exocarpo de composição mais fina e o endocarpo mais grosso. Geralmente, apresenta três sementes, podendo

variar entre uma e três (NUNES et al., 2009; PESSOA et al., 2012). Apresenta deiscência explosiva para liberação das sementes (PIMENTA et al., 2014).

Com relação ao tamanho do fruto de *J. curcas*, estudos demonstraram que estes possuem entre 24,06 e 37,30 mm de comprimento e entre 19,44 e 33,00 de largura (NUNES et al., 2009; FREITAS et al., 2016). De acordo com Juhász et al. (2009), o peso médio dos frutos variou entre 1,82 e 3,14 g. Outros trabalhos, como de Freitas et al. (2016), verificaram que o peso de 50 frutos varia entre de 97,40 e 158,50 g.

As sementes de pinhão manso apresentaram 16,20 a 21 mm de comprimento, com largura variando entre 9,87 e 12,9 mm (JUHÁSZ et al., 2009; PESSOA et al., 2012; PIMENTA et al., 2014). O peso médio variou entre 0,43 e 0,73g (JUHÁSZ et al., 2009; NIETSCHE et al., 2014; SAMRA et al., 2014). Além disso, o peso médio de 100 sementes variou entre 20,48 e 130 g conforme Christo et al. (2012), Laviola et al. (2012a), Santana et al. (2013), e Tripathi et al. (2013).

Suas sementes são grandes, apresentam tegumento resistente, com envoltório frágil cobrindo o endosperma/albúmen (cor branca) e representam entre 53 e 79% da massa total do fruto (DIAS et al., 2007; NUNES et al., 2009). O endosperma é uma estrutura importante de reserva no pinhão manso, pois apresenta maior massa seca em relação ao embrião com proporção de 21:1 (LOPES et al., 2013). A germinação ocorre geralmente entre três a quatro dias após realizar a semeadura, e verifica-se a germinação pelo aparecimento da raiz primária que rompe o tegumento. Entre quatro e cinco dias o tegumento está aberto, e nessa fase observa-se a presença de cinco raízes, a raiz principal – pivotante, e as secundárias em seu entorno (PIMENTA et al., 2014).

A germinação das sementes é caracterizada por ser faneroepígea, bitegumentada e exotégmica. Há duas estruturas no tegumento dos grãos, um na região externa (a testa) e outra mais interna (o tégmen). A testa é dividida em três camadas (exotesta, mesotesta, endotesta), e o tégmen é dividido em duas regiões (exotégmen e mesotégmen). As sementes apresentam carúncula e rafe pouco evidentes e apresentam tégmen separado em três regiões, além das células do parênquima apresentarem lipídios como a substância de reserva

energética mais importante para as sementes. (NUNES et al., 2009; LOUREIRO et al., 2013).

Para compreender a maturação dos frutos e o momento ideal para colheita, têm sido estudado alguns aspectos em cada fase dos frutos, compreendendo quatro fases distintas, cor verde (início da frutificação), amarela, amarela-amarronzado a marrom escuro (maturação completa) (NUNES et al., 2009; PESSOA et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Pessoa et al. (2012) analisaram cada fase da maturidade do fruto, constatando que a umidade dos frutos depende da fase de coleta, pois na fase verde apresenta 88,82% de umidade, enquanto que na cor amarela possui 13,74%, quando amarelo-amarronzado 11,70% e na cor marrom o percentual é de 10,74%. De forma inversa, em relação ao teor de óleo, verificaram que as sementes provenientes dos frutos de coloração verde foram as que apresentaram menor teor (18,10%), seguido da amarela (29,15%), amarela/amarronzada (27,48%) e marrom (28,90%). Estes mesmos autores salientaram que a coloração dos frutos e a umidade das sementes são fatores importantes para verificar o momento certo da colheita, pois indicam a maturidade fisiológica dos grãos, sendo de fácil visualização e, dessa forma, podem auxiliar o agricultor nesta etapa.

Com base nos dados da literatura, as sementes apresentam teor de óleo semelhante nas fases amarelas e preta, porém, recomenda-se a colheita na fase amarela (PESSOA et al., 2012; SANTOS et al., 2012), devido ter menor acidez no óleo em comparação aos frutos de coloração preta, sendo que esse fator pode prejudicar a qualidade do óleo, provocando deterioração e assim, pode diminuir a qualidade do óleo para fins industriais (SANTOS et al., 2012).

Geralmente, as sementes de pinhão manso apresentam média entre 32 e 37% de teor de óleo (RAO et al., 2008; FREITAS et al., 2011; ROCHA et al., 2012; FREITAS et al., 2016), porém, há trabalhos que observaram acessos promissores com valores acima de 40 e 50% (ROCHA et al., 2012; TRIPATHI et al., 2013; FERNANDES et al., 2015).

-Biologia floral e polinização

O pinhão manso apresenta flores pequenas, de coloração amarelo-esverdeada, organizadas em racemos com flores estaminadas (♂), e pistiladas (♀) na mesma inflorescência, apresentando mais flores estaminadas do que pistiladas. As inflorescências possuem flores unissexuais, sendo que a flor pistilada (quando presente) está rodeada de flores estaminadas. As flores estaminadas em pré-antese são arredondadas e possuem dez estames, distribuídas em duas linhas de cinco com pedúnculo pequeno. As flores pistiladas em pré antese apresentam formato cônico, três estiletos com estigmas bifurcados (RAJU E EZRADANAM, 2002; PAIVA NETO et al., 2010; KAUR et al., 2011).

As inflorescências apresentam uma proporção entre 1:15 e 1:33 (pistiladas: estaminadas) (RAJU E EZRADANAM, 2002; SINGH et al., 2010; RIANI et al., 2010), além disso, as inflorescências podem apresentar entre 1 e 13 flores pistiladas e entre 25 e 222 flores estaminadas (RAJU E EZRADANAM, 2002; JUHÁSZ et al., 2009; NASCIMENTO, 2011).

Estudos realizados por Kaur et al. (2011) mostraram que as flores estaminadas abrem entre um e dois dias antes das pistiladas caracterizando, dessa forma, a ocorrência da protandria, além disso, a antese das estaminadas ocorre entre as 06 e 07h, enquanto das pistiladas entre as 07 e 08h. Os autores também verificaram que entre as 08 e 09h as anteras estavam cheias de grãos de pólen, caracterizando assim a deiscência das anteras, e, testaram a receptividade do estigma, estando este receptivo em torno das 09h.

A polinização cruzada realizada por animais, é o meio de reprodução responsável pela maior parcela da reprodução das angiospermas, estimada em 87%, porém, há espécies nas quais a autopolinização e polinização pelo vento são mais efetivas (D'ÁVILA, 2014; FREITAS E SILVA, 2015). As abelhas são os principais animais polinizadores, pois dependem totalmente dos recursos florais (pólen, néctar) para a sobrevivência desde a fase larval até a fase adulta, assim, visitam muitas flores para realizar essa coleta (FREITAS E SILVA, 2015). No entanto, há fatores abióticos que podem interferir na atividade dos polinizadores nas flores como a temperatura, vento, luminosidade e umidade (D'ÁVILA, 2014).

Dessa forma, as abelhas são essenciais para polinização das flores de pinhão manso, comprovado pelo maior número de frutificação (JUHÁSZ et al., 2009; NASCIMENTO, 2011; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013), maior peso de fruto, número de sementes por fruto e comprimento da semente da polinização aberta em relação a autofecundação e apomixia (JUHÁSZ et al., 2009; RINCÓN-RABANALES et al., 2016).

O pinhão manso é uma espécie atrativa aos insetos, e apresenta algumas estratégias para atração dos polinizadores, como a organização da inflorescência, abertura de muitas flores no dia, maior quantidade de flores estaminadas em relação às pistiladas (ATMOWIDI et al., 2008; PAIVA NETO et al., 2010; KAUR et al., 2011; BRASILEIRO et al., 2012; PALUPI et al., 2014). Dessa forma, as abelhas necessitam dos recursos das flores, porém visitam com maior frequência as flores estaminadas do que as pistiladas (RAJU E EZRADANAM, 2002; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013), uma vez que as flores estaminadas possuem pólen e néctar como recurso e as pistiladas apenas néctar.

No entanto, há poucos estudos sobre a influência dos insetos visitantes no tamanho, peso e formação de frutos e sementes de pinhão manso. Richards (2001) e Alves-dos-Santos et al. (2016) relatam que nem todos os insetos que são visitantes florais podem ser considerados polinizadores efetivos da cultura. Alves-dos-Santos et al. (2016) relataram que para um inseto ser polinizador efetivo deve tocar as estruturas reprodutivas da flor (antera e estigma), ter frequência suficiente na área, realizar visita legítima e tamanho adequado. Além disso, estes autores relatam que alguns visitantes ocasionais, podem realizar polinização efetiva em alguns casos, principalmente se realizar estratégias para aumentar a comunidade dessa espécie na cultura. Richards (2001) salienta ainda que a baixa produtividade pode ser devido à baixa atividade ou déficit de polinizadores. Há culturas dependentes dos polinizadores para produção de sementes, outras os insetos incrementam a produtividade e algumas plantas, os polinizadores promovem a melhor qualidade de sementes (RICHARDS, 2001). Este autor também relata que essa baixa atividade, pode ser decorrente da ausência de habitat natural para nidificação em regiões próximas da cultura.

Nesse contexto, algumas ações podem influenciar na maior atividade/quantidade de polinizadores, podendo auxiliar na maior frutificação,

como a redução da aplicação de agrotóxicos e preservar/ampliar sítios de nidificação das abelhas, pois a preservação de florestas secundárias próximas das plantações irá influenciar na comunidade de visitantes (RIANTI et al., 2010; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013). Além disso, pode ser realizada a gestão de polinizadores no cultivo, com a inserção de ninhos nas proximidades do plantio para maior número de frutos (RIANTI et al., 2010).

Assim, compreender o sistema reprodutivo das culturas pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias visando o aumento da produtividade, realizando assim, o manejo de polinizadores eficientes em cada cultura, principalmente em plantações comerciais, pois influenciará de forma positiva a renda dos produtores de determinado cultivo (RINCÓN-RABANALES et al., 2016).

Da mesma forma, conhecer a biologia floral e o sistema reprodutivo de uma espécie em determinada região é essencial para auxiliar na condução de programas de melhoramento genético (KIILL E COSTA, 2003). Essas informações são essenciais para compreensão da forma mais eficaz de reprodução, faixa de horário com maior viabilidade para a polinização e momento ideal para colheita.

-Correlação de caracteres

Um dos grandes desafios do melhoramento do pinhão manso é obter genótipos com alta produção, assim, a correlação entre caracteres é importante, pois pode ser utilizada como mecanismo para compreender a associação destes e assim, direcionar a uma possível seleção indireta entre caracteres de interesse, como por exemplo, produção de grãos e produtividade de óleo (SILVA et al., 2017). Neste sentido, deve-se atentar para a direção e magnitude da correção, pois, podem auxiliar na seleção simultânea de vários caracteres (FREITAS et al., 2011).

A ausência de correlação entre caracteres de interesse pode prejudicar a obtenção do ganho genético nos caracteres entre si, uma forma de resolver esse problema é a realização de vários cruzamentos entre os genótipos, assim, aumentará a variabilidade genética, e colocará alelos favoráveis para todos os caracteres (PEIXOTO et al., 2016).

-Melhoramento Genético

O pinhão manso é considerado como uma das alternativas mais viáveis para produção de biocombustíveis, porém, apesar do seu grande potencial, ela ainda é considerada uma espécie em domesticação. Dessa forma, estão sendo feitos esforços pelos programas de melhoramento de diferentes instituições para desenvolver cultivares com alta produtividade e teor de óleo, a fim de inserir essa cultura na bioenergia mundial (SILVA et al., 2017).

Jatropha curcas possui muitas características desejáveis, principalmente, por ser uma espécie perene, ter crescimento rápido, facilidade de propagação e elevado teor de óleo (SATURNINO et al., 2005; SUJATHA et al., 2008). Apesar de seu potencial para produzir óleo para biocombustível, as características morfoagronômicas variam bastante, e esse fato está relacionado com a idade, região do plantio, tratos culturais, pluviosidade e adubação do solo (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005). No entanto, ainda não existem variedades comerciais (DIAS et al., 2007; LAVIOLA et al., 2012b), sendo necessário a realização de trabalhos dentro do programa de melhoramento genético a fim de verificar plantas com características desejáveis como alta produtividade, teor de óleo e estatura média.

Diversos autores estudaram a cultura, analisando características vegetativas, reprodutivas, medições de frutos e sementes, sendo que essas características são capazes de auxiliar na seleção de genótipos superiores, como por exemplo, altura, diâmetro do caule, número de ramos, peso de sementes por planta, produtividade, peso de 100 sementes e comprimento da semente (CHRISTO et al., 2012; LAVIOLA et al., 2012a; CHRISTO et al., 2014; ALMEIDA et al., 2016; TEODORO et al., 2016). No entanto, alguns estudos relatam que a espécie *J. curcas*, alcança sua maior produtividade após os três anos de idade (SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA E DIAS, 2008), mas além de poucos estudos analisarem a espécie após os 36 meses, e quando realizados, há uma alta variação na produtividade dos grãos nos estudos até os 42 meses (SATURNINO et al., 2005; FREITAS et al., 2016; PESTANA-CALDAS et al., 2016).

Ao longo dos últimos oito anos, programas de melhoramento genético têm desenvolvido estudos com *J. curcas* em várias instituições como Universidade

Federal do Recôncavo da Bahia (ALMEIDA et al., 2016; PESTANA-CALDAS et al., 2016), Embrapa Semiárido (DRUMOND et al., 2010), Universidade Federal do Espírito Santo (CHRISTO et al., 2014), Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' (FERNANDES et al., 2015), Universidade Federal de Viçosa (FREITAS et al., 2011; FREITAS et al., 2016), Embrapa Agroenergia (LAVIOLA et al., 2012a), Embrapa Rondônia (ROCHA et al., 2012), Universidade Federal de Sergipe (SANTANA et al., 2013) e Embrapa Cerrados (TEODORO et al., 2016).

Nesse contexto, o Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizado no município de Cruz das Almas – BA, desenvolve trabalhos com *J. curcas* desde 2008, a fim de obter plantas superiores (LIMA, 2018), buscando dentre outras características para produtividade, estatura mediana e alto teor de óleo, principalmente. Dessa forma, os estudos têm sido realizados para obtenção de acessos superiores, além de buscar a domesticação da cultura a fim de obter cultivar/variedade comercial desta cultura adaptada a solos de tabuleiros costeiros.

Com objetivo de seleção de progênies para uma característica desejada, como a produtividade, pode ser realizada associação por meio de correlação simples entre caracteres, principalmente para características que são difíceis de seleção, devido à dificuldade de medição e/ou baixa herdabilidade, logo, a seleção indireta pode ser importante. Dessa forma, podem-se obter ganhos genéticos com seleção indireta e essa seleção pode ser mais eficaz e rápida do que a própria seleção direta da característica desejada (CRUZ et al., 2014). Ademais, tem sido visualizada a correlação entre rendimento de óleo por planta e produção de grãos, assim, verifica-se a análise de correlação simples e análise de trilha como estratégias importantes para a seleção de progênies superiores (SPINELLI et al., 2010; TRIPATHI et al., 2013; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo conhecer a fenologia, biologia floral, reprodutiva e visitantes florais de duas populações de interesse de *Jatropha curcas* do programa de melhoramento genético do NBIO da UFRB em Cruz das Almas, Bahia. Além disso, avaliar o desempenho de uma

população clonal (UFRB-03, UFRB-05, UFRB-08, UFRB-09, UFRB-11, UFRB-13, UFRB-14, UFRB-15), correlação e parâmetros genéticos entre os caracteres avaliados a fim de auxiliar na identificação de clones promissores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Biodiesel. 2018. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/Biodiesel>>. Acesso em: 08. Ago, 2018.
- ALMEIDA, A.Q.; SILVA, S.A.; ALMEIDA, V.O.; SOUZA, D.R.; ARAÚJO, G.M. Genetic divergence and morpho-agronomic performance of *Jatropha curcas* L. clones for selection of clonal varieties. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.841-849, 2016.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C.I.; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A.M.P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v.67, n.2, p.295-307, 2016.
- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- ATMOWIDI, T.; RIYANTI, P.; SUTRISNA, A. Pollination effectiveness of *Apis cerana* Fabricius and *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) in *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Biotropia**, v.15, n.2, p.129-134, 2008.
- BHERING, L.L.; BARRERA, C.F.; ORTEGA, D.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A.; ROSADO, T.B.; CRUZ, C.D. Differential response of *Jatropha* genotypes to different selection methods indicates that combined selection is more suited than other methods for rapid improvement of the species. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.260-265, 2013.
- CARELS, N. Chapter 2 *Jatropha curcas*: A Review. **Advances in Botanical Research**, v.50, p. 39-86, 2009.
- CHRISTO, L.F.; AMARAL, J.F.T.; LAVIOLA, B.G.; MARTINS, L.D.; AMARAL, C.F. Biometric analysis of seeds of genotypes of physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Agropecuária científica no semiárido – ACSA**, v.8, n.1, p-1-3, 2012.

- CHRISTO, L.F.; COLODETTI, T.V.; RODRIGUES, W.N.; MARTINS, L.D.; BRINATE, S.B.; AMARAL, J.F.T.; LAVIOLA, B.G.; TOMAZ, M.A. Genetic variability among genotypes of Physic Nut regarding seed biometry. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, n.10, p.1416-1422, 2014.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 3 ed. Viçosa - MG: UFV, 2014.
- D'ÁVILA, M. Polinização Entomófila. p.225-248. In: CANTARELLI, E.B.; COSTA, E.C. (Orgs.). **Entomologia Florestal Aplicada**. 1ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2014. 256p.
- DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S.; DIAS, D.C.F.S. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG, 2007. v.1. 40p.
- DRUMOND, M. A.; SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, V.R.; MARTINS, J.C.; ANJOS, J.B.; EVANGELISTA, M.R.V. Desempenho agronômico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 44-97, 2010.
- DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, A.R.; SIMÕES, W.L.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANJOS, J.B.; LAVIOLA, B.G. Produção e distribuição da biomassa de *Jatropha curcas* no semiárido brasileiro. **Cerne**, v.22, n.1, p.35-42, 2016.
- FERNANDES, K.H.P.; MORAES, C.B.; CARIGNATO, A.; SATURINO, H.M.; MORI, N.T.; GOUVÊA, C.F.; ZIMBACK, L.; MORAES, M.L.T.; MOZI, E.S. Variabilidade genética em progênies de polinização aberta de *Jatropha curcas*. **Scientia forestalis**, v.43, n.105, p.167-173, 2015.
- FEY, R; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M.M.; SCHULZ, D. G. DRANSKI, J.A.L. Relações interdimensionais e produtividade de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em sistema silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 613-624, 2014.
- FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.1490-1498, 2011.
- FREITAS, B.M.; SILVA, C.I. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE ABELHAS (A.B.E.L.H.A.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo – SP: A.B.E.L.H.A., 2015. P.9-18.

- FREITAS, R.G.; DIAS, L.A.S.; CARDOSO, P.M.R.; EVARISTO, A.B.; SILVA, M.F.; ARAÚJO, N.M. Diversity and genetic parameter estimates for yield and its components in *Jatropha curcas* L. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.1, p.1-10, 2016.
- JUHÁSZ, A.C.P.; PIMENTA, S.; SOARES, B.O.; MORAIS, D.L.B.; RABELLO, H.O. Biologia floral e polinização artificial de pinhão-manso no norte de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)**, v.44, n.9, p.1073-1077, 2009.
- KAUR, K.; DHILLON, G.P.S.; GILL, R.I.S. Floral biology and breeding system of *Jatropha curcas* in North-Western India. **Journal of Tropical Forest Science**, v.23, n.1, p.4-9, 2011.
- KIILL, L. H. P.; COSTA, J. G. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. **Ciência Rural**, v.33, p.851-856, 2003.
- LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.D. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.
- LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A.; GURGEL, F.L.; ROSADO, T.B.; COSTA, R.D.; ROCHA, R.B. Estimate of genetic parameters and predicted gains with early selection of physic nut families. **Ciência e Agrotecnologia**, v.36, n.2, p.163-170, 2012a.
- LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A.; ROCHA, R.B.; DRUMOND, M.A. The importance of *Jatropha* for Brazil. In: CARELS, N.; SUJATHA, B.; BAHADUR, B. (Ed.). ***Jatropha*, challenges for a new energy crop**. New York: Springer, 2012b. p.71-94.
- LIMA, A.M.C. **Repetibilidade e dissimilaridade genética em caracteres quantitativos de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2018. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.
- LOPES, L. S.; GALLÃO, M. I.; BERTINI, C. H. C. M. Mobilisation of reserves during germination of *Jatropha* sees. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 371 - 378, 2013.
- LOUREIRO, M.B.; TELES, C.A.S.; COLARES, C.C.A.; ARAÚJO, B.R.N.; FERNANDEZ, L.G.; CASTRO, R.D. Caracterização morfoanatômica e fisiológica

de sementes e plântulas de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Revista Árvore**, v.37, n.6, p.1093-1101, 2013.

LUCENA, A.M.A.; VASCONCELOS, G.C.L.; MEDEIROS, K.A.A.L.; MEDEIROS, N.I.; MEDEIROS, O.S.; ARRIEL, N.H.C. Características morfológicas de peças reprodutivas de acessos de *Jatropha curcas* L. **Scientia Plena**, v.10, n.4, p.1-9, 2014.

MISHRA, D.K. Selection of candidate plus phenotypes of *Jatropha curcas* L. using method of paired comparisons. **Biomass and bioenergy**, v. 33, p. 542-545, 2009.

NASCIMENTO, E.T. **Biologia floral e abelhas (Hymenoptera - Apidae) visitantes do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2011. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.

NEGUSSIE, A.; ACHTEN, M.J.W.; VERBOVEN, A.F.H.; HERMY, M.; MUYS, B. Potencial pollinators and floral visitors of introduced tropical biofuel tree species *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae), in Southern Africa. **African Crop Science Journal**, v.21, n.2, p.133-141, 2013.

NIETSCHE, S.; VENDRAME, W.A.; CRANE, J.H.; PEREIRA, M.C.T. Assessment of reproductive characteristics of *Jatropha curcas* L. in south Florida. **Global Change Biology BioEnergy**, v.6, n.4, p.351-359, 2014.

NUNES, C.F.; SANTOS, D.N.; PASQUAL, M.; VALENTE, T.C.T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.207-210, 2009.

PAIVA NETO, V.B.; BRENHA, J.A.M.; FREITAS, F.B.; ZUFFO, M.C.R.; ALVAREZ, R.C.F. Aspectos da biologia reprodutiva de *Jatropha curcas* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.558-563, 2010.

PALUPI, E.R.; AHMAD, A.S.; AFFANDI, R.; QADIR, A.; RANDRIANI, E. Reproductive success and compatibility among accessions of *Jatropha curcas* in Indonesia. **Journal of Tropical Crop Science**, v.1, n.2, p.11-17, 2014.

PEIXOTO, L.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L.; MENDONÇA, S.; COSTA, T.S.A.; ANTONIASSI, R. Oil content increase and toxicity reduction in *Jatropha* seeds through family selection. **Industrial Crops and Products**, v.80, p.70-76, 2016.

- PESSOA, A.M.S.; MANN, R.S.; SANTOS, A.G.; RIBEIRO, M.L.F. Influência da maturação de frutos na germinação, vigor e teor de óleo de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Scientia Plena**, v.8, n.7, p.1-11, 2012.
- PESTANA-CALDAS, C.N.; SILVA, S.A.; MACHADO, E.L.; SOUZA, D.R.; CERQUEIRA-PEREIRA, E.C.; SILVA, M.S. Genetic divergence through joint analysis of morphoagronomic and molecular characters in accession of *Jatropha curcas*. **Genetics and Molecular Research (GMR)**, v.14, n.5, p.1-11, 2016.
- PIMENTA, A.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; LAVIOLA, B.G. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Jatropha curcas*. **FLORESTA**, v.44, n.1, p.73-80, 2014.
- RAJU, A.J.S.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Current Science**, v.83, n.11, p.1395-1398, 2002.
- RAO, G.R.; KORWAR, G.R.; SHANKER, A.K.; RAMAKRISHNA, Y.S. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees**, v.22, p.697-709, 2008.
- RIANTI, P.; SURYOBROTO, B.; ATMOWIDI, T. Diversity and Effectiveness of Insect Pollinators of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **HAYATI Journal of Biosciences**, v.17, n.1, p.38-42, 2010.
- RICHARDS, A. J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany**, v.88, n.2, p.165-172, 2001.
- RINCÓN-RABANALES, M.; VARGAS-LÓPEZ, L.I.; ADRIANO-ANAYA, L.; VÁZQUEZ-OVANDO, A.; SALVADOR-FIGUEROA, M.; OVANDO-MEDINA, I. Reproductive biology of the biofuel plant *Jatropha curcas* in its center of origin. **PeerJ**, v.4, n. e1819, p.1-12, 2016.
- ROCHA, R.B.; RAMALHO, A.R.; TEIXEIRA, A.L.; LAVIOLA, B.G.; SILVA, F.C.G.; MILITÃO, J.S.L.T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p.44-50, 2012.
- ROMERO, M.J.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G. Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. **Apidologie**, v.44, n.4, p.419-429, 2013.
- SAMRA, S.; SAMOCHA, Y.; ESIKOWITCH, D.; VAKNIN, Y. Can ants equal honeybees as effective pollinators of the energy crop *Jatropha curcas* L. under

Mediterranean conditions? **Global Change Biology BioEnergy**, v.6, n.6, p.756-767, 2014.

SANTANA, U.A.; CARVALHO, J.L.S.; BLANK, A.F.; SILVA-MANN, R. Capacidade combinatória e parâmetros genéticos de genótipos de pinhão-mansão quanto a caracteres morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1449-1456, 2013.

SANTOS, S.B.; MARTINS, M.A.; AGUILAR, P.R.M.; CANESCHI, A.L.; CARNEIRO, A.C.O.; DIAS, L.A. Dry matter and oil accumulation in the *Jatropha* seeds and quality of extracted oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.209-215, 2012.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229. p. 44-78, 2005.

SILVA, L.A.; PEIXOTO, L.A.; TEODORO, P.E.; RODRIGUES, E.V.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Path analysis and canonical correlations for indirect selection of *Jatropha* genotypes with higher oil yield. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.1, p.1-12, 2017.

SINGH, A.S.; PATEL, M.P.; PATEL, T.K.; DELVADIA, D.R.; PATEL, D.R.; KUMAR, N.; NARAYANAN, S.; FOUGAT, R.S. Floral biology and flowering phenology of *Jatropha curcas*. **Journal of Forest Science**, v.26, n.2, p.95-102, 2010.

SPINELLI, V. M., ROCHA, R. B., RAMALHO, A. R., MARCOLAN, A. L., VIEIRA, J. R., FERNANDES, C. F., MILITÃO, J. S. L. T. E DIAS, L. A. S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-mansão. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1752-1758, 2010.

SUJATHA, M.; REDDY, T.P.; MAHASI, M.J. Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. **Biotechnology Advances**, v.26, n.5, p.424-435, 2008.

TEODORO, P.E.; COSTA, R.D.; ROCHA, R.B.; LAVIOLA, B.G. Número mínimo de medições para a avaliação acurada de características agrônômicas de pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.2, p.112-119, 2016.

THE PLANT LIST. Euphorbiaceae. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Euphorbiaceae/>>. Acesso em: 29 Set. 2017.

TRIPATHI, A.; MISHRA, D.K.; SHUKLA, J.K. Genetic variability, heritability and genetic advance of growth and yield components of *Jatropha* (*Jatropha curcas* Linn.) genotypes. **Trees**, v.27, n.4, p.1049-1060, 2013.

WEBSTER, G.L. Classification of the Euphorbiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.81, n.1, p.3-32, 1994.

ARTIGO 1

FENOLOGIA, BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA E VISITANTES FLORAIS DE *Jatropha curcas* L. (EUPHORBIACEAE) NO RECÔNCAVO DA BAHIA, BRASIL¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Iheringia, Série Zoologia em versão na língua inglesa.

FENOLOGIA, BIOLOGIA FLORAL, REPRODUTIVA E VISITANTES FLORAIS DE *Jatropha curcas* L. (EUPHORBIACEAE) NO RECÔNCAVO DA BAHIA, BRASIL

Autor: Luis Fernando de Farias

Orientadora: Dra. Simone Alves Silva

Co-orientadora: Dra. Lidyanne Yuriko Saleme Aona

Resumo: *Jatropha curcas* apresenta óleo de ótima qualidade, sendo considerado promissor para substituição parcial do diesel de petróleo. A compreensão da biologia floral e o sistema reprodutivo dessa cultura são importantes pois a produção de sementes, e conseqüentemente, a produção do óleo estão relacionadas aos seus aspectos fenológicos, onde existem poucos estudos dessa natureza no Brasil. Assim, o objetivo desse trabalho é conhecer a fenologia, biologia floral, sistema reprodutivo e visitantes florais de *J. curcas*. O trabalho foi realizado em dois experimentos na área experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia na UFRB, Cruz das Almas. Para a biologia floral foram verificados a antese, fenologia (floração e frutificação), durabilidade (inflorescências, ♂ e ♀), viabilidade (♂), receptividade estigmática (♀), razão pólen: óvulo e número de flores por inflorescência (totais, ♂ e ♀). No estudo de biologia reprodutiva, foram realizados testes de autopolinização (manual e espontânea), polinização cruzada manual, polinização natural e apomixia, visando identificar qual o sistema mais efetivo (quantidade de frutos e sementes) para reprodução dessa espécie. O estudo da comunidade dos visitantes florais foi efetuado por 104 horas de observação, a fim de conhecer os polinizadores dessa cultura. As flores abrem no início da manhã (♂: 05-06h; ♀:07-08h), pelos testes de reprodução foi comprovada a autocompatibilidade e não ocorrência de déficit de polinizadores. As polinizações abertas formam mais frutos e sementes em relação aos outros testes. Dentre os visitantes florais, as abelhas *Nannotrigona testaceicornis* e *Trigona spinipes* são os polinizadores efetivos pelas visitas observadas. Pelo resultado da biologia floral/atividade dos visitantes, recomenda-se que os cruzamentos sejam realizados entre 08 e 10h para obtenção de maior produção.

Palavras-chave: Ecologia de polinização, biocombustível, floração, interação inseto-planta, pinhão manso.

PHENOLOGY, FLORAL, REPRODUCTIVE BIOLOGY AND FLORAL VISITORS OF *Jatropha curcas* L. (EUPHORBIACEAE) IN 'RECÔNCAVO' OF BAHIA, BRAZIL

Abstract: *Jatropha curcas* presents great quality oil, being considered promising for partial substitution of petroleum diesel. The understanding of floral biology and reproductive system of this culture are important because production of seeds and, consequently, the oil production are related to its phenologic aspects, where there presence of a few studies of this nature in in Brazil. Thus, the objective of this work is to know the phenology, floral biology, reproductive system and floral visitors of *J. curcas*. The work was carried out in two experiments in the experimental area of the Nucleus of Genetic Improvement and Biotechnology at UFRB, Cruz das Almas. For the floral biology were verified the anthesis, phenology (flowering and fruiting), durability (inflorescences, ♂ and ♀), viability (♂), stigmatic receptivity (♀), pollen ratio: ovule and number of flowers per inflorescence (total, ♂ and ♀). In the study of reproductive biology, were carried out self-pollination tests (manual and spontaneous), manual cross-pollination, natural pollination and apomixis, aiming identify which the most effective system (quantity of fruits and seeds) for reproduction of this species. In the study of reproductive biology, were carried out self-pollination tests (manual and spontaneous), manual cross-pollination, natural pollination and apomixis, aiming identify which the most effective system (quantity of fruits and seeds) for reproduction of this species. The study of the floral visitors community was carried out for 104 hours of focal observation, in order to know the pollinators of this culture. The flowers open early in the morning (♂: 05-06h; ♀: 07-08h), by the reproductive tests was proved the self-compatibility and non-occurrence of pollinator shortage. The open pollinations form more fruits and seeds in relation to the other tests. Among floral visitors, the bees *Nannotrigona testaceicornis* and *Trigona spinipes* are the effective pollinators by the observed visits. By the result of the floral biology / activity of the visitors, it is recommended that the crosses be performed between 08 and 10h to obtain higher production.

Keywords: Pollination ecology, biofuel, flowering, floral visitors, insect-plant interaction, physic nut.

INTRODUÇÃO

A família Euphorbiaceae possui 6.547 espécies, dentre as quais estão englobados o pinhão manso - *Jatropha curcas* L., mamona - *Ricinus communis* L. e mandioca – *Manihot esculenta* Crantz (THE PLANT LIST, 2017). Dentre as espécies desta família, o pinhão manso (*Jatropha curcas*) é uma das espécies que tem sido trabalhada no melhoramento genético, por ser considerada promissora para a produção de óleo para o biocombustível, além de ser referenciada como possuidora de teor de óleo de ótima qualidade por apresentar estabilidade à oxidação, baixa viscosidade e ponto de escoamento baixo, em relação ao óleo de soja - *Glycine max* (L.) Merr, mamona – *R. communis* L., e palma - *Elaeis guineensis* Jacq., respectivamente (SUJATHA et al., 2005; BAILIS E MCCARTHY, 2011). No entanto, o cultivo do pinhão manso é considerado desafiador, por se tratar de uma espécie não domesticada, mesmo com pesquisas iniciadas desde 1980 no Brasil (DURÃES et al., 2011).

Apesar da importância que tem sido dada aos estudos de melhoramento em relação à produtividade, é importante ressaltar que o florescimento é de extrema importância para a cultura, pois a produção de sementes e a produção do óleo extraído da semente de *Jatropha curcas* dependem diretamente desse aspecto fenológico (JUHÁSZ et al., 2009; LUCENA et al., 2014). O processo de polinização do pinhão manso requer a presença de insetos, pois apresenta o maior índice de frutificação pela polinização cruzada (RAJU E EZRADANAM, 2002; LUO et al., 2007a; PAIVA NETO et al., 2010).

Há poucos estudos sobre a influência dos insetos visitantes em relação ao tamanho, peso e formação de frutos e sementes de pinhão manso. No entanto, Richards (2001) e Alves-dos-Santos (2016) relatam que nem todos os insetos que são visitantes florais podem ser considerados polinizadores efetivos da cultura.

Dessa forma, torna-se necessário compreender a biologia floral e o sistema reprodutivo dessa espécie, pois são informações importantes para o melhoramento genético, principalmente aliados aos estudos de polinizações controladas (BRASILEIRO et al., 2012). Esses estudos podem auxiliar no desenvolvimento de estratégias visando o aumento da produtividade, como por exemplo, o manejo de polinizadores eficientes nas culturas, gerando maior

número de frutos e consecutivamente aumentando a renda dos produtores desse cultivo (RINCÓN-RABANALES et al., 2016). Além disso, a baixa atividade ou déficit de polinizadores pode ser um dos motivos da baixa produtividade, pois há culturas que dependem de insetos para formação de frutos, e em algumas plantas as visitas podem gerar uma melhor qualidade de sementes e/ou incrementar a produtividade (RICHARDS, 2001).

Jatropha curcas apresenta distribuição no mundo todo e em todas as regiões do Brasil, mas acredita-se que seu centro de origem é na região do México e América Central (HELLER, 1996; CARELS, 2009; MISHRA, 2009; DIAS et al., 2012). No entanto, há poucos estudos referentes à biologia floral e reprodutiva desta planta no Brasil (JUHÁSZ et al., 2009; PAIVA NETO et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012) e pouco se conhece sobre os seus polinizadores no Brasil (NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012). Dessa forma, objetiva-se investigar a fenologia, biologia floral, o sistema reprodutivo e a comunidade dos insetos visitantes florais em dois experimentos de *Jatropha curcas* visando a melhoria na produção de frutos e sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Este trabalho foi realizado entre abril de 2017 e abril de 2018 em duas populações de *J. curcas* localizadas no Campo experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Cruz das Almas, localizado a 12° 39'42.39" S e 39° 5' 2.4576" W.

De acordo com Melo Filho et al. (2007), o relevo da área de estudo é plano, e o solo é classificado como Latossolo Amarelo (Oxisol) coeso argissólico. A temperatura média anual é 24,2° C. De acordo com a classificação de Koppen, o clima é tropical, quente e úmido (AW a AM). A precipitação média anual é de 1.206mm e varia entre 1.000 e 1.300 mm por ano e apresenta 220m de altitude (MELO FILHO et al., 2007). A primeira população estudada é constituída por clones, estabelecida em 2014, onde o plantio foi realizado por estaquia (4 anos). A segunda população foi estabelecida em 2017, sendo que o plantio realizado por

sementes (1 ano). Os experimentos apresentam cerca de 10m de distância entre si. Os dados de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica foram obtidos a partir do sistema do INMET (2018).

Biologia Floral

Para o estudo da biologia floral foi avaliada a fenologia da floração com observação mensal da presença ou ausência de flor, com a determinação da fase com maior quantidade de flores (pico de floração), além da observação da antese da flor (n=20♀♂) até sua senescência. A morfologia estudada das partes florais seguiu Vidal e Vidal (2006), além da contagem das flores ♀ e ♂ realizada a partir de 30 inflorescências, assim como a durabilidade destas (n=20). A partir disso, foi testada a receptividade estigmática (n=20), seguindo Dafni (1992), com a utilização de peróxido de hidrogênio a 3% a cada 2h, em intervalos entre as 6:00 às 18:00h. A viabilidade das anteras foi feita por observação focal por meio da coloração e presença de pólen (n=30).

A razão Pólen/ Óvulo foi calculada seguindo Cruden (1977), selecionando aleatoriamente uma flor e contando o número total de grãos de pólen de uma antera (n=10 flores ♂) e o número total de óvulos por ovário (n=10 flores ♀) na pré-antese, onde o número de grãos de pólen por flor foi estimado pelo cálculo ($x = \text{média do número de grãos por antera} * \text{média do número de anteras por flor}$). A quantificação do pólen foi baseada em Zambon et al. (2014), com algumas modificações, utilizando-se Câmara de Neubauer.

O padrão de abertura das inflorescências foi estudado (protandria/protoginia) onde foram marcadas 30 inflorescências para verificar quais flores abrem primeiro, se são as estaminadas (protandria) ou as pistiladas (protoginia). Testado na primavera e no verão para verificar diferença.

Foi estudada a fenologia da frutificação com observação mensal da presença ou ausência de frutos, com a determinação da fase com maior quantidade de frutos (pico de frutificação). Foi estudado o padrão da maturação da frutificação (n=30 frutos) para determinação das fases de maturação de acordo com sua coloração, seu tamanho e dias de maturação, sendo eles: Fruto verde (F1), Fruto amarelo (F2), Fruto amarelo-preto (F3), e Fruto preto (F4).

A durabilidade das inflorescências, número de grãos de pólen flor/antera, número de óvulos por flor, razão pólen: óvulo, receptividade do estigma, e padrão da maturação foram realizados em indivíduos aleatórios de *J. curcas* apenas no experimento 2.

Biologia reprodutiva

Os testes de reprodução foram realizados em cada experimento estudado (experimentos 1 e 2), avaliando 30 flores por cruzamento. Os botões florais foram submetidos a cruzamentos e ensacados (organza) até a queda da flor, ou maturação do fruto. Os tratamentos realizados nesta etapa foram: autopolinização manual - geitonogamia (APM), onde as flores estaminadas foram retiradas das inflorescências (emasculação) e o estigma recebeu grãos de pólen provenientes de três flores estaminadas de outra inflorescência da mesma planta; autopolinização espontânea - autogamia (APE), os botões florais em pré-antese foram ensacados, sem emasculação; polinização cruzada manual - xenogamia (PLM) as inflorescências foram emasculadas e os grãos de pólen de três flores selecionadas aleatoriamente de outra planta foram depositados no estigma da flor; apomixia - agamospermia (APO), onde as inflorescências foram emasculadas e as flores pistiladas ensacadas na pré-antese (um dia antes da antese); e polinização natural - alogamia (PLN), onde as inflorescências em pré-antese foram marcadas e deixadas expostas aos polinizadores naturais.

Após realizados os tratamentos, os componentes de rendimento obtidos para cada tratamento foram: frutificação inicial, quantificado após 15 dias da polinização (FRI %), frutificação efetiva, quantificada após coleta e secagem dos frutos, realizada entre 45 e 60 dias (FRE %), número de frutos por tratamento (NFT), número de sementes por tratamento (NST), número de sementes por fruto (NSF), peso da semente (PS) e comprimento da semente (CS). Os frutos e sementes, gerados pelos cruzamentos, foram medidos com auxílio de um paquímetro digital e pesados com auxílio de balança analítica de precisão.

Visitantes florais e polinizadores

Os insetos visitantes florais foram observados apenas no experimento 2 entre as 06h e 18h totalizando 104h de observação durante o período de floração.

As coletas e observações foram feitas em três inflorescências por planta (n=16) a cada hora. Assim, em cada horário de visita foi registrado o número de indivíduos de cada espécie observada, os recursos coletados (néctar e/ou pólen), umidade relativa do ar (UR%), e temperatura média (C°) que foram medidos com auxílio de um termo-higrômetro.

Os visitantes florais foram coletados com auxílio de rede entomológica, pinça e potes coletores, e sacrificados com acetato de etila. Os animais foram depositados no Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS), unidade associada ao Museu de História Natural (MHNBA/MZUFBA) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Os Formicidae estão depositadas no Laboratório de Mirmecologia, unidade associada ao Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC/Itabuna). Espécies de Hymenoptera exceto Formicidae (MZUFBA Hymeno. 9073-9105) e Coleoptera (MZUFBA Coleop. 395-404) foram tombados na MHNBA e os Formicidae na CEPLAC/Itabuna (CPDC 5827).

Para classificar os insetos visitantes, foram considerados os atributos como frequência de indivíduos, constância, dominância (SILVEIRA NETO et al. 1976; COSTA et al., 2008), comportamento na flor (visitas na mesma planta ou plantas diferentes), se havia pólen depositado no corpo (se entra em contato com o estigma), material coletado da planta (néctar, pólen, resina), se visitou flores estaminadas e pistiladas, o seu tamanho (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016; RINCÓN-RABANALES et al., 2016). Os visitantes florais foram classificados em pilhadores (PI), polinizadores acidentais (PA), polinizadores ocasionais (PO), e polinizadores efetivos (PE) (RINCÓN-RABANALES et al., 2016).

Análise de dados

Para os estudos de fenologia da floração/frutificação, antese, receptividade do estigma, durabilidade de inflorescências/flores (♀ e ♂), protandria/protoginia, quantificação de pólen e, quantificação de óvulo e razão P/O foram analisados por dados descritivos. O número de flores por inflorescência (totais, ♀ e ♂), foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas com o teste de Tukey a 5% de probabilidade com o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

Os resultados de biologia reprodutiva foram analisados por meio de Kruskal-Wallis devido os erros não seguirem a normalidade, e as médias foram comparadas com teste de Dunn a 5%. Foram realizadas correlação de Spearman entre os fatores abióticos (temperatura e umidade) e abundância total, com as espécies consideradas polinizadoras efetivas e polinizadoras ocasionais. Essas análises foram realizadas por meio do software PAleontological STatistics – PAST versão 3.20 (HAMMER et al., 2001).

Para a comunidade dos insetos visitantes florais de *J. curcas* foram realizados o estudo da riqueza de espécies (S), índice de diversidade de Shannon (H'), equitatividade (J), número total de espécies (N), frequência relativa (número de indivíduos coletados da espécie x dividido pela quantidade total de indivíduos coletados), e foi calculado os parâmetros de fauna (abundância, constância e dominância) conforme Silveira Neto et al. (1976).

A abundância (AB) foi calculada com base na frequência relativa onde as espécies são classificadas como raras (RR), quando menor que 1%, dispersas (DS) entre 1 e 5%, comuns (CM) entre 5 e 95%, abundantes (A) entre 95 e 99% e muito abundantes (MA) acima de 99%. A constância (C) foi determinada pela fórmula: $(x = \text{total de coletas com a espécie} / \text{dividido pelo total de coletas})$, onde são classificadas em Constantes (CO) quando presentes em 50% das coletas; Acessórias (AS) presentes entre 25 e 50% das coletas; Acidentais (AC) quando presentes em menos de 25% das coletas. Em relação a Dominância (D), as espécies dominantes (DO) foram aquelas que obtiveram frequências relativas maiores a $1/S$ e as não dominantes (ND) foram as que não seguiram essa distribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biologia floral

A floração de *Jatropha curcas* ocorre praticamente o ano todo (Tabela 01), ocorrendo na primavera (setembro a dezembro), verão (dezembro a março), outono (março a maio), com pico da floração entre novembro/17 e fevereiro/18. Porém, a floração não foi observada entre junho e agosto que são os meses com maior precipitação, maior umidade e menor temperatura (Tabela 1).

Jatropha curcas é um arbusto caducifolia (RAJU E EZRADANAM, 2002; LUO et al., 2007b), caracterizada pela abscisão das folhas, onde no Brasil, esse fenômeno geralmente ocorre no inverno (SATURNINO et al., 2005). Assim, a característica caducifolia é considerada uma estratégia evolutiva, pois com a queda das folhas para economia de energia, influenciados pelos fatores climáticos, aumenta-se as chances de sobrevivência dos organismos nas estações mais frias (DIAS et al., 2012).

Tabela 1: Temperatura (°C), Umidade (U%) e Precipitação (mm) no Recôncavo da Bahia, entre abril de 2017 e 2018 (Dados INMET, 2018).

Meses/Ano	°C	U%	mm	Estação	Fenologia	
					Floração	Frutificação
Abril/17	25,44	80,09	152,6	Out.	Presença	Presença
Mai/17	24,49	86,03	172,6	Out.	Presença	Presença
Junho/17	23,07	83,97	146,4	Out./Inv.	Ausência	Ausência
Julho/17	21,17	86,98	148,8	Inv.	Ausência	Ausência
Agosto/17	22,42	81,07	49,6	Inv.	Ausência	Ausência
Setembro/17	22,55	81,38	157,9	Inv./Prim.	Presença	Ausência
Outubro/17	24,33	74,96	32,5	Prim.	Presença	Presença
Novembro/17	25,55	68,74	68,5	Prim.	Pico	Presença
Dezembro/17	26,62	67,45	129,4	Prim./Ver	Pico	Pico
Janeiro/18	26,29	74,13	56,3	Ver.	Pico	Presença
Fevereiro/18	26,37	69,73	74,7	Ver.	Pico	Presença
Março/18	26,40	71,64	118,2	Ver./Out.	Presença	Presença
Abril/18	26,03	75,88	170,5	Out.	Presença	Pico

Legenda: Inv: Inverno; Out: Outono; Prim: Primavera; Ver: Verão.

Em relação aos aspectos fenológicos, os resultados do presente estudo (Tabela 1) estão de acordo com outros trabalhos realizados no Brasil (PAIVA NETO et al., 2010; NASCIMENTO, 2011), Estados Unidos (NIETSCHE et al., 2015) e México (RINCON-RABANALES et al., 2016) os quais registraram o pico de floração entre a primavera e o verão. Alguns estudos ainda relatam a floração no outono, verão e primavera na Ásia e Brasil (JUHÁSZ et al., 2009; RIZZARDO, 2012; NIETSCHE et al., 2014). No entanto, apesar desse padrão da floração da espécie, Samra et al. (2014) observaram dois períodos de floração na Índia, onde o primeiro teve duração de 20 dias e o segundo de 90 dias.

Dessa forma, constatou-se que a fenologia da floração pode variar entre regiões, provavelmente, devido a fatores climáticos e variação temporal/sazonalidade. Nesse contexto, Domiciano et al. (2014) relataram que as

altas precipitações e menores temperaturas podem gerar aumento na quantidade de floração e presença de flores pistiladas, fato diferente do observado pelo presente estudo, pois verificamos que as menores temperaturas, maior umidade e maior taxa de pluviosidade ocorreu no período de dormência, caracterizado pela abscisão foliar. Dessa forma, o presente estudo corrobora com os dados levantados por JUHÁSZ et al. (2009), que relataram o início da floração ocorre logo após o período de dormência.

Em relação a fenologia de frutificação, verificou-se que a formação dos frutos iniciou em outubro e ocorreu até meados de maio, com pico da frutificação em dezembro e março. Resultados semelhantes ao observado foram reportados por Negussie et al. (2014), no qual a frutificação ocorreu concomitante com a floração, ainda relatam que a frutificação ocorre entre novembro e abril, com pico em dezembro (primavera) e março/abril (outono).

A formação dos botões florais iniciou no mês de setembro/17, estendendo-se até o mês de abril/18 (Figura 1A). Após isso, houve o desenvolvimento de inflorescências que possibilitou observar quais botões florais iriam formar flores estaminadas e pistiladas (Figura 1B), com morfologias visivelmente diferentes (Figura 1C), pois nessa fase da pré-antese, os botões eram maiores e desenvolvidos em comparação à fase anterior. Os resultados do presente trabalho corroboram os dados obtidos por Singh et al. (2010), onde foi observado que entre 10 e 15 dias antes da antese é possível realizar a diferenciação floral, verificando que a antese floral das inflorescências inicia após um mês e meio do início da formação dos botões florais.

As flores pistiladas (ca. 2mm compr.) apresentam formato cônico, e são maiores que as estaminadas (ca. 1mm compr.), apresentam sépalas mais longas e pedúnculos maiores do que as estaminadas. As flores estaminadas apresentam formato arredondado e, ocorrem em maior quantidade nas inflorescências (Figuras 1B e 1C). *Jatropha curcas* é uma espécie monoica, cujas inflorescências são racemos, com as flores pistiladas localizadas no centro, circundadas pelas flores estaminadas (Figura 1D).

As pistiladas apresentam três estiletos com estigmas bifurcados e as estaminadas possuem dez estames amarelos, divididos em cinco livres (inferiores) e cinco unidos (superiores) (RAJU E EZRADANAM, 2002; PAIVA

NETO et al., 2010; KAUR et al.; 2011). Ademais, Raju e Ezradanam (2002) e Negussie et al. (2014) relataram que a posição das flores pistiladas rodeadas de estaminadas é um mecanismo evolutivo de plantas dioicas para assegurar o sucesso reprodutivo, pois além de ter uma separação espacial das flores, ainda há uma separação temporal dos dias de abertura e antese das flores estaminadas e pistiladas. Esta organização das flores na inflorescência também foi observada por outros autores em *J. curcas* (SINGH et al., 2010; KAUR et al., 2011).

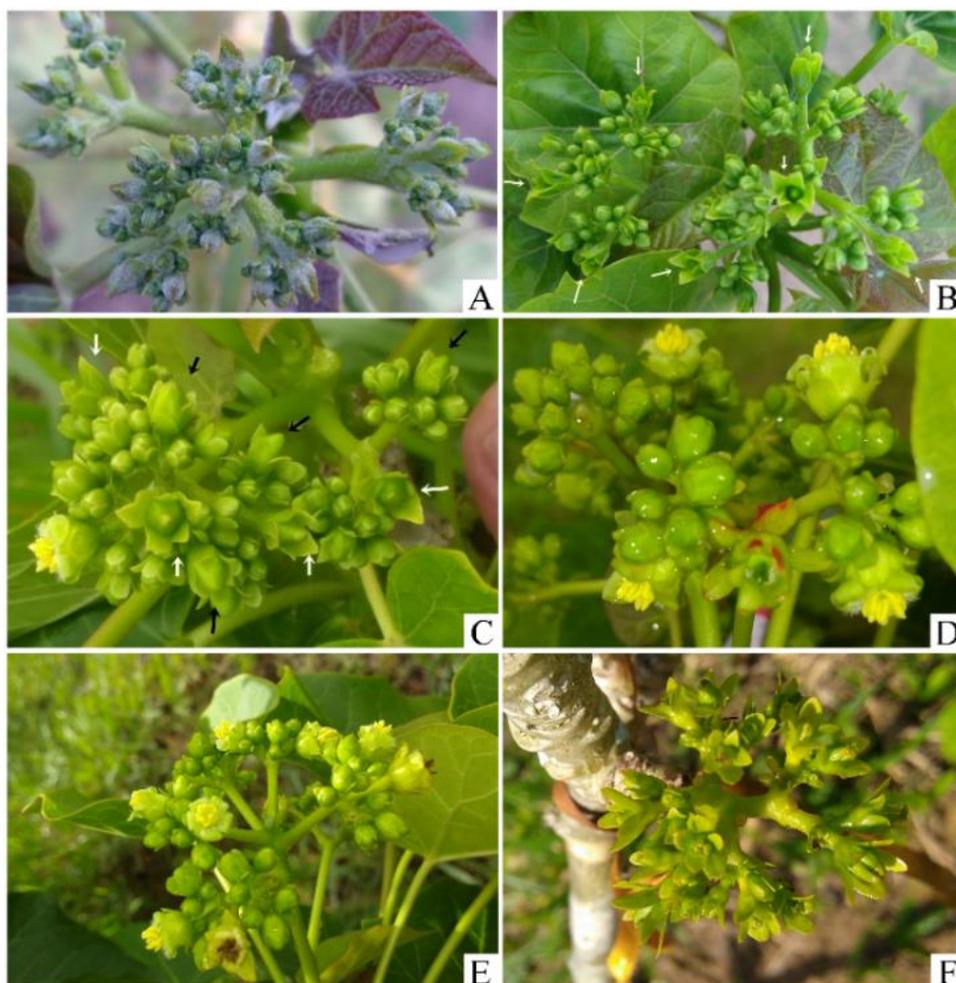


Figura 1: Fenologia da floração de *Jatropha curcas*. A - Gema floral; B - Inflorescência com diferenciação sexual; C - Inflorescência em pré-antese; D - Inflorescência com flores na antese; E - Inflorescência estaminada; F - Inflorescência pistilada. Setas brancas indicam flores pistiladas e setas pretas indicam flores estaminadas.

Os dados morfológicos aqui apresentados são semelhantes àqueles observados por obtidos por Paiva Neto et al. (2010), onde não foi observada formação de flores hermafroditas. No entanto, alguns autores relataram a

presença de flores hermafroditas em *J. curcas*, descrevendo que estas são maiores do que as flores pistiladas e estaminadas, porém a formação desse tipo floral é rara (BRASILEIRO et al., 2012; GOUVEIA et al., 2012; PALUPI et al., 2014).

As flores apresentam cinco glândulas nectaríferas (Tabela 2) nas flores estaminadas (base das anteras) e nas pistiladas (área basal do pistilo), fato reportado também por Brasileiro et al. (2012). Além disso, estes autores verificaram também que as flores liberam odor suave e doce, e presença de tricomas glandulares no interior das pétalas, que provavelmente, servem de atração à insetos durante a floração, para auxiliar na polinização, dessa forma, ocorrerá uma relação mutualística.

Alguns fatores raros foram observados para *J. curcas* nos experimentos estudados, onde em setembro e outubro foram observadas apenas inflorescências com flores estaminadas (Figura 1E), sendo uma estratégia da planta para realizar a atração de insetos para auxiliar na polinização cruzada da espécie nos meses seguintes. Além disso, foi observada também a ocorrência de quatro inflorescências compostas apenas por flores pistiladas (Figura 1F). Fato semelhante foi observado por Nascimento (2011), onde 10% das inflorescências formavam apenas flores pistiladas e 30% apenas flores estaminadas, sendo que Rizzardo (2012) observou a ocorrência de duas inflorescências composta apenas de flores estaminadas e uma de pistiladas.

A antese floral ocorreu entre as primeiras horas (♂: 05 e 06h; ♀: 07 e 08h) da manhã (Tabela 2), e foram observadas até antese completa (Figura 1D). Intervalos de abertura em horários semelhantes já foram reportados por diferentes estudos (RAJU E EZRADANAM, 2002; KAUR et al., 2011; RIZZARDO, 2012; RINCÓN-RABANALES et al., 2016). No entanto, a liberação do pólen ocorre, geralmente, uma hora após a antese, sendo possível visualizar os grãos de pólen expostos sobre a antera (RAJU E EZRADANAM, 2002; KAUR et al., 2011). A deiscência rimosa também foi verificada em outras espécies de *Jatropha* (*J. molíssima* (Pohl) Baill., *J. mutabilis* (Pohl) Baill., e *J. ribifolia* (Pohl) Baill.), onde essa configuração de abertura das anteras, provavelmente, aumenta a probabilidade de transferência do pólen para o corpo da abelha e,

consecutivamente, para o estigma da flor pistilada (NEVES et al., 2011; NEVES E VIANA, 2011).

Tabela 2: Análises de Biologia floral de duas populações de *Jatropha curcas*.

Variável	n	\bar{X}	Variação	DP
Antese ♂	20fl	-	05:00-06:00h	-
Antese ♀	20fl	-	07:00-08:00h	-
Deiscência anteras	20fl	-	08:00-10:00h	-
Durabilidade infl.	20infl	15,95d	12-20d	2,16
Abertura fl ♂	30infl	1,30	1-2	0,47
Abertura fl ♀	30infl	2,05	1-6	1,36
Número óvulo	10fl	3	-	-
Grãos de pólen/antera	10fl	237,5	-	-
Grãos de pólen/flor	10fl	2375	-	-
Razão pólen/óvulo	1an	791,66:1	-	-
Glândulas néctar	10fl	5	-	-
Receptividade do estigma	20fl/d	-	1-3d	-
Número fl ♂ - Exp1	30infl	105,87	56 - 162	27,18
Número fl ♂ - Exp2	30infl	190,80	129 - 268	35,78
Número fl ♀ - Exp1	30infl	2,83	1 - 8	1,88
Número fl ♀ - Exp2	30infl	7,27	1 - 16	3,89
Número fl totais - Exp1	30infl	108,80	58 - 164	28,05
Número fl totais - Exp2	30infl	198,00	132 - 282	37,97
Razão ♂/♀ - Exp1	1an	37,41: 1	-	-
Razão ♂/♀ - Exp2	1an	26,24: 1	-	-
Protandria Primavera - Exp1	20infl	90%	-	-
Protoginia Primavera - Exp1	20infl	10%	-	-
Protandria Primavera - Exp2	20infl	93,33%	-	-
Protoginia Primavera - Exp2	20infl	6,67%	-	-
Protandria Verão - Exp2	20infl	50%	-	-
Protoginia Verão - Exp2	20infl	30%	-	-
Abertura simultânea Verão- Exp2	20infl	20%	-	-
Maturação F1	30fr	29,65d	25-45d	3,25
Maturação F2	30fr	43,03d	34-54d	4,30
Maturação F3	30fr	46,16d	39-59d	4,47
Maturação F4	30fr	50,52d	42-62d	4,79

Legenda= an: análise; d: dia; DP: desvio padrão; Exp1: Experimento 1 (4 anos – estaquia); Exp2: Experimento 2 (1 ano – Semente); F1: Fruto verde grande; F2: Fruto amarelo; F3: Fruto Amarelo-preto; F4: Fruto preto; fl: flores; fr: frutos; infl: inflorescências; h: horas; N: número de flores/inflorescências observadas; \bar{X} : média.

No presente estudo, a viabilidade das flores estaminadas foi determinada pelo aspecto floral com base na coloração e presença de pólen na superfície das anteras. Dessa forma, apesar das flores estaminadas apresentarem antese às 06h (Figura 2A), a deiscência do pólen ocorre apenas entre as 08 e 10h (Figura

2B), sendo caracterizada com o período de maior viabilidade floral para as flores estaminadas, pois após esse período inicia a mudança de aspecto e queda das flores marcadas (Figura 2C). Além disso, às 16h do primeiro dia e no início do segundo dia (06h) grande parte das flores tinham caído no Experimento 01 com total senescência da flor (1 dia - 10h: 13,33%; 12h: 20%; 14h: 46,67%; 16h: 53,33%; 2 dia - 8h: 83,33%; 10h: 93,33%) e no Experimento 02 (1 dia - 10h: 6,67; 12h: 30%; 14h: 56.67%; 16h: 66,67%; 2 dia - 8h: 90%; 10h: 90%).



Figura 2: Durabilidade da flor masculina de *Jatropha curcas* L. A - Antese da flor masculina (06h); B - Deiscência do pólen da antera (09h); C - Diminuição da quantidade de pólen da antera (12h); D - Diminuição da quantidade de pólen da antera (16h); E - Flor senescente no primeiro dia após a antese (08h).

Mediante observações, há menor quantidade de pólen após as 12h nas anteras em relação a fase anterior (Figura 2C). Provavelmente, isso ocorre devido a intensa atividade dos visitantes florais entre 10 e 12h. Além disso, ao final da tarde (Figura 2D), as flores estaminadas apresentavam pouco pólen e anteras com coloração esbranquiçada, caracterizando assim, a senescência floral no presente estudo. As flores estaminadas que permaneciam na planta, apresentavam anteras de coloração amarelo escuro (Figura 2E) com aspecto de ausência de pólen.

Estudos relataram que a flor estaminada de *J. curcas* apresenta durabilidade de 2 dias, sendo que a maioria das flores murcham, e caem até esse período (LUO et al., 2007b; LUO et al., 2011; NEGUSSIE et al., 2014). Outros autores confirmam os resultados aqui obtidos, como de Neves et al. (2011) para *J. mollissima* e *J. mutabilis*, cujas flores estaminadas têm longevidade até as 15h e para *J. curcas*, cujas flores iniciaram a mudança de coloração após as 11h e a senescência das flores estaminadas ocorre após as 13h, com produção contínua de néctar (RIZZARDO, 2012).

Alguns autores relataram que a viabilidade do pólen ocorre até 09h após a sua deiscência (17-18h), porém ocorrendo diminuição ao longo do tempo até a ausência de viabilidade após de 48h (LUO et al., 2007b; RIZZARDO, 2012). Rizzardo (2012) estabeleceu a viabilidade do pólen entre 08 e 18h por meio de polinizações controladas e obteve frutificação variando entre 100% e 94,12%. Entretanto, estes estudos não verificaram diferença significativa entre os horários.

A viabilidade das flores pistiladas foi determinada pela coloração e formato do estigma. Assim, verificou-se maior viabilidade entre o primeiro (Figura 3A) e segundo dia (Figura 3C). Observou-se maior intensidade da coloração verde no primeiro dia, sendo considerada, dessa forma a fase com maior viabilidade em contraste aos demais (Figura 3C). Isso pode ser comprovado pela observação da visita, pois todos os insetos visitavam as flores no primeiro dia, e alguns polinizavam depositando pólen sobre o estigma (Figura 3B). Já no segundo dia as flores foram visitadas apenas por formigas (*Crematogaster victima*, *Camponotus blandus* e *Dorymyrmex biconis*) de forma esporádica.

A senescência das flores pistiladas iniciou com o escurecimento do estigma e tamanho menor em relação ao início da antese (Figura 3D), e caracterizada quando as pétalas cobriram o estigma (Figuras 3E e 3F) que teve início no segundo dia (Exp 01: 33,33%; Exp 02: 33,33). A senescência ocorreu também no terceiro (Exp 01: 40%; Exp 02: 46,67%), quarto (Exp 01: 23,33%; Exp 02: 13,33%) e quinto dia (Exp 01: 3,33%; Exp 02: 6,67%). Assim, verificou-se que grande parcela das flores marcadas senesciam até o terceiro dia (Exp 01: 73,33%; Exp 02: 80%). Após oito a quinze dias após a polinização, inicia-se o desenvolvimento do fruto (Figura 3G).

Foi realizado o teste de receptividade com reação da peroxidase (formação de bolhas) na superfície estigmática, para confirmar o período com maior viabilidade das flores pistiladas. Nesse sentido, observou-se que no período da pré-antese, primeiro, segundo e terceiro dia houve reação, confirmando a receptividade do estigma (Tabela 2). No entanto, a maior reação da peroxidase ocorreu na pré-antese e no primeiro dia, com queda da receptividade ao longo dos dias. Como consequência, no final do terceiro dia (18h) não houve mais reação. Após o final do terceiro dia o estigma não mais se encontrava receptível.

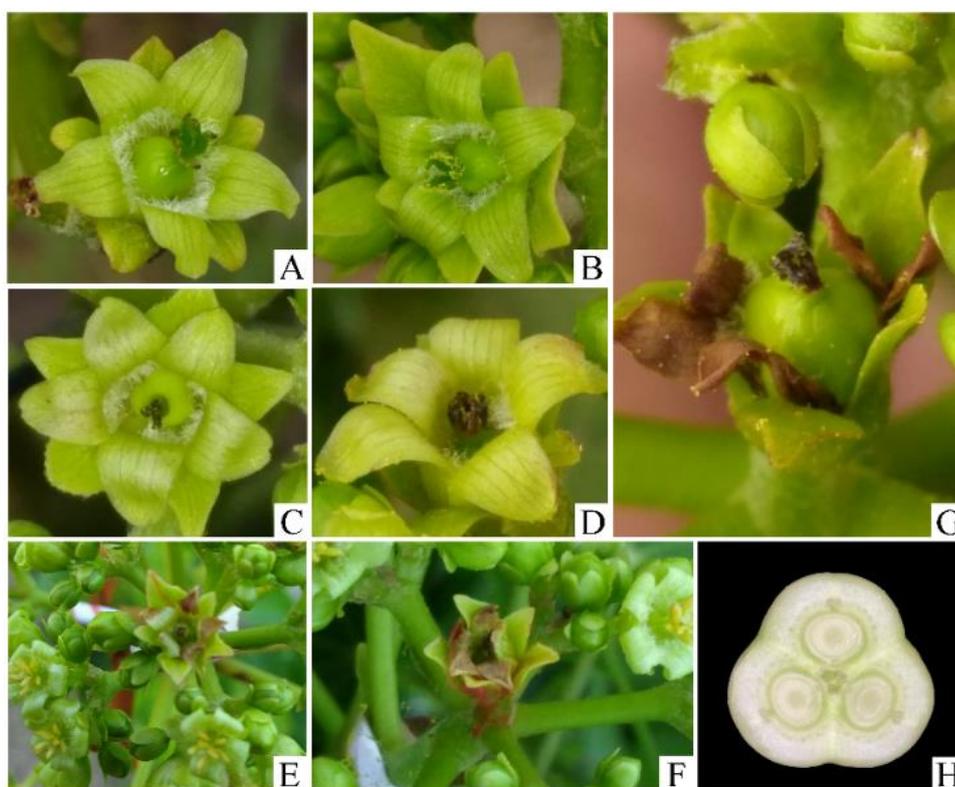


Figura 3: Durabilidade de flor pistilada de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). A - Flor após a antese (8h); B - Flor com pólen no estigma após intensa visitação; C - Um dia após a antese; D - dois dias após a antese; E - três e quatro dias após a antese; F - Fechamento das pétalas, cobrindo o estigma; G - Queda das pétalas e início da formação do fruto; H - óvulos (0,8X).

Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores que consideram as flores pistiladas viáveis apenas enquanto apresentavam coloração verde clara e senescentes com coloração preta (KAUR et al., 2011; LUO et al., 2011; SAMRA et al., 2014). As flores pistiladas quando não polinizadas caem até o quarto dia, mas as polinizadas são encobertas pelas sépalas e pétalas aumentando de tamanho de forma gradativa para prevenir a queda do fruto (RAJU E

EZRADANAM, 2002; SINGH et al., 2010). Entretanto, algumas flores não apresentavam esses verticilos devido os mesmos terem sido ingeridos por alguns insetos da ordem Orthoptera e Coleoptera, como foi observado por Rizzardo (2012) e Negussie et al. (2013). Luo et al. (2007b) observaram uma relação direta dentre a intensidade da receptividade do estigma com a coloração, pois estigmas mais verdes eram mais receptíveis e os mais escuros menos receptivos, resultado observado também no presente trabalho.

Outros trabalhos verificaram a receptividade do estigma pela ação do peróxido de hidrogênio em *J. curcas*, com duração de três dias, confirmando o padrão de receptividade de 72h de duração favorecendo dessa forma, o maior índice de frutificação (RAJU E EZRADANAM, 2002; NASCIMENTO, 2011). Assim, caso as flores não sejam polinizadas no primeiro dia, isso pode ocorrer no segundo e terceiro dia. O autor relata que mesmo quando os estigmas são polinizados nesse período, as flores são capazes de formar frutos e sementes férteis. Esse fato é um mecanismo para garantir o sucesso reprodutivo, pois irá coincidir com o intenso fluxo polínico da abertura e deiscência das anteras (RIZZARDO, 2012).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram os resultados encontrados por Rizzardo (2012), onde foi observada receptividade do estigma em todos os horários no primeiro dia. Alguns estudos, sugerem que devido ter menor quantidade de pólen e menor número de visitantes, é provável que tenha uma menor eficiência na polinização cruzada no período vespertino em relação ao período matutino (NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012). Além disso, Singh et al. (2010) verificaram a receptividade do estigma por polinizações no primeiro ao quarto dia, onde observaram maior quantidade de frutos formados no primeiro (82,88%), em seguida do segundo (66,67%), terceiro (78,92%) e quarto dias (41,41%), não encontrando estigma receptivo no quinto dia, caracterizando sua senescência.

Nos primeiros dias, as inflorescências não apresentam muitas flores abertas (Figura 4A), sendo que o pico da abertura das flores nas inflorescências foi entre o sexto e nono dia, permanecendo entre 12 e 20 dias com durabilidade média de $15,95 \pm 2,16$ dias (16 dias) (Tabela 2). Muitas vezes, o pico de floração da inflorescência/estaminadas ocorreu após a senescência das flores pistiladas

(Figura 4B), além disso, verificou-se que devido à grande quantidade de flores estaminadas observadas nas inflorescências, estas são as primeiras a abrir e são as últimas a cair (Figura 4C).

Esse intervalo de durabilidade floral também foi verificado em outros estudos (RIANTI et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012), com pico de floração entre o primeiro e décimo dia (JUHÁSZ et al., 2009; RIZZARDO, 2012; RINCON-RABANALES et al., 2016). Geralmente as flores pistiladas abrem, entre o primeiro e nono dia (RAJU E EZRADANAM, 2002; NEGUSSIE et al., 2014; RINCON-RABANALES, 2016) e as estaminadas entre o primeiro até o esgotamento das inflorescências (SINGH et al., 2010; NEGUSSIE et al., 2014; PALUPI et al., 2014).

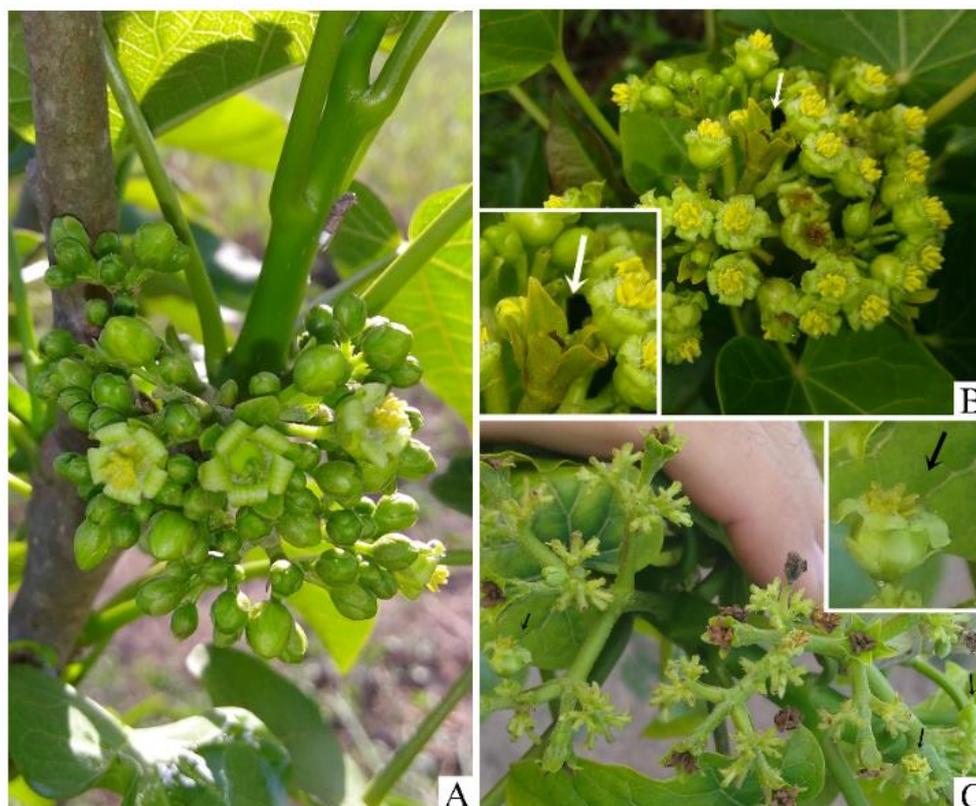


Figura 4: Durabilidade da inflorescência de *Jatropha curcas*. A - Início da abertura das flores da inflorescência; B - Fechamento das flores pistiladas, e estaminadas continuam a abrir; C - Abertura da última flor estaminada da inflorescência.

As inflorescências foram observadas para determinar se há influência na abertura das flores nas estações que tiveram pico de floração (Tabela 2). Assim, na primavera, verificou-se maior frequência de inflorescências protândricas, pois a abertura das flores estaminadas ocorreu entre um e cinco dias antes da abertura

das pistiladas da mesma inflorescência (90% no experimento 1; 93,33% no experimento 2). No entanto, nas análises realizadas no verão (experimento 2) observou-se resultados diferentes, pois apesar de ter maior quantidade de inflorescências protândricas (50%), houve um aumento das inflorescências com ocorrência de protoginia (30%) e em algumas inflorescências, as flores estaminadas e pistiladas abriram no mesmo dia (20%) (Tabela 2).

Geralmente, as flores estaminadas abrem dias antes das pistiladas (protandria). Porém, há algumas inflorescências que ocorre o contrário (protoginia), mas quando isso ocorre, há flores estaminadas na mesma planta ou em plantas próximas. Assim, esse padrão de abertura pode ser considerado uma estratégia fenológica para ocorrer polinização, principalmente polinização cruzada (xenogamia), fato também sugerido por Nascimento (2011) e Palupi et al. (2014). No entanto, há inflorescências que houve abertura das flores pistiladas e estaminadas no mesmo dia (Tabela 2).

Também foi observado que a abertura das flores nas inflorescências é um fator variável nas áreas estudadas, onde alguns trabalhos verificaram a maior ocorrência da protandria (RAJU E EZRADANAM, 2002; RIANI et al.; 2010; KAUR et al., 2011) e outros com maior ocorrência de protoginia (PALUPI et al., 2014; RINCON-RABANALES et al., 2016). A sincronia da floração, com abertura da flor masculina e feminina de forma concomitante na inflorescência também foi reportada (SINGH et al., 2010; NEGUSSIE et al., 2014).

Nesse sentido, verificou-se que as flores estaminadas e pistiladas podem abrir no mesmo dia ou em dias diferentes e mesmo após a ausência de viabilidade das flores pistiladas, continua a formação de flores estaminadas. Esse mecanismo ocorre para garantir a eficácia na polinização cruzada, formação de frutos e sementes (SINGH et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012; NEGUSSIE et al., 2014).

Foram observados indícios que o padrão de abertura, quantidade de flores totais, estaminadas e pistiladas, podem ser influenciados pela temperatura, umidade e sazonalidade, pois como relatam Nietsche et al. (2014), a floração é um fator influenciado pela sazonalidade. Os autores observaram que o verão e a primavera alcançaram maiores valores para razão pistilada: estaminada,

quantidade de frutos, viabilidade polínica, quantidade de flores pistiladas e frutificação em relação ao outono, ocorrendo, dessa forma, uma variação sazonal.

Em relação a quantidade de flores, verificou-se no experimento 1 que as inflorescências tinham média de $108,80 \pm 28,05$ flores totais (variou entre 58 e 164), com $105,87 \pm 27,18$ flores estaminadas (variando entre 56 e 162) e $2,83 \pm 1,88$ flores pistiladas (variando entre 1 e 8). Assim, obteve a razão de flor pistilada: estaminada de 1: 37,41. No experimento 2, verificou-se que as inflorescências tinham média de $198,00 \pm 35,97$ flores totais (variando entre 132 e 282), $190,80 \pm 35,78$ flores estaminadas (variando entre 129 e 268) e $7,27 \pm 3,89$ flores pistiladas (variando entre 1 e 16) e razão flor pistilada: estaminada de 1: 26,24 (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores onde foi verificada a razão de flores pistiladas para flores estaminadas entre 1:15 e 1:33 (ABDELGADIR et al., 2009; JUHÁSZ et al., 2009; SINGH et al., 2010; RIANI et al., 2010). Além disso, estudos observaram entre 1 e 16 flores pistiladas (KAUR et al., 2011; NIETSCHE et al., 2014; PALUPI et al., 2014; RINCÓN-RABANALES et al., 2016), entre 63 e 224 flores estaminadas e entre 68 e 234 flores totais (JUHÁSZ et al., 2009; KAUR et al., 2011; NIETSCHE et al., 2015). Assim, observa-se que o número de flores é uma característica muito variável, que deve estar relacionada com práticas culturais, região, fatores abióticos (temperatura, umidade e pluviosidade), nutrição, material genético, e forma de plantio (JUHÁSZ et al., 2009; RINCÓN-RABANALES et al., 2016).

No presente estudo, as plantas de quatro anos estabelecidas por estaquia (experimento 1), apresentaram menores valores ($p < 0,01$) de floração (números totais, estaminadas e pistiladas) em relação as plantas de um ano propagadas por sementes (experimento 2). Além disso, nas observações focais houve maior quantidade de inflorescências nas plantas do experimento 2 em relação as plantas do experimento 1. Dessa forma, esse resultado pode estar relacionado com a variabilidade genética, idade do experimento, forma do plantio ou ambos os fatores. Fato semelhante foi observado por Palupi et al. (2014) que relataram a menor quantidade de inflorescências na população de plantas de quatro anos em comparação com as plantas de um ano

Nesse sentido, acredita-se que em trabalhos de melhoramento genético, é mais viável trabalhar com a cultura como planta anual ou semi perene (2 anos) do que como planta perene, devido à baixa produção de frutos e produtividade de sementes verificada em trabalhos anteriores na região de estudo em plantas acima de dois anos de idade (BRASILEIRO et al., 2013; PESTANA-CALDAS et al., 2016).

Soma-se a isso que a propagação de plantas por estaquia de *J. curcas*, é utilizada para homogeneizar as plantas, em relação a estatura, produção de frutos e sementes, no entanto, tem menor longevidade e menos resistentes a situações adversas à seca, principalmente por não possuírem a raiz pivotante, em comparação com as plantas propagadas por sementes (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

A floração é um dos caracteres mais promissores utilizados para seleção em programas de melhoramento genético, devido estar relacionada com a produção de frutos, sementes e óleo (DOMICIANO et al., 2014; NIETSCHE et al., 2014). No entanto, isso deve ser analisado com cautela, pois a seleção para maior quantidade de flores pistiladas, pode reduzir a proporção de flores estaminadas e isso pode influenciar no número de visitas, pois as visitas por insetos ocorrem principalmente nas flores estaminadas que são mais abundantes (ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013), além de apresentar pólen e néctar como recurso, e as pistiladas apenas néctar.

Em relação às estruturas reprodutivas das flores, observou-se a presença de três óvulos nas flores pistiladas (Figura 3H). Dessa forma, a razão pólen: óvulo (P: O) para *Jatropha curcas* foi 791.66: 1 (Tabela 2). Assim, *J. curcas* foi considerada uma planta com alogamia facultativa, podendo gerar frutos por autofecundação ou polinização cruzada. Assim, a polinização pode ocorrer de forma natural com auxílio de visitantes florais ou polinização cruzada/autopolinização de forma artificial, confirmada pelos resultados de biologia reprodutiva do presente estudo.

Alguns estudos apresentam dados semelhantes, com a produção de pólen por flor variando entre 725 e 3650 e por antera entre 70 e 365 (BHATTACHARYA et al., 2005; SINGH et al., 2010; KAUR et al., 2011). Estudos analisaram a proporção de óvulos para grãos de pólen e observaram razão P: O de 539: 1 e

também confirmam a alogamia facultativa para *J. curcas* (BHATTACHARYA et al., 2005).

Outras espécies de *Jatropha* apresentam valores semelhantes em relação à quantidade de grãos de pólen e razão pólen: óvulo, como as espécies *J. mollissima* com 3516 grãos de pólen por flor e razão P: O de 1172: 1, *J. mutabilis* com 2636 grãos de pólen por flor e razão P:O de 945: 1 e *J. ribifolia* com 1684 grãos de pólen por flor e razão P:O de 561,3: 1 (NEVES et al., 2011). Dessa forma, estas espécies também apresentaram alogamia facultativa, fato confirmado por testes de reprodução manual. Assim, as espécies de *Jatropha* estudadas podem gerar frutos por autopolinização e polinização manual, fato também comprovado por polinizações manuais (SANTOS et al., 2005; NEVES et al., 2011; NEVES E VIANA, 2011).

Em relação a maturação dos frutos, verificou-se que a F1 (verde) ocorre em média aos $29,65 \pm 3,25$ dias (30 dias), F2 (amarelo) aos $43,03 \pm 4,30$ dias (43 dias), F3 (amarelo-marrom) aos $46,16 \pm 4,47$ dias (46 dias) e a F4 (preto) aos $50,52 \pm 4,79$ dias (51 dias) (Tabela 2). Nesse trabalho, tanto os frutos da F3 (Figura 5C) quanto os frutos da F4 (Figura 5E) foram considerados adequados para colheita (Figura 5). Assim, a colheita dos frutos pode ser realizada entre 39 e 62 dias após a antese, pois representa as fases F3 e F4 de maturação dos frutos (Tabela 2).

Raju e Ezradanam (2002) relatam que os frutos crescem até dois meses após a polinização, sendo que o crescimento está concentrado entre a terceira e quinta semana após a polinização, onde inicia a maturação dos frutos sendo dividida em três fases, primeiro são verdes, mudando a coloração para amarelo e depois para preto. Mas outros autores consideram quatro fases de maturação, verde, amarelo, amarelo-preto e preto (PESSOA et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Além disso, Rizzardo (2012) observou que o crescimento dos frutos inicia após oito dias da polinização, e o crescimento destes ocorre de forma gradativa até os 40 dias, sendo que até os 50 dias ocorre a mudança da coloração do verde para o amarelo, seguido para o marrom, e aos 60 dias pode ser realizado a colheita. Assim, a maioria dos estudos considera o momento ideal para a colheita quando ocorre a conclusão da maturação na fase marrom/preta entre os 50 e 60

dias após a antese (LUO et al., 2011; NASCIMENTO, 2011; NEGUSSIE et al., 2014).

No entanto, o melhor período de maturação/colheita pode ser determinado por alguns caracteres, como tamanho, teor de água, teor de óleo, coloração, umidade das sementes, pois assim, irá indicar a maturidade fisiológica das sementes nas diferentes fases. Assim, os frutos amarelo-preto (F3) e preto (F4) são as fases ideais para colheita, devido ter obtido menores índices de umidade e maior teor de óleo em relação as outras fases. Apesar desses frutos apresentarem teor de óleo semelhante, recomenda-se a colheita na fase F3 (PESSOA et al., 2012; SANTOS et al., 2012), por apresentar menor índice de acidez de óleo, sendo que esse fator indica a deterioração do óleo, podendo prejudicar a qualidade do óleo para fins industriais (SANTOS et al., 2012).

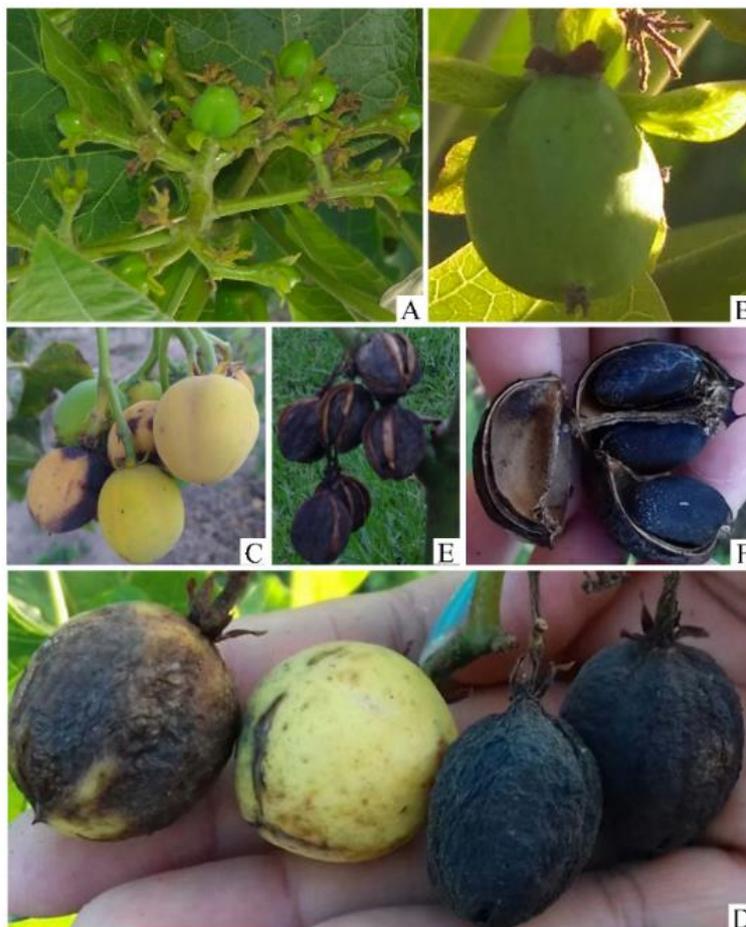


Figura 5: Fenologia do fruto de *Jatropha curcas*. A - Início da frutificação (15 dias); B - Fase 1 (fruto verde); C - Fase 1, Fase 3 e Fase 2; D - Fase 3, Fase 2 e Fase 4; E - Fase 4; F - Fruto seco com três sementes. *Fase 1 (Fruto verde), Fase 2 (Fruto amarelo), Fase 3 (Fruto amarelo-marrom), Fase 4 (Fruto preto) **Ordenado da esquerda para a direita.

Biologia reprodutiva

Houve diferença estatística entre os sistemas reprodutivos avaliados para frutificação inicial (FRI), frutificação efetiva (FRE), número de sementes por fruto (NSF), comprimento de semente (CS), peso de semente (PS) e número total de sementes (NTS) (<0,05). No entanto, não foi verificado um padrão em relação a NSF, CS e PS nos cruzamentos realizados. Assim, é possível que isso pode ter sido influenciado pela idade da planta ou método de propagação, e não necessariamente pelo tipo de polinização realizada (Tabela 3).

Tabela 3: Frutificação inicial (FRI) – Porcentagem (Número de frutos), Frutificação efetiva (FRE) – Porcentagem (Número de frutos), Número de sementes por fruto (NSF) (n), Comprimento de semente (CS) (mm), Peso de sementes (PS) (g), Número total de sementes (NTS) de dois experimentos de *Jatropha curcas*.

	TRT	FRI%	FRE%	NSF	CS	PS	NTS
Exp. 1 (4 anos)	APE	36,67 (11)c	33,33(10)c	2,00b	15,74ab	0,40c	20bc
	APM	66,67 (20)b	50(15)bc	2,13b	16,45a	0,52b	32b
	PLN	93,33 (28)a	90(27)a	2,67a	16,20ab	0,67a	72a
	PLM	73,33 (22)ab	60(18)b	2,22ab	15,65b	0,43bc	40b
	APO	10 (3)d	3,33(1)d	3,00a	15,43c	0,16c	3c
Exp.2 (1 ano)	APE	53,33 (16)b	46,67(14)b	2,36ab	15,84a	0,59ab	33b
	APM	70,00 (21)b	53,33(16)b	2,00b	15,98a	0,62a	32b
	PLN	100,00 (30)a	93,33(28)a	2,61a	15,49b	0,57b	73a
	PLM	80,00(24)ab	70(21)ab	2,29ab	15,00c	0,49c	48b
	APO	20,00 (6)c	0(0)c	-	-	-	0c

Legenda: APE: Autopolinização espontânea; APM: Autopolinização manual; APO: Apomixia; EXP.1 – Experimento 1 (4 anos de plantio e estabelecido por estaquia); EXP.2 – Experimento 2 (1 ano de plantio e estabelecido por sementes); PLM: Polinização cruzada manual; PLN: Polinização natural. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si na coluna pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade. As comparações post hoc entre os tratamentos foram realizados para cada experimento separadamente.

Em relação a frutificação (FRI/FRE) verificou-se maior índice de frutificação nos tratamentos da Polinização Natural (PLN) e menor valor para Apomixia (APO). Além disso, houve formação de frutos inclusive nas polinizações cruzadas e autopolinizações, mostrando assim, que as plantas são auto compatíveis, sendo que os insetos foram os principais vetores de polinização, visualizado pela alta taxa de polinização aberta obtida. Também não foi observado déficit de polinizadores nesse trabalho, pois não houve diferença entre os índices de PLN e PLM, assim, não seria necessário incrementar a formação de frutos pela polinização manual (Tabela 3).

O tipo de reprodução que obteve maiores valores para os caracteres avaliados foi a polinização natural tanto no experimento 01 (FRI, FRE, NSF, CS, PS e NTS) como para as plantas do experimento 02 (FRI, FRE, NSF e NTS), seguido de polinização cruzada manual (Exp 01: FRI, NSF; Exp 02: FRI, FRE e NSF), autopolinização espontânea (Exp 01: CS; Exp 02: NSF, CS e PS) e autopolinização manual (Exp 01: CS; Exp 02: CS e PS). A semelhança e a diferença entre os tratamentos são visualizadas na Tabela 03.

Verificou-se que a porcentagem de frutificação (FRE) obteve resultados semelhantes entre APE, APM e PLM. Além disso, acredita-se que *J. curcas* não é uma planta apomítica, pois não houve frutificação efetiva nas plantas do experimento 2, e quando formou frutos (Exp. 1: 3,33%), as sementes formadas eram de baixa qualidade (CS: 15.43mm; PS: 0.16g), em relação aos outros cruzamentos. Assim, não é considerada uma forma de reprodução eficaz para a planta, pois provavelmente essas sementes não irão apresentar alta taxa de germinação e conseqüente desenvolvimento da planta. Além disso, estas sementes apresentaram menor comprimento, menor peso e menor número total de sementes em relação aos outros cruzamentos (Tabela 03).

Esse resultado da maior taxa de frutificação de polinização natural adicionado ao padrão encontrado de abertura das inflorescências, com maior ocorrência de protândria, disposição das flores nas inflorescências, maior quantidade de flores masculinas, a atividade dos polinizadores e ter flores masculinas e femininas abertas no mesmo tempo nas inflorescências/plantas são características importantes para garantir a polinização da espécie, especialmente cruzada.

Os resultados obtidos estão em conformidade com os dados encontrados na literatura, onde a frutificação nas polinizações artificiais (APM e PLM) não difere entre si (PAIVA NETO et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012). Este resultado corrobora os de Singh et al. (2010), onde obtiveram índice de frutificação semelhante, no qual, PLM obteve 49,18% e APM 40,52% de sucesso reprodutivo. No entanto, de acordo com os dados da literatura, há maior frutificação em relação ao presente estudo, onde geralmente, as maiores frequências são das polinizações cruzadas manuais variando entre 82 e 96%, seguido da autopolinização manual variando entre 77 e 90,5% (RAJU E

EZRADANAM, 2002; JUHÁSZ et al., 2009; PAIVA NETO et al., 2010; KAUR et al., 2011; NEGUSSIE et al., 2014).

No entanto, verificou-se resultados semelhantes da autopolinização espontânea (APE) aos das polinizações artificiais (APM e PLM). Fato diferente do observado por outros trabalhos, onde APE apresenta menor sucesso reprodutivo que APM e PLM (ABDELGADIR et al., 2009; NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013) e o sucesso reprodutivo por esse mecanismo de reprodução é baixo e geralmente varia entre 3 e 42% (JUHÁSZ et al., 2009; NASCIMENTO, 2011; SAMRA et al., 2014; RINCÓN-RABANALES et al., 2016). Verificou-se em outros estudos que a autofecundação espontânea apresentou menor frutificação, menor peso de frutos e sementes em relação a polinização aberta e polinizações artificiais - cruzada e autopolinização (RIZZARDO, 2012; ROMERO E QUEZADA-RUAN, 2013).

Alguns autores relatam que a autopolinização espontânea é rara de ocorrer devido a separação espacial das inflorescências. Assim, quando ocorre formação de frutos em APE (ABDELGADIR et al., 2009), é devido a ação da força do vento nas inflorescências ensacadas podendo ocorrer a polinização. Mas, apesar da espécie ser auto compatível, ela ainda depende dos polinizadores para maior formação de frutos (NASCIMENTO, 2011).

Resultados semelhantes foram observados em outros experimentos, relatando a ausência da formação de frutos por apomixia em outras espécies de *Jatropha* (SANTOS et al., 2005; PAIVA NETO et al., 2010) e em *J. curcas* (NASCIMENTO, 2011). Também verificaram-se em diferentes estudos com *J. curcas*, baixa frutificação variando entre 2,5% e 37% para apomixia (JUHÁSZ et al., 2009; KAUR et al., 2011; NIETSCHE et al., 2014; RINCÓN-RABANALES et al., 2016) com sementes mais leves (NIETSCHE et al., 2014; RINCÓN-RABANALES et al., 2016) e pequena formação de sementes férteis (LUO et al., 2012; RINCÓN-RABANALES et al., 2016) em relação aos outros cruzamentos. Nesse sentido, devido à baixa frutificação por apomixia, é provável que os abortos que ocorreram são devido a incompatibilidade, pois não é um sistema de reprodução eficaz para a espécie em estudo, como observado por Rincón-Rabanales et al. (2016), que relataram a formação de cinco frutos por apomixia, com vingamento de apenas um fruto.

No presente estudo, a polinização natural (PLN), obteve sucesso reprodutivo (FRE - Experimento 2) semelhante a PLM. Entretanto, alguns estudos relataram que PLN e PLM também não diferem de APM (NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012; NEGUSSIE et al., 2014; NEGUSSIE et al., 2015). O índice de frutificação por esse método pode ser média/alta e variar entre 53 e 94% (KAUR et al., 2011; BRASILEIRO et al., 2012; RIZZARDO, 2012; SAMRA et al., 2014) devido a capacidade dos insetos, principalmente abelhas, visitarem várias flores e assim pode realizar a polinização cruzada e autopolinização. No entanto, Kaur et al. (2011) relataram maior frequência de PLM (96%), em relação a PLN (79,2%) e APM (72,2%), verificando, assim, a variação entre os trabalhos referente a frutificação. No entanto, quando o valor de PLM é superior ao de PLN caracteriza-se o déficit de polinizadores, fato este não encontrado no presente trabalho.

Os frutos que foram considerados abortados ocorreram entre o período que consiste a FRI e FRE, assim, os maiores índices de abortos ($x = FRE - FRI$) foram verificados nos cruzamentos manuais (Autopolinização manual e Polinização cruzada manual) e Apomixia nos dois experimentos avaliados (Tabela 3). As maiores taxas de abortos foram verificadas para autopolinização manual (experimento 01: 16,67%; experimento 02: 16,63%) e polinização cruzada manual (experimento 01: 13,33% e experimento 02: 10%).

A taxa de aborto ocorreu principalmente nas polinizações artificiais, isso pode estar relacionado com o relato de Raju e Ezradanam (2002) onde, a formação dos frutos se inicia logo após a fertilização, mas, há casos que os frutos iniciam o desenvolvimento, ocorrendo em seguida o aborto. O aborto pode ser um processo de incompatibilidade tardia, que pode ser confirmada pela análise do crescimento de tubo polínico no pistilo (KIILL E COSTA, 2003) ou a divergência genética das linhagens/incompatibilidade genética das linhagens, problemas fisiológicos da planta e ação de insetos herbívoros, também devem ser levados em consideração (SILVA et al., 2007).

No entanto, na maioria dos estudos não foram observados abortamento nos testes de polinização (JUHÁSZ et al., 2009; PAIVA NETO et al., 2010), provavelmente por não terem isso como objeto de avaliação. Raju e Ezradanam (2002) verificaram ausência do aborto em frutos provenientes de polinização cruzada manual e 23% de abortamento de autopolinização manual.

Assim, verifica-se que há produção de frutos pelos sistemas de reprodução estudados em outros estudos, polinização natural (PLN), polinização cruzada manual (PLM), autopolinização espontânea (APE) e manual (APM), sendo que os insetos são os principais vetores de polinização (NASCIMENTO, 2011; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013). Além disso, foi observado por alguns autores em *J. curcas*, *J. mollissima* e *J. mutabilis* que o vento não é um vetor eficaz para polinização (SANTOS et al., 2005; NASCIMENTO, 2011), devido a capacidade de aderência do pólen, peso, pequeno estigma, excreção de néctar e grande quantidade de pólen (LUO et al., 2007a).

Não foi observado déficit de polinizadores em nosso trabalho, corroborando os dados de Nascimento (2011), onde não foi observada diferença entre os índices de polinização natural e da polinização cruzada manual, assim, não há déficit polinizadores na planta estudada. Dessa forma, devido a eficácia da polinização pelos insetos, não seria necessário incrementar a formação de frutos pela polinização manual no presente estudo.

Devido ao fato de *J. curcas* ser considerada uma planta promissora para o biodiesel a mesma tem sido avaliada por seus caracteres vegetativos e reprodutivos, e para formar novas plantas utiliza-se os sistemas de reprodução para objetivos específicos, a PLN (obter populações meio-irmãos), APM e APE (Obter linhagens puras), PLM (sistema dialélico – formar híbridos com caracteres de interesse em um grupo específico). Assim, caso o objetivo for a maior quantidade de número de sementes por planta, o cruzamento recomendado é a polinização natural.

Visitantes florais

Em relação aos insetos visitantes florais, foram contabilizadas 9.069 visitas, executadas por insetos de quatro ordens, 12 famílias e 17 espécies. A ordem que mais visitou flores foi Hymenoptera (99,59%), onde as famílias mais frequentes foram Formicidae (79,94%) e Apidae (16,44%). No presente estudo, verificou-se maior frequência de visitação de formigas da espécie *Crematogaster victima* Smith, 1858 (14,56%), *Dorymyrmex biconis* Forel, 1912 (50,46%), *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855) (7,82%), *Camponotus blandus* (Smith, 1858) (6,65%) em

relação as outras espécies, onde estas foram consideradas comuns, constantes, dominantes e tendo sido observadas coletando néctar (Tabela 4).

As abelhas são os principais visitantes florais, além de serem o grupo mais efetivo para a polinização em relação aos outros grupos observados (Tabela 4). Isso ocorre principalmente por dependerem da coleta de recursos florais para sobrevivência (néctar, pólen e óleos), e para coleta/transporte de cada recurso é utilizado estruturas especializadas. Um dos recursos coletados pelas abelhas é o pólen (gameta masculino das plantas), utilizado em sua dieta alimentar. No entanto, a polinização geralmente ocorre nos insetos com pilosidade, pois o corpo fica repleto de pólen (SILVA et al., 2014).

Todas as espécies observadas no presente estudo visitaram as flores estaminadas (Tabela 4), sendo que algumas visitaram de forma constante as flores pistiladas e estaminadas (*Nannotrigona testaceicornis* (LEPELETIER, 1836), *Trigona spinipes* (FABRICIUS, 1793), *Partamona helleri* (FRIESE, 1900), *Scaptotrigona xanthotricha* Moure, 1950, *Augochloropsis* sp. 1, *Apis mellifera scutellata* Lepelletier, 1836, Pompilidae sp. 1, Diptera sp. 1) e outras a visita nas flores pistiladas ocorreu de forma esporádica (*C. victima*, *D. biconis*, *P. termitarius*, *C. blandus*, Diptera sp. 2, Tenebrionidae sp. 1).

Todas as espécies foram observadas no primeiro dia da flor, porém apenas as formigas visitaram no segundo dia de forma rara. Apesar das formigas serem as espécies mais constantes nesse estudo (Tabela 4), estas apresentam comportamento de pilhagem e polinização acidental (*C. victima* e *D. biconis*), mas podem ser considerados polinizadores complementares, com menor eficácia em comparação às abelhas. A polinização por formigas ocorria apenas quando estavam em grande quantidade na inflorescência, pois são indivíduos pequenos, dessa forma, podem realizar a autopolinização (geitonogamia), relatado também por Raju e Ezradanam (2002) e Palupi et al. (2014).

A abundância de visita de formigas em *J. curcas*, foi observada em outros estudos (RAJU E EZRADANAM, 2002; RIANI et al., 2010; SAMRA et al., 2014), no entanto, as abelhas são mais efetivas para polinização em *J. curcas* (SAMRA et al., 2014).

Tabela 4: Número de indivíduos (N), frequência relativa % (FR), abundância (AB), constância (C), dominância (D), recursos coletados (RC), classificação (CL) que os visitantes florais foram coletados em *Jatropha curcas*.

TAXON	N	FR	AB	C	D	RC	CL
Coleoptera/Cerambycidae	2	0,02	-	-	-	-	-
Cerambycidae sp1	2	0,02	RR	AC	ND	FL, NC	PI
Coleoptera/Chrysomelidae/Bruchinae	2	0,02	-	-	-	-	-
Bruchinae sp1	1	0,01	RR	AC	ND	NC, FR	PI
Bruchinae sp2	1	0,01	RR	AC	ND	NC, FR	PI
Coleoptera/Curculionidae	5	0,05	-	-	-	-	-
Curculionidae sp1	1	0,01	RR	AC	ND	FR	PI
Curculionidae sp2	1	0,01	RR	AC	ND	FR	PI
Curculionidae sp3	2	0,02	-	AC	ND	FR	PI
Curculionidae sp4	1	0,01	RR	AC	ND	FR	PI
Coleoptera/Tenebrionidae	1	0,01	RR	-	-	-	-
Tenebrionidae sp1	1	0,01	RR	AC	ND	FL, FR	PI
Diptera	22	0,24	-	-	-	-	-
Diptera sp1	21	0,23	RR	AC	ND	NC	PI
Diptera sp2	1	0,01	RR	AC	ND	NC	PI
Hymenoptera/Apidae/Apinae/Apini	31	0,34	-	-	-	-	-
<i>Apis mellifera scutellata</i> Lepeletier, 1836	31	0,34	RR	AC	ND	NC, P	PO
Hymenoptera/Apidae/Apinae/Meliponini	1460	16,10	-	-	-	-	-
<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier, 1836	13	0,14	RR	AC	ND	NC, P	PO
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	749	8,26	CM	CO	DO	NC, P	PE
<i>Partamona helleri</i> (Friese, 1900)	107	1,18	DS	AS	ND	NC	PO
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i> Moure, 1950	207	2,28	DS	AS	ND	NC, P	PO
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	384	4,24	DS	CO	DO	NC, R	PE
Hymenoptera/Braconidae	5	0,05	-	-	-	-	-
Braconidae sp1	5	0,05	RR	AC	ND	NC	PI
Hymenoptera/Formicidae/Myrmicinae	1361	15,01	-	-	-	-	-
<i>Crematogaster victima</i> Smith, 1858	1320	14,56	CM	CO	DO	NC	PA
<i>Pheidole obscurithorax</i> Naves, 1985	41	0,45	RR	AC	ND	NC	PI
Hymenoptera/Formicidae/Dolichoderinae	4576	50,46	-	-	-	-	-
<i>Dorymyrmex biconis</i> Forel, 1912	4576	50,46	CM	CO	DO	NC	PA
Hymenoptera/Formicidae/Pseudomyrmecinae	709	7,82	-	-	-	-	-
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	709	7,82	CM	CO	DO	NC	PI
Hymenoptera/Formicidae/Formicinae	603	6,65	-	-	-	-	-
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)	603	6,65	CM	CO	DO	NC	PI
Hymenoptera/Halactidae/Halactinae	101	1,12	-	-	-	-	-
<i>Augochloropsis</i> sp1	63	0,70	RR	AS	ND	NC, P	PO
<i>Augochloropsis</i> sp2	38	0,42	RR	AS	ND	NC	PO
Hymenoptera/Pompilidae	118	1,30	-	-	-	-	-
Pompilidae sp1	118	1,30	DS	CO	ND	NC, P	PA
Hymenoptera/Vespidae	67	0,74	-	-	-	-	-
Vespidae sp1	9	0,10	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp2	9	0,10	RR	AC	ND	NC, P	PI
Vespidae sp3	9	0,10	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp4	16	0,18	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp5	2	0,02	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp6	4	0,04	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp7	6	0,07	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp8	5	0,05	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp9	1	0,01	RR	AC	ND	NC	PI
Vespidae sp10	6	0,07	RR	AC	ND	NC	PI
Lepidoptera/Lycaenidae	6	0,07	-	-	-	-	-
Lycaenidae sp1	6	0,07	RR	AC	ND	NC	PI
TOTAL (37sp)	9069	100%	-	-	-	-	-

Legenda: AC: Acidental; AS: Acessória; CM: Comum; CO: Constante; DO: Dominante; DS: Dispersa; FL: Flor; FR: Fruto; NC: Néctar; ND: Não dominante; P: Pólen; PA: Polinizador acidental; PE: Polinizador efetivo; PO: Polinizador ocasional; PI: Pilhador; R: Resina; RC: Recurso coletado; RR: Rara.

Entretanto, as formigas podem auxiliar na polinização, pois tinham pólen no corpo e tocava as estruturas reprodutivas de *J. curcas*, corroborando dados da literatura, onde testes de reprodução foram realizados e foi verificada frutificação baixa/média mediada por esses insetos, os quais podem ser considerados importantes polinizadores (LUO et al., 2012; SAMRA et al., 2014). Além disso, Samra et al. (2014), verificaram maior atividade de formigas à tarde do que na manhã em *J. curcas* diferente do encontrado nesse trabalho.

Além das relações mutualísticas de polinização observadas, houve também relações antogonísticas, desde pilhagem de pólen e néctar, até a predação do caule, flores, pétalas, frutos e sementes, principalmente pelas espécies de Coleoptera e Blattodea (Isoptera). Além disso, o presente estudo corrobora com os dados da literatura, onde verificaram pilhadagem por Formicidae, Diptera e Vespidae (BHATTACHARYA et al., 2005; ATMOWIDI et al., 2008; RIANI et al., 2010; RINCÓN-RABANALES et al., 2016) e outros estudos observaram indivíduos de Coleoptera realizando pilhagem e comportamento antagônico, podendo causar o aborto floral (BHATTACHARYA et al., 2005; ATMOWIDI et al., 2008; NEGUSSIE et al., 2013). Outro comportamento observado foi a coleta de resina por *T. spinipes* por raspagem no caule e frutos, podendo danificar o caule de *J. curcas*.

A síndrome correspondente às abelhas (melitófilia) é a mais conhecida, pois elas são os principais polinizadores das culturas, correspondendo a mais de 50% da polinização das florestas tropicais (SILVA et al., 2014). Assim, foi observado que a maioria dos gêneros ou espécies das abelhas coletadas são considerados polinizadores comuns por já ter sido registrados como visitantes e/ou polinizadores em outras espécies vegetais. Dessa forma, estudos listaram os principais polinizadores brasileiros onde foram relatadas as abelhas *Partamona* sp., *Melipona* sp., *Trigona* sp., *T. spinipes*, *A. mellifera scutellata*, *M. quadrifasciata anthidioides*, *S. xanthotricha*, *N. testaceicornis* e *Scaptotrigona* sp. (VENTURIERI et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Em estudos de visitantes florais no estado da Bahia, verificaram que a maioria das espécies observadas em *J. curcas*, foram observados como visitantes florais em outras plantas (Tabela 4), como *P. helleri*, *A. mellifera scutellata*, *N. testaceicornis*, *T. spinipes*, *M. quadrifasciata*, *Augochloropsis spp.*, *Scaptotrigona sp.* (MACHADO E CARVALHO, 2006; AZEVEDO et al., 2007; COSTA et al., 2008; CARVALHO et al., 2009). Além disso, as espécies que *N. testaceicornis* e *T. spinipes* foram considerados polinizadores de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Fabaceae) (CARVALHO et al., 2009), *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) (MACHADO E CARVALHO, 2006), e *Cajanus cajan* (L) Hunth. (Fabaceae) (AZEVEDO et al., 2007).

As principais abelhas visitantes de *Jatropha mutabilis* e *mollissima* foram *T. spinipes* e *A. mellifera scutellata* (SANTOS et al., 2005; NEVES et al., 2011). Mas em relação a classificação das abelhas, Santos et al. (2005) consideraram como polinizadores ocasionais em *J. mutabilis* e efetivos para *J. mollissima*. Neves et al. (2011) considerou *A. mellifera scutellata* como polinizadora efetiva nas duas espécies e Neves e Viana (2011) confirmaram a eficácia de polinização de *A. mellifera scutellata* para as espécies vegetais citadas por testes de reprodução por visitas apenas dessas abelhas, sendo que obtiveram sucesso entre 85 e 100% para uma visita dessa abelha.

As abelhas sem ferrão (Apinae/Meliponini) foram consideradas polinizadoras no presente estudo, sendo mais frequentes (exceto *M. quadrifasciata anthidioides*) em relação à *A. mellifera scutellata*. Observa-se na literatura que *A. mellifera scutellata* já foi considerada polinizadora dessa cultura (ATMOWIDI et al., 2008; RIANI et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; NEGUSSIE et al., 2013), além de ser responsável por auxiliar na formação de frutos de *J. curcas* (RIZZARDO, 2012; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013; SAMRA et al., 2014). Esse fato divergente está relacionado à presença de meliponários à 100m de distância da área de estudo e ausência de fragmentos florestais na proximidade, interferindo na abundância de *A. mellifera scutellata*.

Em estudos realizados de *Jatropha curcas* no Brasil, foram verificados visitantes florais diferentes dos ambientes mexicanos (RINCÓN-RABANALES et al., 2016) onde se sobressaem *T. spinipes* (NASCIMENTO, 2011; RIZZARDO, 2012), *M. quadrifasciata*, *Schwarziana quadripunctata* (Lepeletier, 1836),

Cephalotrigona sp. e *Augochloropsis* spp. Em território brasileiro, além de *A. mellifera scutellata*, apenas duas abelhas sem ferrão (*T. spinipes* e *Cephalotrigona* sp.) foram consideradas polinizadores efetivos da cultura (NASCIMENTO, 2011). Assim, esse é o primeiro relato da eficácia de polinização de *N. testaceicornis* em *Jatropha curcas*.

Foi observado comportamento de agressividade e expulsão apenas para Pompilidae sp1 com disputa territorial de indivíduos da mesma espécie, encontrando, dessa forma, apenas um indivíduo por planta. Soma-se a isso, quando presente na planta, não foram encontradas outras espécies aladas. Outro ponto importante que estas espécies, além de visitarem muitas flores estaminadas, eram as principais responsáveis pela queda dessas flores, visto que utilizam muita ferocidade para coletar o néctar dessas flores. Esse comportamento de competição alimentar ainda não tinha sido relatado na literatura para visitantes florais de *J. curcas*.

Situação similar de agressividade de espécies visitantes foi encontrada por Brizola-Bonancina et al. (2012) em *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. (Melastomataceae), observado para *T. spinipes* em relação a presença de *A. mellifera scutellata*, cuja atividade agressiva foi realizada para defender a coleta de alimento. Provavelmente, esse pode ter sido o principal motivo para a queda de atividade de *A. mellifera scutellata* quando *T. spinipes* estava frequentando as flores (entre 13 e 14h) em relação ao horário entre 06 e 07h (maior atividade de *A. mellifera scutellata*).

No presente estudo, a diversidade estimada pelo índice de Shannon (H') foi de 1.74, e a equitatividade, estimada pelo índice de Pielou (J) foi de 0.48. Os índices estão relacionados à predominância de algumas espécies em relação ao total de indivíduos. Assim, em trabalhos realizados com visitantes florais de *J. curcas* o índice H' foi 1.05 e o índice J foi 0.42 (NASCIMENTO, 2011), *Bixa orellana* com índice H' de 1.58 e índice J de 0.51 (COSTA et al., 2008), em *Helianthus annuus* verificou-se índice H' de 1.34 e índice J de 0.41 (MACHADO E CARVALHO, 2006). Os índices de diversidade e equitatividade são considerados baixos devido a uma baixa diversidade e dominância de apenas uma espécie em relação a comunidade de visitantes florais coletados (GUIMARÃES et al., 2009), fato não observado nesse trabalho.

Em relação a atividade dos insetos visitantes florais, o pico de atividade foi entre 10 e 13h, o pico de atividade das abelhas foi entre as 06 e 07h, e o pico das formigas foi entre 12 e 13h. Após o horário de pico, a abundância dos visitantes diminuiu até alcançar valores quase nulos. A maior atividade dos insetos, e de formigas, ocorreu com maior temperatura e menor umidade, e a maior taxa de abelhas ocorreu no período com menor temperatura e maior umidade (Figura 06).

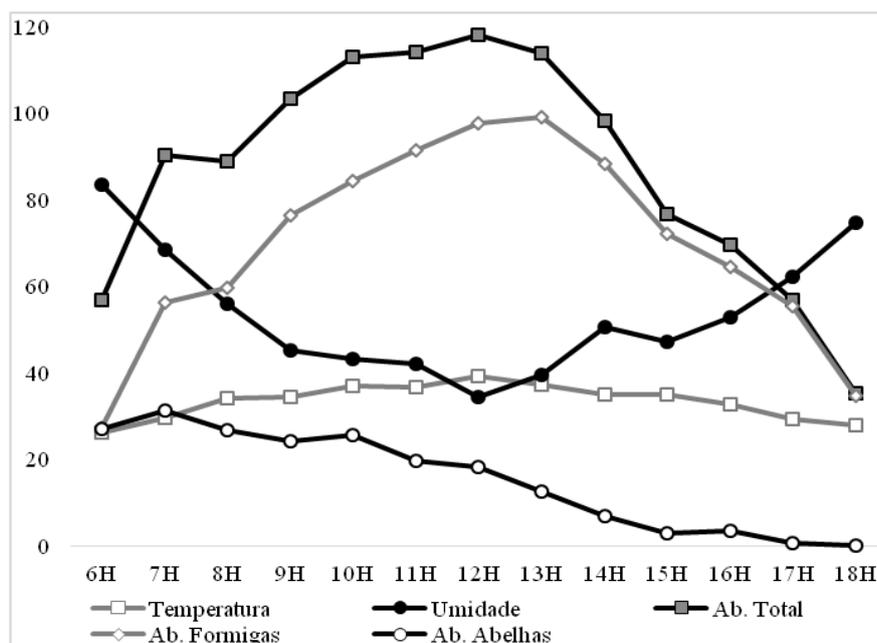


Figura 06: Distribuição do número de visitantes florais (abundância total, abundância de formigas e abundância de abelhas) associados ao horário, temperatura e umidade em flores de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae).

Em relação ao forrageamento de abelhas mais abundantes visualizado na Figura 07, a abelha *N. testaceicornis* visita entre 06 e 18h (pico entre 10 e 12h), *T. spinipes* visita entre 06 e 16h (pico às 06h) e *S. xanthotricha* visita entre 06 e 14h (pico entre 09 e 10h). Em relação a atividade das formigas, verificou-se que *D. biconis* visita entre 06 e 18h (pico entre 12 e 14h), *Crematogaster* sp1 visita entre 06 e 18 (pico às 07h e entre 11 e 12h), *P. termitarius* visita entre 06 e 18 (pico entre 12 e 13h), *C. blandus* visita entre 06 e 18 (pico às 13h).

O presente estudo está de acordo com Rincón-Rabanales et al. (2010), onde verificaram a antese na manhã, sendo um padrão para atração de insetos, além disso, há maior forrageamento no período matutino em relação ao vespertino, e apresentar maior disponibilidade de pólen e néctar. Alguns autores relatam que a polinização de espécies de *Jatropha* ocorre no período da manhã

(RAJU E EZRADANAM, 2002; PAIVA NETO, 2010), com maior atividade das abelhas entre as 06 e 12h em *J. curcas* (ATMOWIDI et al., 2008; RIANI et al., 2010; LUO et al., 2011; ROMERO E QUEZADA-EUÁN, 2013). Em *J. mollissima* e *J. mutabilis* a maior atividade ocorre entre 05 e 11h (SANTOS et al., 2005; NEVES et al., 2011). Além disso, Samra et al. (2014) verificaram maior atividade de formigas à tarde do que na manhã em *J. curcas*, diferente do encontrado nesse trabalho.

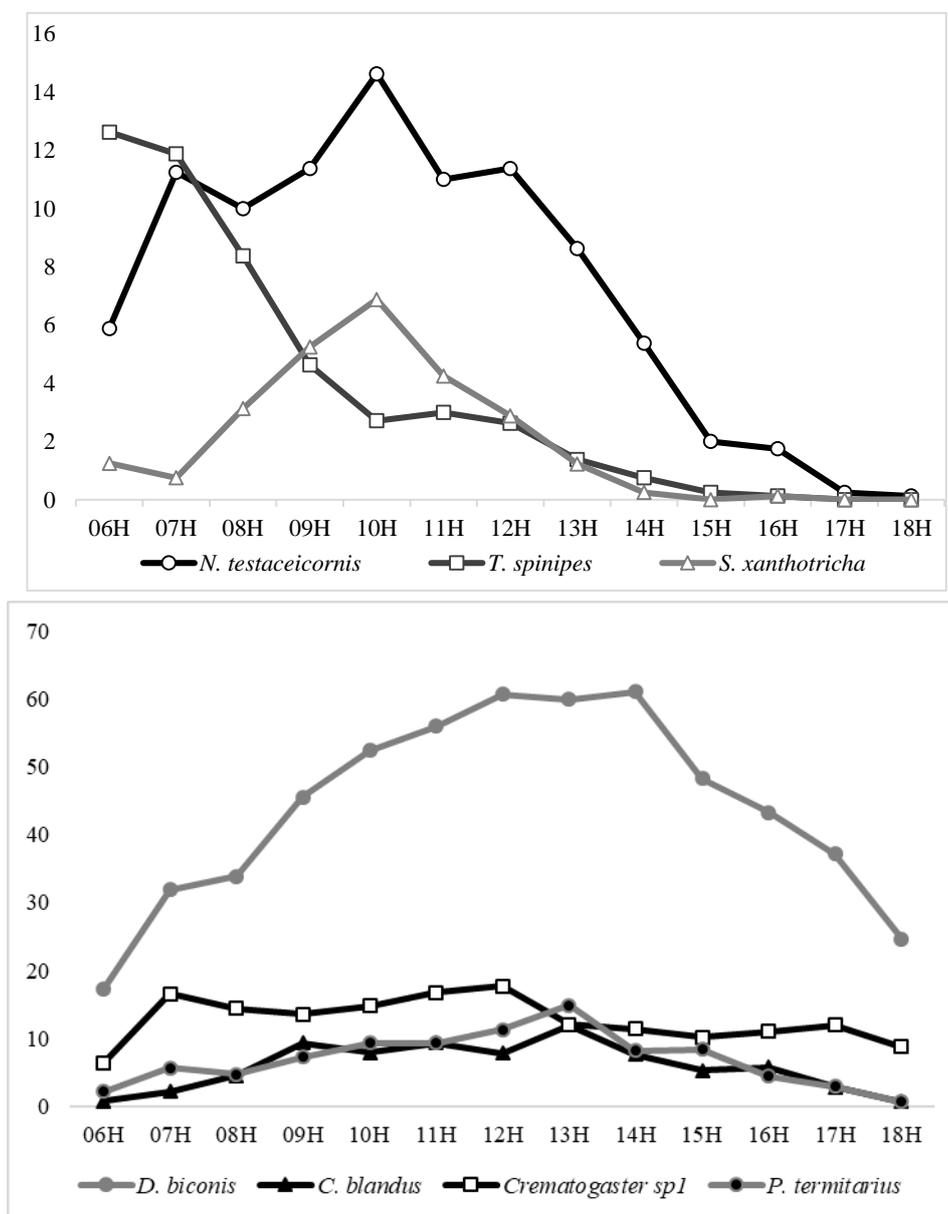


Figura 07: Distribuição do número de formigas e abelhas visitantes florais (associados ao horário flores de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae).

A atividade dos insetos está relacionada com a morfologia floral e oferta de recursos, sendo que as flores estaminadas são as flores mais visitadas pelos insetos, principalmente por oferecer néctar e pólen em comparação com as pistiladas que oferecem apenas néctar. Percebe-se que há alta frequência de visita dos insetos no período de deiscência do pólen (08 e 10h), e diminui no período que caracteriza a perda de viabilidade floral (após as 13h). A abundância dos visitantes está correlacionada com os fatores abióticos, principalmente temperatura e umidade, visualizada na Tabela 05.

Tabela 5: Correlação de Spearman entre fatores abióticos (temperatura e umidade) entre abundância total, polinizadores efetivos e ocasionais de *Jatropha curcas* L.

Polinizadores	Temperatura	Umidade
Abundância total	0.22*	-0.27*
<i>Apis mellifera scutellata</i>	-0.14	0.19
<i>Augochloropsis</i> sp1	0.08	0.04
<i>Augochloropsis</i> sp2	0.03	0.07
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	0.47**	-0.41**
<i>Partamona helleri</i>	-0.10	0.10
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	0.31**	-0.44**
<i>Trigona spinipes</i>	-0.12	0.16

A associação dos fatores abióticos foi confirmada pela correlação positiva entre temperatura e abundância (total, abelhas e formigas) e duas das abelhas mais abundantes (*N. testaceicornis* e *S. xanthotricha*) e negativa para umidade e abundância (total e formigas) e abelhas *N. testaceicornis* e *S. xanthotricha*. Dessa forma, quanto maior a temperatura, maior a abundância (total, abelhas e formigas) e maior número das abelhas correlacionadas, porém, quanto maior a umidade, menor será os valores de abundância (total e formigas) e das espécies de abelhas correlacionadas (Tabela 5).

No presente trabalho, foram obtidos resultados contraditórios (Tabela 5) ao observado por Rianti et al. (2010), onde relataram que a temperatura não influencia na comunidade dos insetos em *J. curcas*. Com base no exposto, verifica-se que a influência dos fatores abióticos varia entre ambientes, períodos, comunidade e plantas estudadas, o que comprova a necessidade de estudos adicionais em culturas agrícolas sobre a influência da temperatura, umidade, luminosidade e composição do solo na estrutura dessas inter-relações.

Outro fator importante é a presença de mata nativa nas proximidades das culturas, pois geralmente os pomares mais próximos de florestas apresentam

maior produção de frutos e produtividade de sementes, garantido pela presença do polinizador na área. Assim, no estudo de Romero e Quezada-Euan (2013) verificaram correlação positiva entre proporção de florestas e comunidades de abelhas sem ferrão, fato não observado para *A. mellifera scutellata*, pois, acreditam que as abelhas da tribo Meliponini dependem da floresta, pois necessitam de cavidades para nidificação e obtenção de recursos nas flores. Assim, os autores relataram que as paisagens nos arredores de culturas são importantes, estando relacionados com a maior quantidade de abelhas. Esse fator é importante, pois a maior taxa de frutificação obtido foi de polinização aberta e cruzada. Apesar de muitos estudos sugerirem diversas formas de obter maior eficácia na frutificação, um dos fatores que limitam é a forma de polinização.

CONCLUSÃO

A antese das flores de *Jatropha curcas* L. ocorre nas primeiras horas da manhã (♂: 05-06h; ♀:07-08h), sendo que a deiscência do pólen ocorre entre as 08 e 10h. Houve a frutificação em todos os sistemas de reprodução testados, comprovando a compatibilidade nas flores e ausência do déficit de polinizadores. As polinizações abertas formam maior quantidade de frutos e sementes.

Dentre os visitantes florais, as abelhas *Nannotrigona testaceicornis* e *Trigona spinipes* foram considerados os polinizadores efetivos, sendo responsáveis pela polinização da espécie. A espécie *N. testaceicornis* pode ser utilizada para potencializar a produção, pois foram consideradas efetivas, e por sua facilidade de manejo com ninhos artificiais. O pico de visitantes ocorre entre 10 e 13h, abelhas entre 06 e 07h e formigas entre 12 e 13h. Houve correlação positiva entre temperatura e abundância (total, abelhas e formigas) e duas abelhas abundantes (*N. testaceicornis* e *S. xanthotricha*) e negativa entre umidade e abundância (total e formigas) e as abelhas *N. testaceicornis* e *S. xanthotricha*. Mediante as observações os melhores horários para realizar os cruzamentos são entre as 08 e 10h, pois além de ser o período da deiscência do pólen, apresentava viabilidade da antera, receptividade do estigma e frequência de abelhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELGADIR, H. A.; JOHNSON, S.D.; VAN STADEN, J. Pollinator effectiveness, breeding system, and tests for inbreeding depression in the biofuel seed crop, *Jatropha curcas*. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.84, n.3, p.319-324, 2009.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C.I.; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A.M.P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v.67, n.2, p.295-307, 2016.
- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- ATMOWIDI, T.; RIYANTI, P.; SUTRISNA, A. Pollination effectiveness of *Apis cerana* Fabricius and *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) in *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Biotropia**, v.15, n.2, p.129-134, 2008.
- AZEVEDO, R.L.; CARVALHO, C.A.L.; PEREIRA, L.L.; NASCIMENTO, A.S. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores do feijão guandu no Recôncavo Baiano, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1453–1457, 2007.
- BAILIS, R.; MCCARTHY, H. Carbon impacts of direct land use change in semiarid woodlands converted to biofuel plantations in India and Brazil. **Global Change Biology (GCB) – Bioenergy**, v.3, n.6, p.449-460, 2011.
- BHATTACHARYA, A.; DATTA, K.; DATTA, S.K. **Floral Biology, Floral Resource Constraints and Pollination Limitation in *Jatropha curcas* L.** **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.8, n.3, p.456-460, 2005.
- BRASILEIRO, B.G.; DIAS, D.C.F.S.; BHERING, M.C.; DIAS, L.A.S. Floral biology and characterization of seed germination in physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.4, p.556-562, 2012.
- BRASILEIRO, B.P.; SILVA, S.A.; SOUZA, D.R.; SANTOS, P.A.; OLIVEIRA, R.S.; LYRA, D.H. Genetic diversity and selection gain in the physic nut (*Jatropha curcas*). **Genetics and Molecular Research**, v.12, n.3, p.2341-2350, 2013.
- BRIZOLA-BONANCINA, A.K.; ARRUDA, V.M.; ALVES-JUNIOR, V.V.; CHAUDNETTO, J.; POLATTO, L.P. Bee Visitors of Quaresmeira Flowers (*Tibouchina*

Granulosa Cogn.) in the Region of Dourados (MS-Brasil). **Sociobiology**, v.59, n., p.1-15, 2012.

CARVALHO, C.A.L.; OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, M.M.; SANT'ANNA, Y.P.; MACHADO, C.S. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de gliricídia no recôncavo baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.606-610, 2009.

COSTA A. J. C., GUIMARÃES-DIAS, F.; PEREZ-MALUF, R. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores de urucum em Vitória da Conquista, BA. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.534–537, 2008.

CRUDEN, R.W. Pollen-ovule ratio: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, v.31, n.1, p.32-46, 1977.

DAFNI, A. **Pollination Ecology: A Practical Approach**. New York: Oxford University Press, 1992. 250p.

DIAS, L.A.S.; MISSIO, R.F.; DIAS, D.C.F.S. Antiquity, botany, origin and domestication of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae), a plant species with potential for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research - GMR**, v.11, n.3, p.2719-2728, 2012.

DOMICIANO, G.P.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; ALBRECHT, J.C. Analysis of morpho-agronomic and climatic variables in successive agricultural years provides novel information regarding the phenological cycle of *Jatropha* in conditions of the Brazilian cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, v.4, p.1985-1998, 2014.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.6, n.43, 2011.

FABRICIUS, J.C. **Entomologia systematica emendata et aucta, secundum classes, ordines, genera, species, adjectis synonymis, locis, observationibus, descriptionibus**. Hafniae: C. G. Proft, vol. 2, 1793. 519p.

FRIESE, H. Neue Arten der Bienengattungen *Melipona* Ill. und *Trigona* Jur. **Természetrzaji Füzetek**, v.23, p.381-394, 1900.

FOREL, A. Formicides néotropiques. Part V. 4me sous-famille Dolichoderinae Forel. **Mémoires de la Société Entomologique de Belgique**, v. 20, p. 33-58,

1912.

GUIMARÃES, R.A.; PÉREZ-MALUF, R.; CASTELLANI, M.A. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores da goiaba em pomar comercial de Salinas, MG. **Bragantia**, v. 68, n. 1, 2009.

GOUVEIA, E.J.; ROCHA, R.B.; LAVIOLA, B.G.; RAMALHO, A.R.; FERREIRA, M.G.R.; DIAS, L.A.S. Aumento da produção de grãos de pinhão-mansão pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1541-1545, 2012.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v.4, n.1, p.1-9, 2001.

HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L.**: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 66p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em: 15. Mai, 2018.

JUHÁSZ, A.C.P.; PIMENTA, S.; SOARES, B.O.; MORAIS, D.L.B.; RABELLO, H.O. Biologia floral e polinização artificial de pinhão-mansão no norte de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB**, v.44, n.9, p.1073-1077, 2009.

KAUR, K.; DHILLON, G.P.S.; GILL, R.I.S. Floral biology and breeding system of *Jatropha curcas* in North-Western India. **Journal of Tropical Forest Science**, v.23, n.1, p.4-9, 2011.

KIILL, L. H. P.; COSTA, J. G. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. **Ciência Rural**, v.33, p.851-856, 2003.

LEPELETIER, A.L.M. **Histoire Naturelle des Insectes- Hyménoptères**. Vol.1. Paris: Roret, 1836, 547p.

LUCENA, A.M.A.; VASCONCELOS, G.C.L.; MEDEIROS, K.A.A.L.; MEDEIROS, N.I.; MEDEIROS, O.S.; ARRIEL, N.H.C. Características morfológicas de peças reprodutivas de acessos de *Jatropha curcas* L. **Scientia Plena**, v.10, n.4, p.1-9, 2014.

- LUO, C.; LI, K.; CHEN, Y.; SUN, Y. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. **Forestry Studies in China**, v. 9, n. 2, p. 114-119, 2007a.
- LUO, C. W., LI, K.; CHEN, Y.; SUN, Y.Y.; YANG, W.Y. Pollen viability, stigma receptivity and reproductive features of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica**, v.27, n.10, p.1994-2001, 2007b.
- LUO, C.W.; HUANG, Z.Y.; CHEN, X.M.; LI, K.; CHEN, Y.; SUN, Y.Y. Contribution of Diurnal and Nocturnal Insects to the Pollination of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) in Southwestern China. **Journal of economic entomology**, v.104, n.1, p.149-154, 2011.
- LUO, C.W.; LI, K.; CHEN, X.M.; HUANG, Z.Y. Ants contribute significantly to the Pollination of a Biodiesel Plant, *Jatropha curcas*. **Environmental Entomology**, v.41, n.5, p.1163-1168, 2012.
- MACHADO, C.S.; CARVALHO, C.A.L. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1404-1409, 2006.
- MELO FILHO, J.F.; SOUZA, A.L.V.; SOUZA, L.S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1599-1608, 2007.
- MOURE, J. S. Notas sobre alguns Meliponinae bolivianos (Hymenoptera, Apoidea). **Dusenía**, v.1, n.1, p.70-80, 1950.
- NASCIMENTO, E.T. **Biologia floral e abelhas (Hymenoptera - Apidae) visitantes do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2011. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2011.
- NAVES, M. A. A monograph of the genus *Pheidole* in Florida, USA (Hymenoptera: Formicidae). **Insecta Mundi**, v.1, p.53-90, 1985.
- NEGUSSIE, A.; ACHTEN, M.J.W.; VERBOVEN, A.F.H.; HERMY, M.; MUYS, B. Potencial pollinators and floral visitors of introduced tropical biofuel tree species *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae), in Southern Africa. **African Crop Science Journal**, v.21, n.2, p.133-141, 2013.
- NEGUSSIE, A.; ACHTEN, W.M.J.; VERBOVEN, H.A.F.; HERMY, M.; MUYS, B. Floral Display and effects of natural and artificial pollination on fruiting and seed

yield of the tropical biofuel crop *Jatropha curcas* L. **Global Change Biology Bioenergy**, v.6, n.3, p.210-218, 2014.

NEGUSSIE, A.; ACHTEN, W.M.J.; VERBOVEN, H.A.F.; AERTS, R.; SLOAN, R.; HERMY, M.; MUYS, B. Conserving Open Natural Pollination Safeguards *Jatropha* Oil Yield and Oil Quality. **BioEnergy Research**, v.8, n.1, p.340-349, 2015.

NEVES, E.L.; MACHADO, I.C.; VIANA, B.F. Sistemas de polinização e de reprodução de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) na Caatinga, semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, n.4, p.553-563, 2011.

NEVES, E.L.; VIANA, E.F. Pollination efficiency of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) on the monoecious plants *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill. and *Jatropha mutabilis* (Pohl.) Baill. (Euphorbiaceae) in a semi-arid Caatinga area, northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.71, n.1, p.107-113, 2011.

NIETSCHE, S.; VENDRAME, W.A.; CRANE, J.H.; PEREIRA, M.C.T. Assessment of reproductive characteristics of *Jatropha curcas* L. in south Florida. **Global Change Biology BioEnergy**, v.6, n.4, p.351-359, 2014.

NIETSCHE, S.; VENDRAME, W.A.; CRANE, J.H.; PEREIRA, M.C.T.; COSTA, A.; REIS, S.T. Variability in reproductive traits in *Jatropha curcas* L. accessions during early developmental stages under warm subtropical conditions. **Global Change Biology Bioenergy**, v.7, n., p.122-134, 2015.

PAIVA NETO, V.B.; BRENHA, J.A.M.; FREITAS, F.B.; ZUFFO, M.C.R.; ALVAREZ, R.C.F. Aspectos da biologia reprodutiva de *Jatropha curcas* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.558-563, 2010.

PALUPI, E.R.; AHMAD, A.S.; AFFANDI, R.; QADIR, A.; RANDRIANI, E. Reproductive success and compatibility among accessions of *Jatropha curcas* in Indonesia. **Journal of Tropical Crop Science**, v.1, n.2, p.11-17, 2014.

PESSOA, A.M.S.; MANN, R.S.; SANTOS, A.G.; RIBEIRO, M.L.F. Influência da maturação de frutos na germinação, vigor e teor de óleo de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Scientia Plena**, v.8, n.7, p.1-11, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 29 Mai. 2018.

RAJU, A.J.S.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a

monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Current Science**, v.83, n.11, p.1395-1398, 2002.

RIANTI, P.; SURYOBROTO, B.; ATMOWIDI, T. Diversity and Effectiveness of Insect Pollinators of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **HAYATI Journal of Biosciences**, v.17, n.1, p.38-42, 2010.

RICHARDS, A. J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany**, v.88, n.2, p.165-172, 2001.

RINCÓN-RABANALES, M.; VARGAS-LÓPES, L.I.; ADRIANO-ANAYA, L.; VÁZQUEZ-OVANDO, A.; SALVADOR-FIGUEROA, M.; OVANDO-MEDINA, I. Reproductive biology of the biofuel plant *Jatropha curcas* in its center of origin. **PeerJ**, v.4, n. e1819, p.1-12, 2016.

RIZZARDO, R.A.G. **A abelha melífera africanizada (*Apis mellifera* L.) na polinização e produção de óleo das sementes do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 107f. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Zootecnia, Fortaleza, 2012.

ROMERO, M.J.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G. Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. **Apidologie**, v.44, n.4, p.419-429, 2013.

SAMRA, S.; SAMOCHA, Y.; EISIKOWITCH, D.; VAKNIN, Y. Can ants equal honeybees as effective pollinators of the energy crop *Jatropha curcas* L. under Mediterranean conditions? **Global Change Biology BioEnergy**, v.6, n.6, p.756-767, 2014.

SANTOS, M.J.; MACHADO, I.C.; LOPES, A.V. Biologia reprodutiva de duas espécies de *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) em Caatinga, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.2, p.361-373, 2005.

SANTOS, S.B.; MARTINS, M.A.; AGUILAR, P.R.M.; CANESCHI, A.L.; CARNEIRO, A.C.O.; DIAS, L.A. Dry matter and oil accumulation in the *Jatropha* seeds and quality of extracted oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.209-215, 2012.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SILVA, C.I.; AUGUSTO, S.C.; SOFIA, S.H.; MOSCHETA, I.S. Diversidade de

abelhas em *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae): Importância na polinização e produção de frutos. **Neotropical Entomology**, v.36, n.3, p.331-341, 2007.

SILVA, C.I.; ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. 1ed. São Paulo - SP: Instituto Avançado da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente - Brasil, 2014. 51 p.

SILVEIRA NETO, S., NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419p.

SINGH, A.S.; PATEL, M.P.; PATEL, T.K.; DELVADIA, D.R.; PATEL, D.R.; KUMAR, N.; NARAYANAN, S.; FOUGAT, R.S. Floral biology and flowering phenology of *Jatropha curcas*. **Journal of Forest Science**, v.26, n.2, p.95-102, 2010.

SMITH, F. Descriptions of some species of Brazilian ants belonging to the genera *Pseudomyrma*, *Eciton* and *Myrmica*. **Transactions of the Entomological Society of London**, v.2, n.3, p.156-169, 1855.

SMITH, F. **Catalogue of hymenopterous insects in the collection of the British Museum**. Part VI. Formicidae. London: British Museum, 1858. 216p.

SUJATHA, M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Shoot bud proliferation from axillary nodes and leaf sections of non-toxic *Jatropha curcas* L. **Plant Growth Regulation**, v.47, n.1, p.83-90, 2005.

THE PLANT LIST. Euphorbiaceae. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Euphorbiaceae/>>. Acesso em: 29 Set. 2017.

VENTURIERI, G.C.; ALVES, D.A.; VILLAS-BOAS, J.K.; CARVALHO, C.A.L.; MENEZES, C, VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A; SARAIVA, A.M. (Eds.). **Polinizadores no Brasil contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP; 2012.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica – Organografia**. 4ed. Rev. Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 124p.

ZAMBON, C.R.; SILVA, L.F.O.; PIO, R.; FIGUEIREDO, M.A.; SILVA, K.N. Estabelecimento de meio de cultura e quantificação da germinação de grãos de pólen de cultivares de marmeleiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 400-407, 2014.

ARTIGO 2

DESEMPENHO MORFOAGRONÔMICO E CORRELAÇÕES DE CARACTERES EM UMA POPULAÇÃO CLONAL DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) NO 'RECÔNCAVO' DA BAHIA

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira, em versão na língua inglesa.

DESEMPENHO MORFOAGRONÔMICO E CORRELAÇÕES DE CARACTERES EM UMA POPULAÇÃO CLONAL DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae) NO 'RECÔNCAVO' DA BAHIA

Autor: Luis Fernando de Farias

Orientadora: Dra. Simone Alves Silva

RESUMO: O pinhão manso tem grande importância para extração de óleo em suas sementes, apresentando características desejáveis para diversos usos, principalmente para o biocombustível. Desenvolver clones produtivos é importante para o melhoramento da espécie, principalmente para permitir plantios mais uniformes e elevar a produtividade da cultura. Assim, pouco se sabe sobre o potencial de populações clonais de pinhão manso, principalmente aos 42 meses de plantio. Desta forma, objetivou-se avaliar o desempenho morfoagronômico e as correlações de caracteres (vegetativos e reprodutivos) em uma população clonal de *Jatropha curcas* L. para auxílio na seleção. A população foi estabelecida com oito clones em quatro blocos, desenvolvidos pelo Programa NBIO (Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia) na UFRB, *Campus* Cruz das Almas. Foram aferidos 18 caracteres morfoagronômicos e realizadas análise descritiva, análise de variância, comparação de médias por Scott-Knott e correlação de Pearson. Existe variabilidade genética entre os clones para produtividade de óleo com melhor desempenho para os clones UFRB05, UFRB13, UFRB14. Há diferença entre a produtividade e teor de óleo de sementes com tegumento e sem tegumento, extraindo-se a maior quantidade de óleo quando se retira o tegumento da semente. As elevadas associações entre os caracteres de produção são relacionadas à produtividade de óleo o que favorece a seleção indireta. O caráter peso de frutos por planta, quando priorizado, poderá obter maiores ganhos na seleção de clones para produtividade, além de ser um caráter de fácil aferição.

Palavras-chave: Melhoramento genético, recursos genéticos, biocombustível, oleaginosa.

**MORPHOAGRONOMIC PERFORMANCE AND CHARACTERS
CORRELATIONS IN A CLONAL POPULATION OF PHYSIC NUT (*Jatropha
curcas* L., EUPHORBIACEAE) IN 'RECÔNCAVO' OF BAHIA**

Abstract: The physic nut has great importance for extracting oil in its seeds, presenting characteristics desirable for various uses, mainly for biofuel. To develop productive clones is important for the breeding of the species, mainly to allow more uniform plantings and to increase the productivity of the crop. Thus, little is known about the potential of clone populations of Physic nut, mainly at 42 months of planting. Thus, it was aimed evaluate the morphoagronomic performance and the characters correlations (vegetative and reproductive) in a clonal population of *J. curcas* L. to aid in selection. The population was established with eight clones in four blocks, developed by the NBIO Program (Nucleus of Genetic Improvement and Biotechnology) at UFRB, Campus Cruz das Almas. Was measured 18 morphoagronomic characters and performed descriptive analysis, analysis of variance, comparison of means by Scott-Knott and Pearson's correlation. There is genetic variability among the clones for oil productivity with better performance for clones UFRB05, UFRB13, UFRB14. There is a difference between yield and oil content of seed with tegument and without tegument, extracting the largest amount of oil when removing the tegument from the seed. The high associations between production characters are related to oil productivity which favors indirect selection. This allows to increase concomitantly when one of them is selected for selection, allowing the genetic gain for the crop. The weight character of fruits per plant, when prioritized, can obtain greater gains in the selection of clones for productivity, besides being a character of easy gauging.

Keywords: Genetic improvement, genetic resources, biodiesel, oilseed.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o interesse por fontes de energia renováveis para substituir os combustíveis fósseis com base no petróleo tem aumentado, o que torna importante estudar as espécies oleaginosas, pois tem potencial para substituição parcial do diesel de petróleo (FRANCIS et al., 2005). Assim, várias espécies podem ser utilizadas na produção de biocombustível, como milho (*Zea mays* L., Poaceae), pinhão manso (*Jatropha curcas* L., Euphorbiaceae), mamona (*Ricinus communis* L., Euphorbiaceae), girassol (*Helianthus annuus* L. - Asteraceae), palma (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae), soja (*Glycine max* – Fabaceae), entre outras.

No entanto, *J. curcas*, enquadra-se como uma espécie promissora para o biocombustível, devido ter alto teor de óleo nas sementes e possuir óleo de excelente qualidade e por apresentar características importantes como a estabilidade à oxidação, baixa viscosidade e baixo ponto de congelamento em comparação com o óleo de soja, mamona e palma. Estudiosos relatam que essa espécie tem sua origem nos países da América Central, e no México, mas foi introduzida com sucesso em muitos países da África, Ásia e a região da América Latina (CARELS, 2009).

É uma planta perene, que tem a capacidade de se adaptar a vários tipos de ambientes, sendo encontrada em regiões tropicais e subtropicais do mundo, além de ser considerada uma planta resistente à seca, mesmo sabendo que quando cultivadas em áreas marginais sua produtividade é menor em comparação a áreas férteis (MISHRA, 2009). Também tem sido relatada seu uso como cerca viva, ornamentação, lenha, medicinal e produção de sabão (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Embora seu potencial para uso em biocombustíveis seja grande, ela ainda é considerada uma espécie em domesticação. Dessa forma, programas de melhoramento genético de diferentes instituições, têm se empenhado no desenvolvimento de variedades com alta produtividade de óleo e adaptadas a diferentes ambientes, a fim de selecionar plantas promissoras e desenvolver cultivares para inserir essa cultura na bioenergia mundial (SILVA et al., 2017). Do ponto de vista biológico, as características morfoagronômicas variam bastante, estando relacionadas com a idade, localidade, tratos culturais, pluviosidade,

constituição genética, disponibilidade dos nutrientes e fertilidade do solo (MISHRA, 2009; DRUMOND et al., 2010; BRASILEIRO et al., 2013), justificando a necessidade de maiores estudos sobre essa planta.

As correlações são importantes para o melhoramento genético, pois permitem auxiliar na escolha de variáveis promissoras para o desenvolvimento do programa de melhoramento, por meio de seleção indireta (seleciona-se uma variável que influencia outra) ou seleção direta (seleciona-se a variável de interesse). Assim, como observado por Negussie et al. (2015), ocorreu aumento indireto do teor de óleo e concentração de óleo nas sementes de *J. curcas* quando utilizavam as sementes mais pesadas, dessa forma, era possível realizar a seleção indireta do peso das sementes para essas variáveis. Além disso, os autores verificaram no óleo do pinhão manso a presença de nove ácidos graxos, maior composição de ácido linoleico, seguido de ácido oleico, palmítico, esteárico, e quantidades menores de ácido mirístico, palmitoleico, linolênico, araquídico e eicosenóico (NEGUSSIE et al., 2015).

Dessa forma, conhecer a relação entre variáveis é importante, principalmente para características com dificuldade de seleção, por apresentar baixa herdabilidade e dificuldade de aferição e/ou identificação, assim a seleção indireta, pode ser importante. A associação por meio de correlação simples entre caracteres, pode auxiliar na realização da seleção indireta, e consecutivamente, obter ganhos genéticos. Além disso, há situações que a seleção indireta baseada na correlação pode ter mais eficácia e rapidez do que a seleção direta para a variável de interesse (CRUZ et al., 2014).

Assim, devido a necessidade de identificar clones superiores para o programa de melhoramento genético da espécie *J. curcas* por meio de caracteres morfoagronômicos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de clones e as correlações de caracteres morfoagronômicas (vegetativos e reprodutivos) em clones superiores para região do recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este trabalho foi realizado entre outubro de 2016 e junho de 2017 em clones de *Jatropha curcas* L. desenvolvidos pelo Programa NBIO/UFRB. Os

clones estão localizados no Campo experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Cruz das Almas, localizado a 12° 39'42.39" S e 39° 5' 2.4576" W. Os clones foram selecionados pelo seu desempenho por meio de caracteres morfoagronômicos, sua divergência por marcadores RAPD e ISSR multiplicados por estaquia (QUEIROZ, 2015; ALMEIDA et al., 2016).

O solo local foi classificado como Latossolo Amarelo (Oxisol) coeso argissólico e o relevo plano. De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima tropical, quente e úmido (AW-AM) com precipitação média anual de 1.206 mm (1000-1300mm), temperatura média anual de 24,2° C e altitude de 220m (MELO-FILHO et al., 2007). Os dados referentes aos fatores abióticos (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade) foram obtidos pelo sistema do INMET (2018) (Tabela 01).

Material Vegetal

A população de clones foi estabelecida por estaquia em janeiro de 2014, organizados em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com quatro repetições, cada parcela constituída por quatro plantas. Foram avaliados oito clones (UFRBPR03, UFRBPR05, UFRBPR08, UFRBPR09, UFRBPR11, UFRBPR13, UFRBPR14 e UFRBPR15). As plantas meio irmãos foram oriundas da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) de duas estações experimentais (Alagoinhas e Irará, estado da Bahia) e foram conduzidas por ciclos de polinização aberta na UFRB com posterior avaliação e seleção. As plantas foram adubadas, anualmente, com 40g de cloreto de potássio (60% de K₂O), 40g de uréia (45% N) e 40g de fosforo em cada planta.

Caracterização morfoagronômica

Os clones de *J. curcas* foram avaliados aos 42 meses após o plantio, por meio de dezoito caracteres morfoagronômicos que foram: Estatura de planta (EST, cm), diâmetro do caule (DC, cm), número de ramos primários (NRP), número de ramos secundários (NRS), número de frutos por planta (NFP), número de sementes por planta (NSP), número de sementes por fruto (NSF), peso de

frutos por planta (PFP, g), peso de sementes por planta (PSP, g), produtividade de grãos por planta (PRO, kg ha⁻¹), produtividade de óleo por planta (PRL, g ha⁻¹), comprimento de fruto (CF, mm), largura de fruto (LF, mm), peso médio de fruto (PMF, g), teor de óleo do albúmen (TOA, %), comprimento de semente (CS, g), largura da semente (LS, mm), e peso médio da semente (PMS, g).

A medição de EST (cm) foi realizada da base do caule até o ramo mais alto; DC (cm) foi medido na base do caule com paquímetro digital; NRP, NRS, NFP, NSP, NSF foram medidos por contagem direta; PFP, PSP (g) foram pesados os frutos e as sementes geradas em cada planta com auxílio de balança semianalítica digital, respectivamente; PRO foi calculado pela fórmula ($x = \text{peso de sementes (kg pl-1)} * 10.000\text{m} / 6\text{m}^2$); PRL foi calculado pela fórmula ($x = \text{peso de semente (g pl-1)} * \text{quantidade de óleo extraído (g)} / 8\text{g albumens extraídos}$).

O teor de óleo do albúmen (TOA) foi obtido com auxílio de determinador de gordura Tecnal Modelo TE-044 por meio do método adaptado de Soxhlet (1879), utilizando o hexano (>99%) como solvente. A extração foi realizada com três réplicas por clone com 8g de sementes sem tegumento (albumén + embrião) em cada repetição. O procedimento consistiu em sete passos: 1. Pesagem dos frascos; 2. Maceração da semente; 3. Extração do albúmen com hexano por 90 minutos; 4. Maceração da semente com areia; 5. Extração do conteúdo por 90 minutos; 6. Secagem em estufa por 40 min a 130°C; 7. Pesagem dos frascos após extração. A quantidade de óleo extraído (g) foi determinada pela diferença entre os frascos antes e após da extração, posteriormente, foi calculado o teor de óleo pela fórmula $x = \text{quantidade de óleo extraído} / 8\text{g} * 100$.

As medições de frutos (CF, LF, PMF) foram determinadas por 25 frutos aleatórios de cada clone por bloco, e as mensurações de sementes (CS, LS, PMS) foram realizadas por 50 sementes aleatórias. As variáveis de comprimento e largura (CF, CS, LF, LS) foram medidas com auxílio de paquímetro e peso (PMF, PMS) por balança semi-analítica. Ademais, foram testadas a diferença do teor de óleo (TOS) e produtividade de óleo (PRL) para sementes com tegumento e sementes sem tegumento (SST) apenas para UFRB-13, por questões de logística.

Análise de Dados

Os dados foram submetidos a análise descritiva e análise de variância univariada (ANOVA), seguida por teste de comparação de médias de Scott-Knott a 5% de significância quando o teste F da ANOVA foi significativo (<5%). Logo após, foi realizada correlação de Pearson. As análises descritivas, análise de variância, teste de médias Scott-Knott e correlação de Pearson foram realizadas com auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os dados abióticos de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica do período avaliado (outubro/2016-julho/2017). Foi verificada variação entre os meses principalmente para a umidade e precipitação pluviométrica. No estudo realizado por Domiciano et al. (2014), observaram que os ciclos da cultura eram influenciados pelos valores de temperatura e umidade do ar, e que as plantas não crescem durante a estação seca, sendo que a formação das flores e o crescimento vegetal é retomado no período de maior precipitação. Este processo deve ocorrer devido a planta ser caducifólia, e assim apresentar dois períodos distintos, crescimento da espécie e dormência (entre junho e agosto), que ocorre na época mais fria.

Tabela 1: Temperatura média (°C), Umidade (U%) e Precipitação (mm) entre outubro de 2016 e junho de 2017 (Dados INMET, 2018).

Meses/Ano	Temperatura	Umidade	Precipitação pluviométrica
Outubro/16	25,89	70,39	60
Novembro/16	26,55	70,06	34,6
Dezembro/16	27,21	69,74	50
Janeiro/17	26,69	68,09	14,5
Fevereiro/17	26,72	69,36	47,3
Março/17	26,85	71,29	44,6
Abril/17	25,44	80,09	152,6
Mai/17	24,49	86,03	172,6
Junho/17	23,07	83,97	146,4

Por meio de estatística descritiva (Tabela 2) é possível visualizar o quanto cada característica variou, visualizado pelo coeficiente de variação e pela diferença entre o mínimo e máximo obtido.

Os maiores CV's (%) são observados nas variáveis referentes à produção NFP, NSP, PFP, PSP, PRO e PRL (>33%) demonstrados na Tabela 2. Esses valores elevados, demonstram alta variação dos dados dentre as parcelas observadas. Estes resultados corroboram com os dados obtidos por Reis et al. (2015) e Freitas et al. (2016), onde encontraram CV (%) elevado para as variáveis de produção, sendo que Freitas et al. (2016) ressaltaram que as variáveis biométricas de frutos, sementes e teor de óleo apresentaram menor coeficiente de variação (<10%), comparadas aos caracteres vegetativos da espécie estudada.

Tabela 2: Estatística descritiva para variáveis avaliadas em clones de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) aos 42 meses após o plantio em região de Tabuleiro Costeiro.

Variável (unidades)	Mínimo	Máximo	Média	DP	Variância	CV (%)
EST (cm)	129	208,23	179,12	17,97	323,02	8,16
DC (cm)	5,40	8,55	7,90	0,60	0,36	7,09
NRP (unid)	1,00	4,33	3,05	0,67	0,45	24,14
NRS (unid)	1,00	10,50	7,33	1,74	3,04	26,37
NFP (unid)	1,50	81,00	34,32	20,24	409,76	42,30
NSP (unid)	4,00	219,00	91,43	54,58	2978,97	42,88
NSF (unid)	2,17	2,91	2,62	0,14	0,02	4,94
PFP (g)	4,90	202,15	90,16	52,51	2756,80	39,44
PSP (g)	3,35	153,85	66,77	40,05	1604,19	41,68
PRO (kg ha ⁻¹)	5,58	256,42	111,29	66,76	4456,31	41,68
PRL (g pl ⁻¹)	9,81	85,22	41,09	18,15	329,37	33,70
TOA (%)	46,25	59,17	52,05	2,45	5,99	3,90
CF (mm)	21,22	24,68	23,14	0,86	0,75	2,95
LF (mm)	19,00	20,98	19,93	0,50	0,25	2,13
PMF (g)	2,21	2,83	2,61	0,13	0,02	4,56
CS (mm)	16,59	17,79	17,29	0,25	0,06	1,34
LS (mm)	11,28	11,75	11,58	0,11	0,01	0,97
PMS (g)	0,61	0,76	0,70	0,03	<0,00	4,74

Legenda: EST: Estatura (cm); DC: Diâmetro do caule (cm); NRP: Número de ramos primários; NRS: Número de ramos primários; NFP: Número de frutos por planta; NSP: Número de sementes por planta; NSF: Número de sementes por fruto; PFP: Peso de frutos por planta (g); PSP: Peso de sementes por planta (g); PRO: Produtividade de grãos (kg/ha⁻¹); PRL: Produtividade de óleo (g/pl-1); TOA: Teor de óleo do albúmen (%); CF: Comprimento de frutos (mm); LF: Largura de frutos (mm); PMF: Peso médio de frutos (g); CS: Comprimento de sementes (mm); LS: Largura de sementes (mm); PMS – Peso médio de sementes (g); DP: Desvio padrão.

Os clones variaram quanto aos caracteres apenas para PRL. Assim, a maioria das variáveis, as vegetativas (EST, DC, NRP, NRS), de produção (NFP, NSP, NSF, PRO, PFP, PSP), óleo (TOA), medições de frutos (CF, LF, PMF) e

sementes (CS, LS, PMS), não apresentaram diferença significativa entre os clones avaliados, apresentando baixa variabilidade para estes caracteres (Tabela 3). Resultados relatando baixa variabilidade genética são frequentemente apresentados em trabalhos com pinhão manso (DRUMOND et al., 2010; LAVIOLA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, estes oito clones foram avaliados aos seis meses após o plantio por Almeida et al. (2016), onde verificaram diferença significativa para o NRS diferindo do resultado obtido no presente trabalho, onde esta variável não apresentou diferença significativa aos 42 meses após o plantio, realizado no mesmo local do estudo. Assim, verifica-se que esses resultados podem variar quando avaliados em diferentes ciclos de cultivo.

Nos dados descritivos (Tabela 2) a estatura apresentou variação de 129 a 208,23 cm. Verifica-se nos trabalhos de Almeida et al. (2016) aos 6 meses e Teodoro et al. (2016) aos 6 e 18 meses que a espécie apresenta entre um e dois metros e meio de altura, porém, pode alcançar três metros de altura após os 24 meses (LAVIOLA et al., 2012; REIS et al., 2015), além de Pestana-Caldas et al. (2016) aos 32, 36 e 42 meses verificaram algumas plantas menores que um metro de altura. A estatura da planta até os dois metros de altura é a fase ideal para colheita, para não dificultar o processo de colheita manual, sendo a seleção nessa faixa de altura a mais recomendada, porém, deve levar em consideração as plantas nessa faixa, mas associada a alta produção (LAVIOLA et al., 2010; WANI et al., 2012; TEODORO et al., 2016).

O diâmetro do caule de *J. curcas* estudados no presente trabalho apresentou variação de 5,4 a 8,55 cm nos 42 meses de plantio (Tabela 2). Resultados diferentes foram observados por Teodoro et al. (2016), que mensuraram o diâmetro do caule de plantas de *J. curcas* aos 6, 18, 30 e 42 meses, verificando variação entre 8,23 e 10,58 cm e Pestana-Caldas et al. (2016) avaliaram aos 32, 36 e 46 meses e obtiveram amplitude entre 2,91 e 9,95 cm. Além disso, o diâmetro do caule é uma variável importante, pois o caule é a região da planta onde fica armazenada a água (SATURNINO et al., 2005), sendo importante devido *J. curcas* ser caducifólia, pois ocorre a queda das folhas e diminuição da atividade em épocas mais frias (RAJU E EZRADANAM, 2002; DIAS et al., 2012), inclusive no nordeste.

Foi verificado que as plantas de maior diâmetro do caule, e maior quantidade de ramos podem apresentar altas taxas de produção (LAVIOLA et al., 2012). Ademais, as inflorescências que irão formar o fruto pela polinização, localizam-se nas regiões terminais dos ramos secundários e terciários, assim, quanto maior quantidade de ramos em uma planta, maior produção de frutos irá ter (ANEZ et al. 2005; SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA et al., 2010). Porém, a produção de frutos pode estar relacionada com outros fatores, como a comunidade de polinizadores, pois, caso apresente déficit de polinizadores eficientes, irá apresentar baixa formação de frutos e dessa forma, teria que realizar polinizações manuais (RAJU E EZRADANAM, 2002; JUHÁSZ et al., 2009).

Foram observados entre 1 a 4,33 ramos (média: 3,05) para NRP e 1 a 10,50 ramos (média: 7,33) para NRS. Estas variáveis são citadas para *J. curcas* na literatura com resultados diferentes, onde Pestana-Caldas et al. (2016) verificaram variação entre 1 e 18,33 (média 2,68) para NRP e 0 e 66,67 (média 15,33) para NRS. Além disso, a quantidade de ramos é um dos fatores que devem ser levados em consideração na seleção, principalmente NRS, pois pode influenciar na formação de inflorescências e consecutivamente na produção. As inflorescências surgem nas terminações dos ramos, onde, geralmente estão interligados pois quanto mais ramos nas plantas, maior será a quantidade de inflorescências e produtividade (SATURNINO et al., 2005; DOMICIANO et al., 2014). Porém, isso não é regra, pois outros fatores podem influenciar a produtividade, como polinização (JUHÁSZ et al., 2009; DOMICIANO et al., 2014; NEGUSSIE et al., 2015), solo (MELO FILHO et al., 2007; NERY et al., 2013), irrigação (SATURNINO et al., 2005; DRUMOND et al., 2010; NERY et al., 2013) e fatores climáticos (DOMICIANO et al., 2014).

No presente estudo, para o NFP houve variação de 1,50 a 81 (média de 34,32) e para o NSP variou de 4 a 219 (média de 91,43) (Tabela 2). Outros trabalhos realizados na região de estudo, verificaram valores inferiores aos obtidos neste trabalho. Pestana-Caldas et al. (2016), avaliando acessos de pinhão manso aos 32, 36 e 46 meses obtiveram variação entre 0 e 25,67 (média: 1,21) para NFP e variação entre 0 e 68,67 (média: 3,22) para NSP; Brasileiro et al. (2013) aos 24 meses verificaram média para NFP (1,53), NSP (3,38); e Almeida

et al. (2016) aos 6 meses mensuraram amplitude entre 12,58 e 28,50 (média: 19,48) para NFP.

Para as variáveis PFP (4,9 a 202,15g, média: 90,16g) e PSP (3,35 a 153,85g, média: 66,77g), os valores foram baixos quando comparados com outros trabalhos, devido principalmente à baixa formação de frutos e sementes. Como Freitas et al. (2016), que avaliaram progênies de pinhão manso aos 52 meses, reportaram variação de PFP entre 223,19 e 1057,47g (média: 510,05g) e PSP entre 169,86 e 772,17 g (média: 377,95g), além de Tripathi et al. (2013) na Índia, estudando plantas de pinhão manso aos 36 meses obtiveram variação de PFP entre 37,5 e 857,5 (média: 214,75) e PSP entre 19 e 697,5 (média: 131,3). No entanto, obteve resultados superiores a Pestana-Caldas et al. (2016), onde avaliou aos 32, 36 e 46 meses outros acessos na mesma região de estudo, e obtiveram variação de 0 e 68,38g (média: 2,37g) para PFP e de 0 e 49,17g (média: 1,74g) para PSP.

A baixa produção de frutos e sementes do pinhão manso no presente estudo, explica-se devido os clones avaliados serem de propagação vegetativa, em comparação a maioria dos trabalhos que foram propagados por sementes. Isto interfere na produtividade, segundo relatado por Almeida et al. (2016) e Saturnino et al. (2005) onde o estabelecimento de plantas por estaquia pode homogeneizar as plantas, principalmente a altura, diâmetro do caule, e produção de frutos. No entanto, não apresentam raiz pivotante, podendo apresentar menor tolerância a seca, menor índice de sobrevivência e o sistema radicular é mais superficial.

Além disso, a região que os clones foram estabelecidos também pode ter interferido no seu desempenho, pois é classificada como ter solo de Tabuleiros costeiros apresentando uma camada coesa no solo característico, assim, há um impedimento físico para produção e desenvolvimento de plantas. Desta forma, verifica-se a necessidade de realizar ações para solucionar a baixa produtividade de pinhão manso quando produzidos neste tipo de solo, pois devido à camada coesa, as plantas podem perder nutrientes por lixiviação, além de ter limitação de retenção e armazenamento de água e alta acidez. Soma-se a isso, a possibilidade da resistência do crescimento e penetração das raízes no solo (MELO FILHO et al., 2007).

O número de frutos/sementes e, consecutivamente, o peso de frutos/sementes está diretamente relacionado ao número de inflorescências por planta, e número de flores femininas, sendo que os acessos que tem esses caracteres com maior proporção, geralmente apresentam maior quantidade de frutos e sementes (DOMICIANO et al., 2014). No entanto, há outros fatores que influenciam como a idade avaliada, irrigação, forma de plantio (sementes/estaquia) e local do plantio. Assim, em análises futuras, seria de grande valia analisar a interação genótipo X ambiente, e o comportamento das plantas em vários ciclos. Há autores que acreditam que, apesar da planta iniciar a produção no primeiro ano de plantio, o maior potencial produtivo ocorre apenas após os quatro anos, tendo capacidade de produzir por 40 anos (SATURNINO et al., 2005; LAVIOLA E DIAS, 2008), no entanto, há divergência na literatura sobre esses caracteres, pois há estudos com plantas jovens que obtiveram maior produção de frutos/sementes (WANI et al., 2012; LAVIOLA et al., 2012; TRIPATHI et al., 2013) do que estudos com plantas mais antigas (PESTANA-CALDAS et al., 2016), o que pode significar que vários fatores podem estar trabalhando em conjunto.

Para as variáveis de produtividade de grãos (PRO) e de óleo por planta (PRL), as variações também foram baixas e obtiveram valores inferiores aos obtidos na literatura, sendo que PRO variou entre 5,58 e 256,42 kg ha⁻¹ (média: 111,29) e PRL entre 9,81 e 85,22 g pl⁻¹ (média: 41,09 g pl⁻¹).

Teodoro et al. (2016) ao avaliar famílias de meio-irmãos de pinhão manso aos 42 meses verificaram produtividade de 644,94 kg ha⁻¹. No estudo realizado por Biabani et al. (2012), foi observada maior produtividade no segundo ano (24 meses) do que no primeiro (12 meses), sendo que variou entre 55 e 116 kg ha⁻¹ no primeiro ano (média: 81 kg ha⁻¹) e entre 384 e 997 kg ha⁻¹ no segundo ano (média: 613 kg ha⁻¹). Laviola et al. (2014), avaliou 18 famílias de *J. curcas* em três localidades diferentes, avaliadas aos 36 meses, onde a produtividade variou entre 470 e 2.048 kg ha⁻¹ na primeira localidade, entre 710 e 2.039 kg ha⁻¹ na segunda localidade e entre 619 e 1.975 kg ha⁻¹ na terceira localidade. Assim, observou-se que todos os trabalhos observados obtiveram produtividade superior aos resultados obtidos.

Reis et al. (2015) verificaram produtividade de óleo da semente de pinhão manso com variação entre 9,07 e 561,35g pl⁻¹ (média: 182,58g pl⁻¹). Biabani et al. (2012) analisaram dois anos de produção dessa mesma planta, onde a produtividade de óleo que variou nos acessos entre 6,7 e 13,5g pl⁻¹ no primeiro ano (média: 9,91 g pl⁻¹) e entre 50,6 e 122,5g pl⁻¹ no segundo ano (média: 78,45 g pl⁻¹), sendo que o segundo ano obteve maior produtividade para todos os acessos avaliados. Wani et al. (2012), aos 12 meses verificaram variação entre 77,60 e 220,30 g pl⁻¹ (média: 137,47 g pl⁻¹). Apenas o primeiro ano de produção avaliada por Biabani et al. (2012) foi inferior aos resultados observados pelo presente estudo.

Embora a espécie estudada ser considerada resistente à seca, geralmente deve ter menor produção em sistema de sequeiro do que em sistema irrigado. Nesse contexto, Drumond et al. (2010) verificaram rendimento aos 12 meses de idade entre 2.853 e 3.542 kg há⁻¹ para plantios em sistema irrigado por gotejamento, em contraste ao observado por Teodoro et al. (2016) em sistema de sequeiro, onde descreveram em quatro ciclos (30,42, 54 e 66 meses) a variação entre 510,82 e 1.291,88 kg há⁻¹. Resultados superiores ao observado pelo presente estudo, porém, pode ser um conjunto de fatores que esteja influenciado nesse resultado, porém, é um fator que deve se levar em consideração em análises futuras para o melhor estabelecimento do melhoramento genético da espécie.

Nesse sentido, de acordo com Saturnino et al. (2005) recomenda-se a irrigação de três vezes ao mês no verão, além de relatar que a produtividade de *J. curcas* varia bastante, e isso depende da forma de cultivo, idade, material genético, região, tratos culturais, fertilização do solo e fatores abióticos (temperatura, umidade e pluviosidade). Mas, como relata Teodoro et al. (2016), apesar da produtividade ser um dos fatores mais importantes para a cultura, deve-se avaliar outras variáveis em conjunto, para alcançar ganhos de forma indireta.

Outro fator que é importante mencionar é o tempo de cultivo, pois ele interfere na produtividade da planta, pois além de ocorrer uma variação a cada ciclo de produção, segundo Laviola e Dias (2008), as plantas de *J. curcas* apresentam maior produtividade após os três anos de idade. No entanto, Palupi et

al. (2014) encontraram maior formação de inflorescências e frutos nas plantas de um ano em relação as plantas de quatro anos. Dessa forma, acredita-se que apesar da idade influenciar a produtividade, esse fato pode variar devido à forma de plantio (sementes/estaquia) como já relatado, região, fatores abióticos, irrigação, material genético, e práticas culturais, importante relatar que o pinhão manso está em processo de domesticação e assim, ainda não tem variedades comerciais.

Os frutos de pinhão manso são caracterizados por apresentar geralmente três sementes, porém pode ocorrer variação ambiental apresentando assim menor ou maior quantidade de sementes, onde envolve quatro estágios de maturação (verde, amarelo, amarelo-marrom e preto). O endosperma é a região da semente onde está presente o óleo, um dos produtos gerados por esta planta que a torna importante como promissora no desenvolvimento de biocombustíveis. Geralmente as sementes apresentam entre 33,7 e 45% de casca e 55 e 66,3% de endosperma/albúmen (SATURNINO et al., 2005; NUNES et al., 2009).

Em relação a biometria de frutos (Tabela 2), os resultados obtidos neste trabalho CF (21,22 a 24,68mm), LF (19,00 a 20,98mm), e PMF (2,21 a 2,83g) estão de acordo com a literatura onde os frutos variam entre 23,90 e 34 mm para comprimento, entre 18,60 e 33 mm para largura (NUNES et al., 2009; PIMENTA et al., 2014), e entre 1,82 e 3,14g para peso (SATURNINO et al., 2005; JUHÁSZ et al., 2009). Para a biometria das sementes neste trabalho apresentaram valores de CS (16,59 a 17,79mm), LS (11,28 a 11,75mm) e PMS (0,61 a 0,76), dentro do encontrado nas literaturas apresentando entre 16,20 e 19,36 mm para comprimento, entre 9,2 e 12,90 mm para largura (NUNES et al., 2009; PIMENTA et al., 2014; FREITAS et al., 2016), e entre 0,63 e 0,80 g para peso médio de sementes (JUHÁSZ et al., 2009; REIS et al., 2015).

As medições dos frutos/ sementes são importantes, devido alguns estudos verificarem que era possível obter maior teor e concentração de óleo nas sementes quando se utilizava as sementes mais pesadas (NEGUSSIE et al., 2015) e comprimento, largura e peso de frutos e sementes estarem correlacionados (FREITAS et al., 2011; FREITAS et al., 2016).

O teor de óleo também apresentou variação (46,25 a 59,17% média: 52,05%) (Tabela 2), considerada de alto valor quando comparado com trabalhos

relatados na literatura, como Tripathi et al. (2013) caracterizando acessos de pinhão manso, verificaram variação entre 30,85 e 59,58% (média: 46,54%) e Albuquerque et al. (2017) obtiveram variação entre 42,72 e 65,71%.

Vale ressaltar que o presente estudo foi realizado com sementes sem o tegumento, mantendo-se somente o endosperma/albúmen e embrião, tanto para avaliar a produtividade do óleo quanto o teor de óleo na semente. Entretanto, testes preliminares para comparação dos resultados obtidos das extrações de óleo em sementes contendo tegumento e sem o tegumento foi realizado, com resultados apresentados na Tabela 5 e 6. Esse estudo é importante devido o teor de óleo sem tegumento apresentar maior quantidade de óleo extraído, e sendo uma possibilidade da indústria. No entanto, pode necessitar de mais mão de obra para quebra de semente para realizar a extração.

Apenas a variável PRL que diferiu em de 5% de significância (Tabela 3), assim, suas médias foram desmembradas para avaliação do desempenho por clone e identificação dos superiores, conforme Tabela 4. Assim, para esta variável os clones mais promissores foram UFRB05, UFRB13 e UFRB14, contribuindo assim para o melhoramento genético da espécie por envolver uma característica de importância econômica.

Tabela 3: Resumo das análises de variância para as variáveis vegetativas (EST, DC, NRP, NRS), reprodutivas (NFP, NSP, NSF, PFP, PSP, PRO), óleo (PRL, TOA), e medições de frutos (CF, LF, PMF) e sementes (CS, LS, PMS) avaliadas em clones de *J. curcas* aos 42 meses após o plantio.

FV	GL	EST	DC	NRP	NRS	NFP	NSP
Blocos	3	877,48*	0,54	0,21	2,04	1547,12**	11676,82**
Trat	7	413,84	0,42	0,28	1,41	519,34	3577,60
Erro	21	213,53	0,31	0,54	3,73	210,75	1536,87
FV	GL	NSF	PFP	PSP	PRO	PRL	TOA
Blocos	3	0,04	12177,82**	6817,28**	18937,26**	744,98*	8,13
Trat	7	0,01	3196,44	1859,02	5164,78	564,35*	10,64
Erro	21	0,02	1264,40	774,51	2151,45	191,67	4,13
FV	GL	CF	LF	PMF	CS	LS	PMS
Blocos	3	2,15*	0,65*	0,02	0,02	0,01	<0,01
Trat	7	0,98	0,28	0,03	0,10	0,01	<0,01
Erro	21	0,47	0,18	0,01	0,05	0,01	<0,01

Para a produtividade de óleo em sementes com tegumento os dados variaram de 10,60 a 39,84g pl⁻¹ (média: 22,70 g pl⁻¹) e sem tegumento de 18,55 a 60,05 g pl⁻¹ (média: 34,14g pl⁻¹); em relação ao teor de óleo, as sementes com tegumento variaram entre 29,17 e 35,00% (média: 32,29%) e as sementes sem tegumentos obtiveram maior teor, sendo que variaram entre 48,33 e 51,67% (média: 50,43%) (Tabelas 5 e 6). As sementes sem tegumento obtiveram maiores valores em comparação as sementes com tegumento, comprovado pelo resultado da análise de variância e teste de Tukey (Tabela 6).

Tabela 4: Desempenho dos clones em relação a produtividade de óleo (PRL) em *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae) aos 42 meses após o plantio.

Clones	PRL
UFRB03	38,74b
UFRB05	50,25a
UFRB08	34,20b
UFRB09	32,07b
UFRB11	27,51b
UFRB13	57,45a
UFRB14	56,43a
UFRB15	32,04b

Tabela 5: Estatística descritiva e teste de Tukey de produtividade de óleo (PRL) e teor de óleo da semente (TOS) avaliada no clone UFRBPR-13 de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae)

Variáveis	Mínimo	Máximo	DP	Variância	Média
PRL	-	-	-	-	-
Com tegumento	10,60	39,84	12,92	166,86	22,70b
Sem tegumento	18,55	60,05	18,94	358,64	34,14a
TOS	-	-	-	-	-
Com tegumento	29,17	35,00	2,42	5,84	32,29b
Sem tegumento	48,33	51,67	1,45	2,10	50,43a

Legenda: DP: Desvio Padrão.

Dessa forma, os resultados obtidos estão de acordo com o relato de Saturnino et al. (2005), que afirmam que o teor de óleo varia entre 35 e 40% para sementes com tegumento e entre 50 e 60% entre sementes sem tegumento. Além disso, em outros estudos verificaram que o teor de óleo da semente com tegumento varia entre 16 e 45,55%, com médias entre 33 e 37% (FREITAS et al., 2011; TRIPATHI et al., 2013; REIS et al., 2015; FREITAS et al., 2016).

Tabela 6: Resumo das análises de variância e médias para produtividade de óleo (PRL) e teor de óleo da semente (TOS) com e sem tegumento no clone UFRBPR-13 de *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae).

	FV	GL	PRL	TOS
Blocos		3	506,27	3,28
Trat		1	261,52*	657,58**
Erro		3	19,22	4,66
Média		-	28,42	41,36
CV(%)		-	15,43	5,22

Legenda: FV: Fontes de variação; GL: Grau de liberdade; Trat: Tratamentos (clones); CV: Coeficiente de variação.

A correlação entre caracteres é importante na tomada de decisões quanto à seleção de genótipos promissores de pinhão manso, pode-se verificar seus efeitos na Tabela 7. Desta forma, as maiores correlações foram observadas nas variáveis dependentes, principalmente as de produção (NFP, NSP, PFP, PSP, PRO, PRL).

Tabela 7: Matriz de correlação de Pearson entre características vegetativas e reprodutivas avaliadas em clones de *J. curcas* aos 42 meses após o plantio.

Var	EST	DC	NRP	NRS	NFP	NSP	NSF	PFP	PSP	PRO	PRL	TOA	CF	LF	PMF	CS	LS	PMS
EST	1	<u>0.77</u>	<u>0.56</u>	<u>0.50</u>	0,16	0,15	-0,06	0,15	0,14	0,14	-0,10	-0,26	-0,00	-0,20	0,06	0,08	-0,27	0,05
DC		1	<u>0.67</u>	<u>0.69</u>	0,22	0,21	0,04	0,21	0,20	0,20	-0,05	-0,23	-0,04	-0,08	0,03	0,11	-0,21	-0,01
NRP			1	<u>0.86</u>	0,08	0,09	-0,02	0,11	0,10	0,10	0,07	-0,02	0,26	0,12	0,24	0,24	0,12	0,01
NRS				1	0,24	0,24	0,13	0,25	0,26	0,26	0,18	0,07	0,11	0,01	0,10	0,12	0,09	-0,04
NFP					1	<u>1.00</u>	<u>0.46</u>	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>	<u>0.72</u>	0,17	0,00	-0,14	0,00	-0,02	0,02	-0,19
NSP						1	<u>0.49</u>	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>	<u>0.99</u>	<u>0.73</u>	0,17	0,01	-0,13	0,00	-0,01	0,06	-0,19
NSF							1	<u>0.49</u>	<u>0.49</u>	<u>0.49</u>	<u>0.73</u>	0,22	0,14	0,18	0,15	-0,03	0,10	0,37
PFP								1	<u>1.00</u>	<u>1.00</u>	<u>0.73</u>	0,20	0,10	-0,08	0,08	0,04	0,11	-0,12
PSP									1	<u>1.00</u>	<u>0.74</u>	0,20	0,06	-0,11	0,07	0,05	0,11	-0,13
PRO										1	<u>0.74</u>	0,20	-0,03	-0,28	-0,08	-0,02	0,15	-0,15
PRL											1	<u>0.53</u>	0,00	-0,24	-0,05	-0,04	0,27	0,01
TOA												1	-0,01	-0,24	-0,05	-0,11	0,11	0,05
CF													1	<u>0.75</u>	<u>0.62</u>	<u>0.50</u>	<u>0.52</u>	<u>0.43</u>
LF														1	<u>0.54</u>	<u>0.40</u>	<u>0.40</u>	<u>0.46</u>
PMF															1	<u>0.56</u>	0,28	<u>0.57</u>
CS																1	<u>0.52</u>	<u>0.44</u>
LS																	1	0,32
PMS																		1

Legenda: EST: Estatura; DC: Diâmetro do caule; NRP: Número de ramos primários; NRS: Número de ramos primários; NFP: Número de frutos por planta; NSP: Número de sementes por planta; NSF: Número de sementes por fruto; PFP: Peso de frutos por planta; PSP: Peso de sementes por planta; PRO: Produtividade de grãos; PRL: Produtividade de óleo; TOA: Teor de óleo do albúmen; CF: Comprimento de frutos; LF: Largura de frutos; PMF: Peso médio de frutos; CS: Comprimento de sementes; LS: Largura de sementes; PMS: Peso médio de sementes; Var: Variáveis; Significativo a 1% de probabilidade em negrito e sublinhado; Significativo a 5% de probabilidade em negrito.

Em relação às variáveis não dependentes, verificou-se correlação entre os caracteres vegetativos (EST, DC, NRP, NRS), e também entre as medições de frutos e sementes (CF, LF, PMF, CS, LS, PMS), exceto entre LS e PMF e LS e

PMS. O teor de óleo (TOA) teve correlação apenas com produtividade de óleo (PRL).

Com isso, pode-se compreender que as plantas mais altas apresentam maior diâmetro do caule, ramos primários, secundários e alta produção. Nesse sentido, apesar dos programas de melhoramento buscarem plantas mais baixas com alta produção devido a facilidade da realização da colheita (LAVIOLA et al., 2010), isso deve ser realizado concomitante à seleção do melhor sistema de cultivo, pois essa seleção pode diminuir a produtividade por planta, pois geralmente as maiores plantas tem maior rendimento e inflorescências em relação as menores (LAVIOLA et al., 2012; DOMICIANO et al., 2014). Entretanto, esta relação já é esperada e encontrada em diversos trabalhos, pois, o objetivo de reduzir a estatura em plantas é a possibilidade de aumento de densidade populacional e conseqüentemente uma maior produtividade por área, além do favorecimento da colheita mecanizada.

Assim, neste estudo alguns caracteres foram identificados como possibilidade de ganho genético para produção de forma indireta, ou seja, quando selecionar uma característica irá influenciar na outra. Como estatura, diâmetro do caule, número de ramos primários e secundários entre si, os caracteres de produção entre si (NFP, NSP, PFP, PSP, PRO, PRL) e óleo (PRL e TOA) e medições de frutos e sementes (CF, LF, PMF, CS e PMS)

Neste contexto, Reis et al. (2015) verificaram associações entre altura de plantas, projeção de copa, número de ramos totais, tempo de formação de fruto, e teor de óleo na semente em relação a produção de óleo por planta, podendo ser utilizadas para seleção indireta de genótipos superiores. Freitas et al. (2016) verificaram correlação alta positiva entre PFP e PSP, entre CF e LF, moderada entre PFP e TOS, PSP e TOS, LF e LS e baixa entre LF e CS, além de correlações negativas entre CF e LS, PSP e LS, PSP e CS, PSP e CF. Freitas et al. (2011), não observaram correlação significativa entre teor de óleo e comprimento-largura de sementes, sendo assim, o tamanho das sementes não deve ser considerado na seleção indireta do teor de óleo.

Laviola et al. (2012), observaram correlação moderada entre CS e LS, NSF e DC e baixa entre LS e DC, e negativa entre NSF e CS. Tripathi et al. (2013) observaram alta correlação entre estatura, diâmetro, produção de frutos e

sementes por planta. Além disso, os autores relataram que essas variáveis apresentaram coeficiente fenotípico de variação superior ao coeficiente genotípico, concluindo que essas variáveis apresentam baixo efeito ambiental.

Dessa forma, torna-se importante realizar a correlação entre variáveis de interesse, pois auxilia na decisão de quais variáveis podem ser selecionadas para realizar uma seleção indireta (LAVIOLA et al., 2012). A interpretação de correlações entre variáveis é importante para programa do melhoramento de pinhão manso, principalmente dos caracteres que apresentam importância econômica, pois pode auxiliar no estabelecimento de índices de seleção para múltiplas características, além de ser possível selecionar genótipos superiores (LAVIOLA et al., 2010). Além disso, Freitas et al. (2011) relatou que é importante conhecer a magnitude e a direção da correlação, pois é uma estratégia importante para o melhoramento genético, com estratégias para seleção de vários caracteres, seleção indireta, e determinar os caracteres/plantas de interesse para possíveis cruzamentos.

Apesar de ter sido realizado alguns trabalhos visando o melhoramento genético de *J. curcas* nos últimos anos, a maioria dos trabalhos são realizados até os 24 meses de idade (DRUMOND et al., 2010; BRASILEIRO et al., 2013; ALMEIDA et al., 2016). Dessa forma, esse trabalho é importante por realizar a caracterização de clones em ambiente de solo coeso em idade de 42 meses, acima de 3 anos de cultivo.

CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética entre os clones para produtividade de óleo com melhor desempenho para os clones UFRB05, UFRB13 e UFRB14. Há diferença entre a produtividade e teor de óleo de sementes com tegumento e sem tegumento, extraindo-se maior quantidade de óleo quando se retira o tegumento da semente. As elevadas associações entre os caracteres de produção são relacionadas à produtividade de óleo o que favorece a seleção indireta. O caráter peso de frutos por planta, quando priorizado, poderá obter maiores ganhos na seleção de clones para produtividade, além de ser um caráter de fácil aferição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.Q.; SILVA, S.A.; ALMEIDA, V.O.; SOUZA, D.R.; ARAÚJO, G.M. Genetic divergence and morpho-agronomic performance of *Jatropha curcas* L. clones for selection of clonal varieties. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.841-849, 2016.
- ANEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 563-568, 2005.
- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BIABANI, A.; RAFII, M.; SALEH, G.B.; SHABANIMOFRAD, M.; LATIF, M.A. Phenotypic and genetic variation of *Jatropha curcas* L populations from different countries. **Maydica**, v.57, n.2, p. 164-174, 2012.
- BRASILEIRO, B.P.; SILVA, S.A.; SOUZA, D.R.; SANTOS, P.A.; OLIVEIRA, R.S.; LYRA, D.H. Genetic diversity and selection gain in the physic nut (*Jatropha curcas*). **Genetics and Molecular Research**, v.12, n.3, p.2341-2350, 2013.
- CARELS, N. Chapter 2 *Jatropha curcas*: A Review. **Advances in Botanical Research**, v.50, p. 39-86, 2009.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 3 ed. Viçosa - MG: UFV, 2014.
- DIAS, L.A.S.; MISSIO, R.F.; DIAS, D.C.F.S. Antiquity, botany, origin and domestication of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae), a plant species with potential for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research - GMR**, v.11, n.3, p.2719-2728, 2012.
- DOMICIANO, G.P.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; ALBRECHT, J.C. Analysis of morpho-agronomic and climatic variables in successive agricultural years provides novel information regarding the phenological cycle of *Jatropha* in conditions of the Brazilian cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, v.4, p.1985-1998, 2014.

DRUMOND, M.A., SANTOS, C.A.F., OLIVEIRA, V.R., MARTINS, J.C., ANJOS, J.B.; Evangelista, M.R.V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, 40, p.44-47, 2010.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**, v. 29, n.1, p. 12-24, 2005.

FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, n.3, p.1490-1498, 2011.

FREITAS, R.G.; DIAS, L.A.S.; CARDOSO, P.M.R.; EVARISTO, A.B.; SILVA, M.F.; ARAÚJO, N.M. Diversity and genetic parameter estimates for yield and its components in *Jatropha curcas* L. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.1, p.1-10, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em: 15. Mai, 2018.

JUHÁSZ, A.C.P.; PIMENTA, S.; SOARES, B.O.; MORAIS, D.L.B.; RABELLO, H.O. Biologia floral e polinização artificial de pinhão-manso no norte de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB**, v.44, n.9, p.1073-1077, 2009.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.D. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.1969–1975, 2008.

LAVIOLA, B.G.; ROSADO, T.B.; BHERING, L.L.; KOBAYASHI, A.K.; RESENDE, M.D.V. Genetic parameters and variability in physic nut accessions during early developmental stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1117-1123, 2010.

LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A.; GURGEL, F.L.; ROSADO, T.B.; ROCHA, R.B.; ALBRECHT, J.C. Estimates of genetic parameters for physic nut traits based in the germplasm two years evaluation. **Ciência Rural** 42, n.3, p.429-435, 2012.

LAVIOLA, B.G.; ANJOS E SILVA, S.D.; JUHÁSZ, A.C.P.; ROCHA, R.B.; OLIVEIRA, R.J.P.; ALBRECHT, J.C.; ALVES, A.A.; ROSADO, T.B. Desempenho

agronômico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.5, p.356-363, 2014.

MELO FILHO, J.F.; SOUZA, A.L.V.; SOUZA, L.S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.6, p.1599-1608, 2007.

MISHRA, D.K. Selection of candidate plus phenotypes of *Jatropha curcas* L. using method of paired comparisons. **Biomass and bioenergy**, v. 33, n.3, p.542-545, 2009.

NEGUSSIE, A.; ACHTEN, W.M.J.; VERBOVEN, H.A.F.; AERTS, R.; SLOAN, R.; HERMY, M.; MUYS, B. Conserving Open Natural Pollination Safeguards *Jatropha* Oil Yield and Oil Quality. **BioEnergy Research**, v.8, n.1, p.340-349, 2015.

NUNES, C.F.; SANTOS, D.N.; PASQUAL, M.; VALENTE, T.C.T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.207-210, 2009.

NERY, A.R.; RODRIGUES, L.N.; FERNANDES, P.D.; CHAVES, L.H.G.; FERREIRA, D.J.L. Produção do Segundo ciclo do pinhão manso irrigado com águas salinadas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.531-536, 2013.

OLIVEIRA, V. D.; RABBANI, A.R.C.; SILVA, A.V.C.; LEDO, A.S. Genetic variability in physic nuts cultivated in Northeastern Brazil. **Ciência Rural**, v.43, n.6, p.978-984, 2013.

PALUPI, E.R.; AHMAD, A.S.; AFFANDI, R.; QADIR, A.; RANDRIANI, E. Reproductive success and compatibility among accessions of *Jatropha curcas* in Indonesia. **Journal of Tropical Crop Science**, v.1, n.2, p.11-17, 2014.

PESTANA-CALDAS, C.N.; SILVA, S.A.; MACHADO, E.L.; SOUZA, D.R.; CERQUEIRA-PEREIRA, E.C.; SILVA, M.S. Genetic divergence through joint analysis of morphoagronomic and molecular characters in accession of *Jatropha curcas*. **Genetics and Molecular Research (GMR)**, v.14, n.5, p.1-11, 2016.

PIMENTA, A.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; LAVIOLA, B.G. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Jatropha curcas*. **FLORESTA**, v.44, n.1, p.73-80, 2014.

QUEIROZ, D.C. **Avaliação de progênies de meio-irmãos e identificação de clones promissores de pinhão-mansão por meio de caracteres**

morfoagronômicos e moleculares. 114f. 2015. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas - BA, 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 05 Fev. 2018.

RAJU, A.J.S.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Current Science**, v.83, n.11, p.1595-1598, 2002.

REIS, M.V.M.; DAMASCENO JUNIOR, P.C.; CAMPOS, T.O.; DIEGUES, I.P.; FREITAS, S.C. Variabilidade genética e associação entre caracteres em germoplasma de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.46, n.2, p.412-420, 2015.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229. p. 44-78, 2005.

SILVA, L.A.; PEIXOTO, L.A.; TEODORO, P.E.; RODRIGUES, E.V.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Path analysis and canonical correlations for indirect selection of *Jatropha* genotypes with higher oil yield. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.1, p.1-12, 2017.

SOHXLET, F. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. **Dingler's Polytechnisches Journal**, v.232, p.461-465, 1879.

TEODORO, P.E.; COSTA, R.D.; ROCHA, R.B.; LAVIOLA, B.G. Número mínimo de medições para a avaliação acurada de características agronômicas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.2, p.112-119, 2016.

TRIPATHI, A.; MISHRA, D.K.; SHUKLA, J.K. Genetic variability, heritability and genetic advance of growth and yield components of *Jatropha* (*Jatropha curcas* Linn.) genotypes. **Trees**, v.27, n.4, p.1049-1060, 2013.

WANI, T.A.; KITCHLU, S.; RAM, G. Genetic variability studies for morphological and qualitative attributes among *Jatropha curcas* L. accessions grown under subtropical conditions of North India. **South African Journal of Botany**, v.79, p.102-105, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo verificaram-se alguns aspectos relevantes da fenologia, no qual se observou que o período avaliado pode influenciar no sistema de abertura (protandria/protoginia) e quantidade de flores. Além da caracterização da biologia floral onde foi possível identificar o melhor horário para realização de cruzamentos (08 e 10h). Em relação à biologia reprodutiva, verificou-se a eficácia dos insetos na polinização, onde a polinização cruzada é mais eficaz na produção de frutos e sementes de melhor qualidade do que a autofecundação, assim não houve déficit de polinizadores na cultura. Observaram-se dois polinizadores eficazes, porém, houve outros polinizadores complementares, que poderiam auxiliar na polinização efetiva, caso fosse necessário.

O estudo do desempenho morfoagrônomico, verificou diferença pela Anova e Scott-Knott para produtividade de óleo, no qual três clones foram considerados promissores (UFRB05, UFRB13 e UFRB14), e dessa forma, podem ser utilizados para futuros cruzamentos para o melhoramento genético da espécie. Na correlação, houve alta associação entre as variáveis de produção, isso permite aumentar concomitantemente quando se elege uma delas para seleção, possibilitando o ganho genético para a cultura. Além disso, o caráter peso de frutos por planta poderá obter maiores ganhos na seleção de clones para produtividade pela melhor facilidade de aferição e seu similar valor de herdabilidade com a produtividade de sementes.

Esses estudos são importantes devido à pouca informação na literatura, sobre a cultura do pinhão manso no nordeste brasileiro, além disso, o estudo da biologia reprodutiva com o enfoque da quantidade e qualidade de frutos e sementes, não tem sido estudada no Brasil. Assim, com as informações obtidas podem ser utilizadas como embasamento para estudos posteriores de melhoramento genético da cultura.