



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS



**FENOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA
FLORAL, MOLECULAR E AGRONÔMICA DE ACESSOS
DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

ANGELA MARIA DOS SANTOS PESSOA

2011



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS



ANGELA MARIA DOS SANTOS PESSOA

**FENOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA FLORAL,
MOLECULAR E AGRONÔMICA DE ACESSOS DE PINHÃO-
MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Sustentabilidade em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Renata Silva-Mann

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE - BRASIL
2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

P475f Pessoa, Angela Maria dos Santos
Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) / Angela Maria dos Santos Pessoa. – São Cristóvão, 2011.
70 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2011.

Orientador: Prof^a Dr^a Renata Silva-Mann.

1. Pinhão manso – Fenologia. 2. Pinhão manso – Floração. 3. Plantas oleaginosas. 4. Biodiesel. I. Título.

CDU 582.682.1

ANGELA MARIA DOS SANTOS PESSOA

**FENOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA FLORAL,
MOLECULAR E AGRONÔMICA DE ACESSOS DE PINHÃO-
MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração Sustentabilidade em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de Fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank
DEA-UFS

Prof. Dr. Laerte Marques da Silva
DEA-UFS

Profa. Dra. Renata Silva-Mann
DEA-UFS
(Orientadora)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

À minha mãe, que despertou a guerreira
que habitava dentro de mim.

Dedico

Ao meu pai, meu esposo e ao meu filho,
três amores da minha vida.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar este sonho possível, dando-me perseverança e força para vencer os obstáculos.

À Universidade Federal de Sergipe, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

Ao Programa de Pós Graduação em Agroecossistema, pelo excelente curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado.

A minha orientadora, Profa. Dra. Renata Silva-Mann, pela paciência, apoio e ensinamentos que foram imprescindíveis na elaboração deste trabalho.

Aos meus irmãos Ricardo, Romualdo, Rosa, Rozinaldo e Ronaldo, pelo apoio, e carinho.

Ao Prof. Dr. Francisco Sandro, pelo incentivo.

Ao Prof. Dr. Arie e a Profa Dra Maria de Fátima pelos ensinamentos.

Aos Profs. Drs. Genésio e Tácio, pela atenção.

Ao Departamento de Engenharia de Engenharia Química, em especial ao Prof. Dr. Gabriel e a aluna Patrícia.

À Maria Lícia, por tudo que compartilhamos e vivenciamos juntas durante a realização desse trabalho, pela amizade e compreensão.

À Luely, Flávia e Edilene, pelos bons momentos que passamos no decorrer do curso.

As colegas do Laboratório, Itamara e Susi (Molecular), Soraia (Sementes), Elizângela e Michelinha.

Aos colegas Luis Carlos da Silva Lacerda e Tarciana Silva Santos, alunos da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, pela contribuição.

A todos que, de alguma forma, direta ou indireta, colaboraram na realização deste trabalho e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer o meu agradecimento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. REFERENCIAL TEÓRICO	02
2.1. Origem, usos e importância econômica do <i>Jatropha curcas</i> L.	02
2.2. Características botânicas	03
2.2.1. Caracterização floral	04
2.3. Fenologia	05
2.4. Diversidade genética por meio de marcadores moleculares	07
2.5. Características Agronômicas	09
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 1: Fenologia de Acessos de Pinhão-manso	15
1. Resumo	15
2. Abstract	16
3. Introdução	17
4. Material e Métodos	18
5. Resultados e Discussão	20
6. Conclusões	25
7. Referências Bibliográficas	25
CAPÍTULO 2: Caracterização morfológica floral de acessos de <i>Jatropha curcas</i> L.	28
1. Resumo	28
2. Abstract	29
3. Introdução	30
4. Material e Métodos	31
5. Resultados e Discussão	32
6. Conclusões	37
7. Referências Bibliográficas	38
CAPÍTULO 3: Caracterização molecular de acessos de pinhão-manso (<i>Jatropha</i> <i>curcas</i> L) por RAPD	39
1. Resumo	39
2. Abstract	40
3. Introdução	41
4. Material e Métodos	42
5. Resultados e Discussão	46
6. Conclusões	50
7. Referências Bibliográficas	51
CAPÍTULO 4: Componentes de rendimento de acessos de pinhão-manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	53
1. Resumo	53

2. Abstract	54
3. Introdução	55
4. Material e Métodos	55
5. Resultados e Discussão	57
6. Conclusões	59
7. Referências Bibliográficas	59

RESUMO

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. Sergipe: UFS, 2011. 70 p. (Dissertação - Mestrado em Agroecossistemas)*

O *Jatropha curcas* L. é uma espécie oleaginosa com potencial para a produção de biodiesel, no entanto, faltam informações básicas para condução de plantios comerciais. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fenológico e a caracterização floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). O trabalho foi realizado no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal de Sergipe, foram avaliadas as principais fenofases das plantas (queda da folha, brotação, floração e frutificação), a caracterização da morfologia floral, a caracterização molecular por meio da ferramenta RAPD e a biometria e teor de óleo em sementes de pinhão-manso. A *Jatropha curcas* L. entra em repouso vegetativo no período seco, a brotação e floração iniciam logo após a queda das folhas e a frutificação ocorre no período de maior precipitação pluviométrica. O pinhão-manso é uma planta monóica, com ocorrência de flores hermafroditas. Há variabilidade genética média de 52,6% de similaridade entre os acessos de *Jatropha curcas* L. do BAG da UFS. O teor de óleo variou de 18,50 a 34,00%. Os acessos estudados são genótipos potenciais para serem utilizados em programa de melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: Banco de germoplasma, planta oleaginosa, biodiesel

Comitê Orientador: Profa. Dra. Renata Silva-Mann - UFS (Orientadora), Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank - UFS e Profa. Dra. Maria de Fátima Arrigoni-Blank – UFS

ABSTRACT

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Phenology and floral morphology, molecular and Agronomic characterization of accessions of physic nuts (*Jatropha curcas* L.)**. Sergipe: UFS, 2011. 70 p. (Dissertation-Master in Agroecosystem)*.

Jatropha curcas L. is an oilseed crop species with potential for biodiesel production, however, lacks basic information for conducting commercial plantations. This study aimed to evaluate the floral phenology, molecular and agronomic characterization of accessions of physic nut (*Jatropha curcas* L.). The study was carried out in the Active Germplasm Bank of the Federal University of Sergipe, it was evaluate the main phenophases of plants (leaf falling, flushing, flowering and fruiting), the characterization of floral morphology, molecular characterization by RAPD molecular tool and seed biometry and oil content. *Jatropha curcas* L. enter dormant during the dry season, budding and flowering begin immediately after leaf falling and fruiting occurs during the period of highest rainfall. The physic nut plant is monoecious, with the occurrence of hermaphroditic flowers. There is genetic average similarity of the 52,6% among accessions of *Jatropha curcas* L. in UFS ABG. The oil content ranged from 18.50 to 34.00%. These accessions are potential genotypes to be used in breeding program of the species.

Keywords: Bank of germplasm, oilseeds, biodiesel

Guidance Committee: Prof. Dr. Renata Silva-Mann - UFS (Major Professor), Dr. Arie Fitzgerald Blank - UFS and Maria de Fátima Arrigoni-Blank – UFS

1. Introdução Geral

As pesquisas com fontes alternativas de energia têm aumentado nos últimos anos, com a finalidade de diminuir a dependência por combustíveis fósseis e contribuir para a redução da poluição ambiental. Nesse sentido, o Brasil segue essa tendência, com a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, a partir da criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Este programa tem como finalidade a produção de energia renovável a partir de plantas oleaginosas adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região, valorizando a diversidade genética regional.

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) surge como uma alternativa por ser uma planta adaptada a diferentes condições climáticas e por possuir alto teor de óleo quando comparada com outras oleaginosas, mas, apesar disso, ainda é pouco trabalhado. Dentre os desafios a serem alcançados com o estudo dessa espécie está à obtenção de produtividade estáveis e cultivares registradas.

Mesmo sem conhecimento suficiente para a produção comercial dessa espécie, o governo federal autorizou a inscrição do pinhão-mansão no Registro Nacional de Cultivares (RNC), liberando o cultivo da espécie em larga escala, em todo o país. Dessa forma é necessário estudar o comportamento fenológico, fisiológico, e caracterizar morfológica, agrônômica e em nível molecular os recursos genéticos existente, que são aspectos básicos para iniciar um programa de melhoramento genético da espécie *J. curcas* L. Essas informações são valiosas do ponto de vista agrônômico, por possibilitar uma melhor compreensão sobre a biologia da espécie, conhecimento indispensável na condução e no controle de implantação do pinhão-mansão na agricultura brasileira.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fenológico e a caracterização morfológica floral, molecular e agrônômica de acessos de pinhão-mansão.

2. Referencial Teórico

2.1 - Origem, Usos e Importância Econômica do *Jatropha curcas* L.

A planta *Jatropha curcas* L. é conhecida popularmente com outras denominações, que variam dependendo da região, tais como: pinhão-manso, pinhão-do-paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-do-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicinaira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão-bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas e sassi (ARRUDA *et al.*, 2004).

É uma planta da família Euphorbiaceae, é nativa do México e América Central, sendo cultivada em muitos outros países latino-americanos, asiáticos e Africano, adaptando a diversidade de ambientes tropicais e subtropicais (MISHRA, 2009). No entanto, alguns autores relatam que esta espécie é nativa do Brasil, tendo sido introduzida por navegadores portugueses nas Ilhas do Arquipélago de Cabo Verde e Guiné, de onde foi disseminado pelo continente Africano (ARRUDA *et al.*, 2004).

No Brasil, a *J. curcas* ocorre em todas as regiões, sobretudo nos Estados do Maranhão até o Paraná de forma dispersa, adaptando-se a condições edafoclimáticas variadas. Pode crescer em uma pluviosidade ampla (200 mm a mais de 1.500 mm por ano) e também sobrevive em terras marginais de condições climáticas adversas (ARRUDA *et al.*, 2004; BASHA *et al.*, 2009).

É uma espécie de multiuso, usada como cerca viva em entorno de casa e jardins, por não ser visitada por animais e por ter frutos e sementes não comestíveis. Várias partes da planta são de valor medicinal e suas raízes têm sido usadas em forma de pó e pasta, cuja prática é comum para o tratamento de inflamação na Índia (MUJUMDAR & MISAR, 2004). A curcina presente nas sementes tem um efeito antitumoral e os seus mecanismos estão relacionados com a atividade N-glicosidase, podendo ser usada como quimioterápica para o tratamento de câncer (LIN *et al.*, 2003).

Além do potencial medicinal, nos últimos anos, o pinhão-manso ganhou enorme importância como planta para produção de biocombustível. Suas sementes são usadas como matéria-prima para a produção de biodiesel, com teor de óleo variando de 22 a 42%. O óleo também é usado para a fabricação de sabão e na indústria de cosméticos (SUNIL *et al.*, 2008; TATIKONDA *et al.*, 2009; DUKU *et al.*, 2011).

Os produtos gerados a partir da extração do óleo existente nas sementes são ricos em nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), o que permite seu uso como corretivo orgânico

no solo, assim, os co-produtos gerados a partir do uso das sementes podem ser adicionados ao solo para aumentar a produtividade agrícola. A casca da planta contém tanino, a madeira pode ser utilizada para fins diversos, incluindo o combustível para obtenção de álcool, além de ser uma planta com potencial para a produção de mel, por ser a abelha um dos seus polinizadores (OPENSHAW, 2000). Essas propriedades da *J. curcas* têm atraído um grande número de desenvolvedores de projetos. Atualmente, muitos países começaram a cultivar pinhão-mansão em larga escala, embora pouco se saiba sobre os efeitos positivos e negativos da grande produção sobre a ecologia, bem como situações sócio-econômicas com o uso de sua produção (PARAWIRA *et al.*, 2010).

O arquipélago de Cabo Verde foi importante produtor/exportador das sementes da espécie para Portugal. Atualmente, cultivos têm sido promovidos por organizações governamentais e não-governamentais no sul da África, Brasil, Mali e Nepal e em outros países por iniciativa privada (SATO *et al.*, 2009).

Apesar da intensificação do plantio do pinhão-mansão, a sua utilização se iniciou antes da segunda guerra mundial, em 1939, onde o principal emprego do óleo de pinhão-mansão era na saboaria, mas devido, as necessidades militares, outras possíveis utilizações começaram a ser estudadas, como o uso do óleo em motores diesel (CORTESÃO, 1956).

2.2 - Características Botânicas

O pinhão-mansão é um arbusto de crescimento rápido, cuja altura é de 2-3 m, em condições favoráveis, com folhas verdes, alternas, longas pecioladas, cordiformes, lobadas, com cinco lobos. Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente. O tronco é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas (CORTESÃO, 1957; HELLER, 1996).

O pinhão-mansão é uma planta monóica, com variação no número de flores por inflorescência, existem numa inflorescência mais flores masculinas do que flores femininas, numa proporção de uma flor feminina para 20 masculinas (JUHÁSZ *et al.*, 2009). Entretanto, uma inflorescência pode produzir de uma a cinco flores femininas e de 25 a 93 flores masculinas, com uma média de flores femininas para masculinas de 1:29 (RAJU & EZRADANAM, 2002).

Cada inflorescência dura de 13-19 dias na planta. Normalmente, algumas flores masculinas são abertas nos dois primeiros dias, seguidas pela rápida abertura das flores femininas. Cerca de 60% das flores femininas são abertas a partir do terceiro ao quinto dia, as masculinas abrem suavemente com um pequeno pico entre os dias 9 e 13 (CHANG-WEI *et al.*, 2007).

As flores de pinhão-mansão possibilitam a emasculação, realização de polinização artificial, não existe relato de autoincompatibilidade na reprodução sexuada e a fecundação ocorre nos processos de geitonogamia e xenogamia (PAIVA NETO *et al.*, 2010).

Os aspectos morfológicos do fruto de *J. curcas* são descritos como sendo constituído por fruto seco, com três cocas globosas, liso, coriáceo, capsular, ligeiramente roliço, com ápice e base agudos. O endocarpo é lenhoso (rijo e duro), com pequenos orifícios nos pontos de união dos carpelos. O fruto seco apresenta deiscência, fazendo com que as cocas se fendam longitudinalmente, expondo as sementes. No interior do fruto encontram-se geralmente três sementes, em alguns casos há ocorrência de duas e em menor frequência uma e quatro sementes (NUNES *et al.*, 2009; DALCHIAVON *et al.*, 2010).

2.2.1 - Caracterização Floral

Os trabalhos de caracterização morfológica de plantas são úteis para a identificação de germoplasma em coleção e como ferramentas auxiliarem em melhoramento vegetal. Ainda é usado como um pré-requisito para conhecer a história e vida vegetal (VEIGA *et al.*, 1996; CHANG-WEI *et al.*, 2007).

Alguns fatores característicos da espécie merecem destaque para futuros programas de melhoramento genético, como o conhecimento dos aspectos morfológicos das flores masculinas e femininas, para auxiliar nas técnicas de polinização.

A discussão sobre a morfologia floral, entretanto, permanece com lacunas, notadamente no que diz respeito à morfologia da flor, a qual fornece caracteres menos variáveis e, portanto, de significativa importância para a distinção das espécies (GOMES & CALVACANTE, 2001).

No entanto, variações morfológicas têm sido descritas em espécies da família Euphorbiaceae, como na estrutura floral nas etnovarietades DG-55 e DG-65 de

mandioca, nas quais foram encontradas flores hermafroditas e menor número de óvulos por ovário (SILVA *et al.*, 2001).

Os conhecimentos sobre a descrição da morfologia floral permitem melhor conhecimento da espécie em estudo, contribuindo para compreensão da sua biologia reprodutiva (BACELAR-LIMA *et al.*, 2006). Diferentes espécies da família Euphorbiaceae vêm sendo caracterizadas devido sua importância econômica. Nesta, que é uma das de maior importância econômica entre as Angiospermas, têm sido caracterizadas incluindo plantas latescentes, monóicas ou dióicas, com flores diclinas, sendo as flores pistiladas muito características pelo gineceu sincárpico, ovário súpero e geralmente tricarpelar (SÁTIRO & ROQUE, 2008).

Em espécies estudadas do gênero *Phyllanthus* têm sido relatadas plantas monóicas, sendo as flores estaminadas, disco nectarífero, estames em número de cinco, com filetes livres ou unidos, flores pistiladas e ovário trilocular (TORRES *et al.*, 2003).

No entanto, no gênero *Jatropha* encontram-se espécies, cujas plantas são monóicas, flores estaminadas possuem glândulas florais, dialissépalas e anteras com tecas não divergentes e as flores pistiladas possuem ovário oblongo a ovóide e três estiletos (SÁTIRO & ROQUE, 2008).

As espécies *J. mutabilis* e *J. mollissima*, ambas do mesmo gênero do pinhão-mansão são plantas monóicas, apresentam flores do tipo disco, com antese floral diurna, havendo variação em relação à longevidade das flores nos dois sexos, sendo as flores masculinas mais efêmeras (12 h), e as femininas mais duradouras (36 h) (SANTOS *et al.*, 2005).

Estudo realizado com pinhão-mansão na China comprova que as flores são monóicas, as anteras das flores masculinas são amarelo-brilhantes, possuem dez estames, enquanto que as flores femininas possuem ovário súpero e assemelham-se as flores masculinas em número de pétalas, sépalas e número de glândulas florais (CHANG-WEI *et al.*, 2007).

2.3 - Fenologia

A fenologia refere-se aos eventos biológicos vegetativos e reprodutivos das plantas tais como o brotamento, abscisão foliar, formação de botões, flores, frutos e suas relações com mudanças no ambiente biótico e abiótico (FERRAZ, 1999).

As informações fenológicas são valiosas do ponto de vista botânico e ecológico,

porque possibilitam melhor compreensão sobre a biologia da espécie, indispensável na condução e controle do plantio (ALENCAR, 1994).

Por meio de observações fenológicas é possível construir um calendário de eventos biológicos, que muitas vezes são significativos na exploração dos aspectos estacionais dos fenômenos ecológicos. Por meio da fenologia se pode estudar as causas e as manifestações dos fenômenos de floração, frutificação, queda das folhas e brotação das plantas. Cada fase distinguível no ciclo de vida de uma espécie é denominada de fenofase (PICCOLO & GREGOLIM, 1980).

Segundo Founier (1976), o conhecimento fenológico é de suma importância para a compreensão da complexa dinâmica dos agroecossistemas. Este tipo de informação além de explicar muitas das relações das plantas em seu meio ambiente, possibilita conhecer a capacidade produtiva da espécie em longo período.

Entender a fenologia das espécies permite a melhor compreensão dos fenômenos biológicos de uma cultura, os quais poderão assegurar o bom desempenho e planejamento dos plantios, bem como a escolha de genótipos que expressem suas características em acordo com as condições locais.

O conhecimento da fenologia pode contribuir para a sustentabilidade de um agroecossistema. Nesta perspectiva de sustentabilidade, e considerando que os agroecossistemas têm como objetivo a manipulação dos recursos naturais com vista à otimizar a captura da energia solar e transformá-la em massa com potencial para transformação industrial ou não (KOZIOSKI & CIOCCA, 2000), o conhecimento dos eventos de florescimento, produção de biomassa são imprescindíveis para o pleno estabelecimento de uma cultura em uma região.

Para que um agroecossistema seja sustentável deve incluir pelo menos três critérios: a manutenção da sua capacidade produtiva, preservação da diversidade biológica e a capacidade de auto manter-se. Um dos desafios para o desenvolvimento dos agroecossistemas é a manutenção equilibrada da produtividade (ALTIERI, 2002). No caso do pinhão-mansão a época de reprodução, os ciclos de crescimento vegetativo e sua relação com os fatores climáticos são importantes para se garantir a máxima produtividade.

Assim, para que estes eventos possam ser entendidos, as avaliações fenológicas devem ter caráter quantitativo e cobrir todo o período de manifestação da característica observada (FOUNIER, 1974).

Diante disso, Founier (1976) propôs uma representação por meio de um gráfico

que registra o comportamento fenológico das árvores, denominada dendrofenograma. O mesmo autor relatou ainda que o dendrofenograma é composto por um eixo horizontal que representa o tempo em meses e um vertical com quatro escalas percentuais que são: floração, frutificação, queda das folhas e brotação, podendo ser usado em nível de indivíduo.

As variáveis climáticas, sobretudo associadas à disponibilidade de água e aumento da temperatura mínima média, interferem nos ciclos fenológicos de floração e frutificação (MENEZES & OLIVEIRA, 2007), e em programas de melhoramento visando à seleção e indicação de genótipos para uma dada região, estas características devem estar correlacionadas.

Além do estudo das relações entre o clima e os fenômenos biológicos na escolha de uma espécie, hoje existem técnicas que permitem selecionar plantas de acordo com o genótipo. Neste caso, ferramentas moleculares, geralmente oferecem melhor resposta na distinção de acessos de forma rápida e eficiente (PEREIRA *et al.*, 2008).

2.4 - Diversidade Genética por Meio de Marcadores Moleculares

A expressão da variabilidade genética entre acessos ocorre de forma diferenciada nas diferentes etapas fenológicas de uma espécie. A identificação baseada apenas ao nível de fenótipo tem sido cada vez mais uma tarefa difícil, tendo em vista a influência dos fatores ambientais e a complexidade da expressão gênica (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1998).

Desta forma, os marcadores moleculares surgem como alternativas e são baseados em variações de sequências de DNA e tem demonstrado ser uma ferramenta efetiva para o mapeamento, diagnóstico genético e molecular (BELTRÃO *et al.*, 2007).

Uma destas ferramentas utilizadas para a caracterização da variabilidade genética é o RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA* – Amplificação Aleatória de Polimorfismo de DNA).

Essa ferramenta surgiu em 1990, e faz uso de sequências iniciadoras curtas arbitrárias que flanqueiam a amplificação ao acaso de fragmentos de DNA, que irão traduzir-se na síntese final de vários segmentos de DNA de diferentes tamanhos. Por meio destes fragmentos será possível detectar polimorfismo na sequência de DNA genômico, podendo ser usados como marcador genético, medindo a similaridade entre acessos (WILLIAMS *et al.*, 1990).

Essa é uma técnica simples, rápida, de baixo custo e demanda quantidades mínimas de DNA para a realização das análises, e permite ainda acessar diretamente o DNA da planta sem nenhum conhecimento prévio sobre a genética da espécie a ser estudada (LARCEDA *et al.*, 2002).

Desde o surgimento da técnica muitos estudos são realizados em diferentes famílias botânicas, visando à preservação, conservação e caracterização de recursos genéticos, principalmente visando à identificação de similaridades e diversidades de materiais, bem como na conservação visando mitigar a erosão genética das espécies.

A caracterização molecular em associação com a diversidade genética em acessos de pinhão-manso no Brasil tem sido pouco realizada, alguns trabalhos têm sido realizados na Índia. Todavia, vários estudos realizados com sucesso vêm sendo desenvolvidos com espécies da família Euphorbiaceae, com especial destaque a faveleira (*Cnidioscolus phyllacanthus* Pax et K. Hoffm.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell-Arg.), ambas parentes da *J. curcas* L.

Em estudo de diversidade genética de 40 acessos de *J. curcas*, provenientes de diferentes Estados da Índia usando marcadores RAPD, observou-se diferença genética entre os acessos e a formação de dois grupos pela análise de agrupamento de UPGMA, os resultados encontrados forneceram dados que possibilitam a conservação, coleta e caracterização de recursos genéticos de pinhão-manso (SUBRAMANYAM *et al.*, 2009).

Kumar *et al.* (2009) também realizaram trabalho por meio do polimorfismo gerado por RAPD e obtiveram a diversidade genética entre 26 acessos de pinhão-manso em Banco Ativo de Germoplasma na Índia, a técnica utilizada revelou diferença genética entre os acessos, podendo ser recomendada na análise da caracterização genética de plantas.

Estudos conduzidos sobre a variabilidade molecular foram realizados em acessos de faveleira inermes e com espinhos, planta com potencial forrageiro, e observaram que acessos com e sem espinhos possuem diversidade genética similar, sendo que as plantas com espinhos podem ser a principal fonte de variabilidade para os programas de melhoramento (BATISTA *et al.*, 2007).

Em outro estudo com marcadores de RAPD em vinte acessos elite de mandioca (*Manihot. esculenta*), provenientes do Banco Regional de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC), têm-se apontado elevada variabilidade genética entre eles,

mostrando eficiência da técnica na caracterização molecular e na determinação da variabilidade genética entre acessos de mandioca de interesse para a indústria (VIEIRA *et al.*, 2010).

Em acessos de *M. esculenta*, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-PA, têm-se apontado grande divergência genética em alguns acessos, oriundos da mesma localidade, e esse marcador mostra ser eficiente para detectar polimorfismo nesta espécie, podendo ser utilizado como uma poderosa ferramenta na obtenção de informações úteis para o manejo de coleções de germoplasma e direcionamento de programas de melhoramento genético (COSTA *et al.*, 2003).

Estudos de similaridade genética por meio do RAPD foram conduzidos em clones de *Hevea brasiliensis*, e constataram uma ampla variabilidade genética entre os clones e confirmada a identificação da maioria dos clones, contudo os dados moleculares foram eficientes em detectar um erro na caracterização de duas plantas mencionadas, provenientes de locais diferentes (BICALHO *et al.*, 2008).

2.5 - Características Agronômicas

A caracterização agronômica de acessos em um Banco Ativo de Germoplasma visa à diferenciação fenotípica entre os mesmos, servindo como importante instrumento para a eliminação de duplicidades de acessos. Portanto, trabalhos de caracterização e avaliação do germoplasma são fundamentais para a sua utilização mais eficiente nos trabalhos de melhoramento, possibilitando a identificação de cultivares com características superiores e herdáveis (GUSMÃO & NETO, 2008).

Uma das características avaliadas são as dimensões das sementes, aspectos úteis para estudar a conservação e exploração dos recursos de valor econômico e para avaliar a variabilidade genética e as relações entre esta variabilidade e os fatores ambientais, que são passíveis de utilização em programas de melhoramento genético (VIEIRA & GUSMÃO, 2008).

O tamanho das sementes é de grande importância para o estudo de uma espécie, sendo que dentro da mesma espécie, existem variações individuais entre indivíduos (SANTOS *et al.*, 2009).

Cavalcante *et al.* (2008), relataram divergência genética entre acessos de mamona provenientes de dez municípios alagoanos baseados em características biométricas, como peso e teor de óleo das sementes.

Em genótipos de mamona verificou-se divergência genética entre cultivares baseadas nos caracteres de coloração, tamanho e forma das sementes, sendo que a certificação de variabilidade com base na divergência genética é uma estratégia bastante utilizada em programa de melhoramento (BAHIA *et al.*, 2008).

Poucos trabalhos caracterizaram a associação das características produtivas em pinhão-mansão com características morfológicas das sementes, sendo que o rendimento de óleo é um dos principais produtos desse cultivo. O volume de óleo produzido por planta depende da associação das características produtivas e vegetativas em um determinado ambiente (SPINELLI *et al.*, 2010).

3. Referências Bibliográficas

- ALENCAR, J. C. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na reserva Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazônica**, v. 9, n. 1, p. 163-198, 1994.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002, 592p.
- ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L.S. Cultivo do Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) como Alternativa para o Semi-Árido Nordeste. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 789 – 799, 2004.
- BACELAR-LIMA, C. G.; MENDONÇA, M. S. BARBOSA, C. T. Morfologia Floral de uma População de Tucumã, *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. (Arecaceae) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 4, p. 407-412, 2006.
- BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. S.; MOREIRA, R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p.357-362, 2008.
- BASHA, S. D.; FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. SUJATHA, M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. **Plant Science**, v. 176, p. 812–823, 2009.
- BATISTA, C. E. A.; MENESES, C. H. S. G.; DANTAS, J. P.; HOFFMANN, L. V.; ESTAVAM, A. T.; BARROSO, A. V. Variabilidade molecular de acessos de faveleira [*Cnidoscolus phyllacanthus* (M. Arg.) Pax & Hoffm.] inermes e com espinhos. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n. 1, p. 31-36, 2007.

- BELTRÃO, F. A. S.; SILVA, D. S.; LAMOCA-ZARATE, R.M.; FELIX, L. P.; BELTRÃO, A. E. S. Avaliação da diversidade genética através de RAPD de acessos de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* PAX & HOFFM.) e de duas espécies afins de interesse forrageiro, **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 118-126, 2007.
- BICALHO, K. C.; OLIVEIRA, L. E. M.; SANTOS, J. B.; MESQUITA, A. C.; MENDONÇAS, E. G. Similaridade genética entre clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*), por meio de marcadores RAPD. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 5, p. 1510-1515, 2008.
- CAVALCANTE, M.; PAIXÃO, S. L.; FERREIRA, P. V. Divergência genética entre acessos de mamona em dez Municípios de Alagoas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p.111-115, 2008.
- CHANG-WEI, L.; YOU, C.; YONG-YU, S. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. **Forestry Studies in China**, v. 9, n. 2, p. 114-119, 2007.
- CORTESÃO, M. **Culturas tropicais; plantas oleaginosas; coqueiro, rícino, purgueira, aleurites**, Lisboa, Portugal, Clássica Editora. 180p. 1957.
- COSTA, M. R.; CARDOSO, E. R.; OHAZE, M. M. M. Similaridade genética de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) por meio de marcadores RAPD. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 1, p.158-164, 2003.
- DALCHIAVON, F. C.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SANTI, A.; NIED, A. H.; MARTINS, J. A.; COLETTI, A. J. Características agronômicas das sementes e dos frutos de pinhão-manso no Município de Tangará da Serra, MT. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.8, n.1, p.95- 101, 2010.
- DUKU, M. H.; GU, S.; HAGAN, E. B. A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15. P. 404–415, 2011.
- FERRAZ, D. K. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n.2, p. 305-317, 1999.
- FERREIRA, M. E.; GRATAPLAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília: EMPRAPA-CENARGEN, 220p. 1998.
- FOURNIER, L. A. El dendrofenograma, una representación gráfica Del comportamiento fenológico de los árboles. **Turrialba**, v. 26, n. 1, p. 96-97, 1976.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medicion de características fenológicas em arboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.
- GOMES, S. M.; CAVALCANTI, T.B. Morfologia floral de *Aspidosperma* MART. & ZUCC. (APOCYNACEAE). **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 73-88, 2001.

GUSMÃO, L. L.; NETO, J. A. M. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de mandioca nas condições edafoclimáticas de São Luiz, MA. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p. 28-34, 2008.

HELLER, J. **Physic nut.** *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gaterleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 66p. 1996.

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**, v. 44, n. 9, p.1073-1077, 2009.

KOZIOSKI, G. V.; CIOCCA, M. L. S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, v. 30, n.4, p.737-745, 2000.

KUMAR, R. V.; TRIPATHI, Y. K.; SHUKLA, P.; AHLAWAT, S. P.; GUPTA, V. K. Genetic diversity and relationships among germplasm of *Jatropha curcas* L. revealed by RAPDs. **Trees**, v. 23, p. 1075-1079, 2009.

LACERDA, D. R.; ACEDO, M. D. P.; LEMOS, F. J. P.; LOVATO, M. B. A técnica de RAPD: uma ferramenta molecular em estudos de conservação de plantas, **Lundiana**, v. 3, n. 2, p.87-92, 2002.

LIN, J.; FANG, Y.; LIN, T.; FANG, C. Antitumor effects of curcin from seeds of *Jatropha curcas*. **Acta Pharmacologica Sinica**, v. 24, n.3, p. 241 -246, 2003.

MENEZES, S. P.; OLIVEIRA, A. C. Fenologia da floração e Frutificação de *Hemerocallis* 'By Myself' em Vitória da Conquista/BA. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 822-824, 2007.

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.

MUJUMDAR, A. M.; MISAR, A. V. Anti-inflammatory activity of *Jatropha curcas* roots in mice and rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 90, p. 11–15, 2004.

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

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, p. 1-15, 2000.

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.

PARAWIRA, W. Biodiesel production from *Jatropha curcas*: A review. **Scientific Research and Essays**, v. 5, n. 14, p. 1796-1808, 2010.

- PEREIRA, J. W. L.; FILHO, P. A. M.; SILVA, F. A. C.; SANTOS, R. C. Variabilidade Genética de Acessos de Amendoim do tipo Runner com base em Marcadores Moleculares RAPD. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.12, n.1, p.35-40, 2008.
- PICCOLO, A. L. G.; GREGOLIM, M. I. Fenologia de *Melia azedarach* L. no sul do Brasil. **Turrialba**, v. 30, n.1, p. 107-109, 1980.
- RAJU, A. J. S.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Current Science**, v. 83, p.1395-1398, 2002.
- SANTOS, F. S.; PAULA, R. C.; SABONARO, D. Z.; VALADARES, J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 82, p. 163-173, 2009.
- 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.
- SÁTIRO, L. N.; ROQUE, N. A família Euphorbiaceae nas caatingas arenosas do médio rio São Francisco, BA, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 22, n. 1. p. 99-118, 2008.
- SATO, M.; BUENO, O. C.; ESPERANCINIS, M. S. T.; FRIGO, E. P. A cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. **Revista Varia Scientia**, v. 7, n. 13, p. 47-62. 2009.
- SILVA, R. M.; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p.101-107, 2001.
- SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; JÚNIOR, J. R. V.; FERNANDES, C. F.; MILITÃO, J. J. S. L. T.; 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.
- SUNIL, N.; VARAPRASAD, K. S.; SIVARAJ, N.; KUMAR, T. S.; ABRAHAM, B., PRASAD, R. B. N. Assessing *Jatropha curcas* L. germplasm in-situ - A case study. **Biomass and Bioenergy**, v.32, p. 198-202, 2008.
- SUBRAMANYAM, K.; MURALIDHARARAO, D.; DEVANNA, N. Genetic diversity assessment of wild and cultivated varieties of *Jatropha curcas* (L.) in India by RAPD analysis. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 9, p. 1900-1910, 2009.
- TATIKONDA, L.; WANI, S. P.; KUNNAN, S.; BEERELLI, N.; SREEDEVI, T. K.; HOISINGTON, D. A.; DEVI, P.; VARSHNEY, R. K. AFLP-based molecular characterization of an elite germplasm collection of *Jatropha curcas* L., a biofuel plant. **Plant Science**, v. 176, p.505-513, 2009.

TORRES, D. S. C.; CORDEIRO, I.; GUILIETTI, A. M. O gênero *Phyllanthus* L. (Euphorbiaceae) na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, **Acta Botânica Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 265-278, 2003.

VEIGA, R. F. A.; NAGAI, V.; SODOY, I. J.; CARVALHO, L. H.; MARTINS, A. L. M. Caracterização morfológica de acessos de amendoim: Avaliação da sensibilidade de alguns descritores. **Bragantia**, v. 55, n. 1, p.45-56, 1996.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; FALEIRO, F. G.; BELLON, G.; FONSECA, K. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S. Caracterização molecular e variabilidade genética de acessos elite de mandioca para fins industriais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, 2010.

VIEIRA, F. A.; GUSMÃO, E. Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk.(Sapindaceae). **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 4, p.1073-1079, 2008.

WILLIAMS, J. G. K.; KUBELIK A. R., LIVAK; K. J.; RAFALSKI, J.; TINGEY, S. V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v. 18, n. 22, p. 6531-6535, 1990.

CAPÍTULO 1

Fenologia de Acessos de Pinhão-manso

1. Resumo

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Fenologia de acessos de pinhão-manso**. In: Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2011. Cap.1. Dissertação (Dissertação-Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão* .

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento fenológico do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). As observações fenológicas (queda das folhas, brotação, floração e frutificação) foram realizadas em 17 acessos de pinhão-manso provenientes do Banco Ativo de Germoplasma, pertencentes ao Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS, no período de janeiro a dezembro de 2010. A queda das folhas dos acessos de pinhão-manso ocorreu durante os meses de abril a novembro. A brotação ocorreu durante os meses de julho a dezembro, logo após a queda das folhas, no final do período chuvoso ao período quente. Nota-se ainda ocorrência de pouca brotação no início do ano, de janeiro a fevereiro. O primeiro florescimento ocorreu em janeiro e prolongou-se até abril, mês de maior precipitação. Também se verificou ocorrência de floração entre os meses de outubro e dezembro. A frutificação teve início no mês de janeiro a junho, a segunda frutificação ocorreu no mês de dezembro, com menor intensidade. Há variação no comportamento fenológico em acessos de pinhão-manso, característica que deve ser ponderada no planejamento de cruzamentos para fins de melhoramento da espécie.

Palavras-chave: Comportamento fenológico, banco de germoplasma, fenofases

Phenology of physic nut accessions

2. Abstract

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Phenology of physic nut accessions**. In: Fenology and floral morphology, molecular and Agronomic characterization of accessions of physic nuts (*Jatropha curcas* L.). 2011. Chap. 1. Dissertation (Dissertation-Master in Agroecosystem) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão*.

This study aimed to characterize the phenological behavior of physic nut (*Jatropha curcas* L.). The phenology (falling leaves, flushing, flowering and fruiting) were performed in 17 accessions of physic nut from the Active Germplasm Bank, belonging to the Department Agronomic Engineering of the UFS, in the period January to December 2010. The falling leaves of the accessions of physic nut occurred during the months from April to November. The shooting occurred during the months from July to December, shortly after falling of leaves at the end of the rainy season to the warm period. Note also the occurrence of little sprouts at the beginning of the year, January-February. The first flowering occurred in January and lasted until April, the month of highest rainfall. It was also observed the occurrence of flowering in October and December. Fruiting began in January to June, the second fruiting occurred in December, with less intensity. There is variation in phenology in accessions of physic nut, a feature that should be considered in planning crosses for breeding programs of this species.

Keywords: Phenological behavior, germplasm bank, phenophases

3. Introdução

Nos últimos anos houve aumento da busca por fontes alternativas de energia, face às irreversíveis e negativas mudanças ocorridas no meio ambiente. Nesse sentido, alternativas energéticas vêm sendo desenvolvidas, como o biodiesel, a partir de culturas oleaginosas que apresentem grande potencial produtivo e alto teor de óleo para fins combustíveis como o pinhão-manso, apesar ser uma planta ainda pouco conhecida sob diversos aspectos (FRIGO *et al.*, 2008; MARQUES & FERRARI, 2008).

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie oleaginosa, de fácil propagação e que pode apresentar relevante importância social e econômica para o Brasil, especialmente como fonte de biocombustível. Mas, é uma espécie que necessita de maiores conhecimentos sobre os aspectos agrônômicos e as características fenológicas (SILVA *et al.*, 2009).

As características fenológicas de uma espécie são de grande importância para o entendimento da dinâmica do ecossistema e das condições climáticas de um ambiente (Fournier, 1967).

Apesar da fenologia de espécies de plantas ser relativamente pouco estudada em regiões tropicais, há necessidade de estudos aprofundados sobre a fenologia de diferentes espécies e sua relação com os fatores climáticos, sendo que a previsão da época de ocorrência das fenofases depende do conhecimento das espécies e da ação conjunta dos elementos do clima (FERRAZ *et al.*, 1999).

Essas fenofases podem ter caráter qualitativo, onde são levantadas as épocas em que ocorrem, ou quantitativo, onde são medidas em termos de intensidade do evento (Fournier, 1974). O conhecimento fenológico é baseado nas observações de estádios de desenvolvimento extremamente visíveis (fenofases) da planta, como queda das folhas, brotação, floração e frutificação (GOMES *et al.*, 2008).

Estes estudos são de suma importância para a compreensão do comportamento de espécies em processo inicial de estudo, como o pinhão-manso. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento fenológico do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido no Banco Ativo de Germoplasma pertencente ao Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão, Estado de Sergipe (10° 55' 43" S e 37° 06' 10" W), o tipo de solo predominante é Neossolo Quartzarênico.

O clima da área de estudo está representado pelo tipo As', segundo a classificação de Köppen, clima tropical chuvoso, com verão seco (FILHO *et al.*, 1999). Os dados climáticos descritos do período experimental foram obtidos no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) onde foi calculada a média mensal dos valores diários para a temperatura e a soma da pluviosidade acumulada de cada mês.

4.2. Material vegetal

Foram utilizados 17 acessos de pinhão-manso oriundos dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, Sergipe e Bahia (Tabela 1).

TABELA 1. Identificação e origem de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco Ativo de Germoplasma da UFS. São Cristóvão - SE, UFS, 2011.

Acesso	Município / Estado de origem	Código no herbário da UFS
JCUFS-001	Lavras/MG	15256
JCUFS-002	Lavras/MG	15259
JCUFS-003	Lavras/MG	15249
JCUFS-004	Lavras/MG	15258
JCUFS-005	Lavras/MG	15257
JCUFS-006	Lavras/MG	15243
JCUFS-007	Lavras/MG	15250
JCUFS-008	Lavras/MG	15246
JCUFS-009	Lavras/MG	15254
JCUFS-010	Rio Verde /GO	15253
JCUFS-011	Rio Verde /GO	15252
JCUFS-012	Lavras/MG	15251
JCUFS-013	Rio Verde /GO	15262
JCUFS-014	Alegre/ES	15255
JCUFS-015	Rio Verde /GO	15248
JCUFS-016	Lagarto /SE	15261
JCUFS-017	Valente /BA	15260

4.3. Manejo e tratos culturais

Durante a realização do experimento os acessos receberam uma adubação de cobertura, composta de 80g de nitrogênio e 50g de potássio por planta. Sendo que essas plantas já se encontravam estabelecidas no local desde o ano de 2007. Foram realizadas capinas a cada três meses e foram aplicados formicidas quando necessário para o controle do ataque de formigas no local.

4.4. Avaliações fenológicas

As observações fenológicas foram realizadas a cada quinze dias, durante um ano de acordo com o método proposto por Fournier (1974), de janeiro a dezembro de 2010. Foram utilizadas fichas de acompanhamento fenológico para determinar as principais fenofases (brotação, floração, frutificação e queda das folhas), segundo Tabela 2.

TABELA 2. Fenofases propostas por Fournier (1974).

Fenofase	Código	Progressão das fenofases
Brotação	1	Sem folha ou quase desfolhada
	2	Em brotação
	3	Folhas adultas
Floração	1	Presença de botões florais
	2	Plena floração
	3	Floração terminando ou terminada
Frutificação	1	Início da frutificação
	2	Frutos verdes
	3	Frutos maduros

O critério de avaliação foi baseado no método quantitativo de medição proposto por Fournier (1974), seguindo uma escala que varia entre 0 e 4. Nesse método cada uma das fenofases evolui individualmente, e os valores da escala possuem o seguinte significado; 0 – ausência do fenômeno observado; 1 - presença do fenômeno com uma amplitude entre 1 e 25%; 2 - presença do fenômeno com uma amplitude entre 26 e 50%; 3 - presença do fenômeno com uma amplitude entre 51 e 75% e 4 - presença do fenômeno com uma amplitude entre 76 e 100%.

Os resultados obtidos foram lançados em dendrofenogramas, segundo Fournier (1974), associados à temperatura e precipitação durante o período de observação.

5. Resultados e discussão

5.1 Dados climáticos

Dentre as condições ambientais (precipitação e temperatura) foram observadas as fenofases dos acessos de pinhão-manso do BAG-UFS durante o período de janeiro a dezembro de 2010. Observou-se que o mês de abril foi o mais chuvoso (444,80 mm) e dezembro foi o mês mais seco (8,70 mm), com temperatura de 28,42 °C, sendo um dos meses mais quentes. Segundo Opler *et al.* (1976) a principal diferença entre a fenologia de plantas das regiões tropicais e temperadas é que nos trópicos, o padrão fenológico é determinado, sobretudo, pela precipitação.

Quanto à temperatura essa faixa também foi constatada nos meses de janeiro (28,37 °C) e março (28,50 °C) (Figura 1).

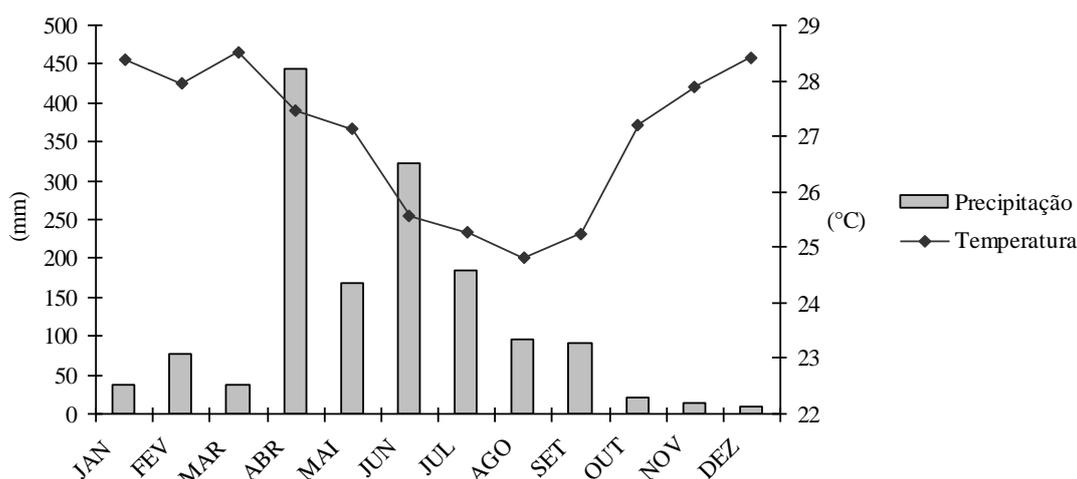


FIGURA 1. Temperatura média e pluviosidade do período de avaliação das fenofases de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no Banco Ativo de Gemoplasma da UFS. DEA-UFS, São Cristóvão, SE, 2011.

Para o Estado de Sergipe, o pinhão-manso tem sido encontrado em áreas caracterizadas pelo clima semi-árido com baixa pluviosidade e altas temperaturas. Nestas regiões a sazonalidade para o regime de precipitação é bem marcante. Os ambientes de clima sazonal, que têm uma estação de crescimento restrita, apresentam padrão fenológico menos diverso em um dado local (MORELLATO *et al.*, 2000).

Deste modo é esperado que nestas regiões com expressiva sazonalidade tenham uma distribuição de fenofases restrita a determinados períodos, facilitando ao produtor o planejamento do plantio, bem como o estabelecimento de políticas públicas de apoio ao

estabelecimento de determinada cultura, principalmente culturas como o pinhão-manso indicadas para plantio por agricultores familiares.

A época e a duração do surgimento dos brotos, expansão das folhas, maturidade, senescência e queda das folhas são cruciais para o desempenho das plantas (FENNER, 1998). A taxa de sucessão das folhas é afetada por fatores ambientais e varia entre as espécies.

5.2 Fenofases

5.2.1 Queda de folhas

A queda das folhas dos acessos de pinhão-manso ocorreu durante os meses de abril a novembro, iniciando no período chuvoso e terminando no período seco e quente, aumentando de intensidade com a diminuição da precipitação (Figura 2). Os 17 acessos estudados apresentaram comportamento diferenciado na queda da folha, variando de dois a cinco meses. Em *J. mollissima* a queda das folhas aconteceu ocasionalmente, as plantas ficaram sem folhas por períodos curtos, de dois meses, até o mês de outubro (AMORIM *et al.*, 2009).

Para o acesso JCUFS-013 essa fenofase também teve a duração de dois meses, de junho a julho. A temperatura variou pouco nesse período, no entanto, o mesmo não ocorreu com a precipitação. Nesta fase houve um declínio em julho, mês de pico e final da fenofase.

O acesso JCUFS-013 é promissor para ser utilizado em programa de melhoramento genético da espécie, pois, passa um período curto de repouso vegetativo, quando comparado com os demais acessos, voltando a emitir folhas, o que implica na realização de fotossíntese. Além dessas características, possuem uma menor proporção de flores estaminadas para pistiladas numa inflorescência, sendo que as flores estaminadas são responsáveis pela produção de frutos. Esse acesso possui também sementes pesadas, quando comparado com os demais acessos e está entre os que mais contêm óleo em suas sementes.

Constatou-se que a maioria dos acessos permaneceu com um mínimo de folhas velhas, e apenas três acessos entrou em dormência vegetativa, perdendo totalmente as folhas durante o período de realização do experimento. A perda completa de folhas é um recurso usado pela planta para manutenção da sua sobrevivência em condições de estresse salino ou hídrico. Em três espécies do gênero *Jatropha* foi relatado

comportamento fenológico semelhante, onde as espécies estudadas apresentaram comportamento foliar decíduo, com todos os indivíduos sem folhas (NEVES *et al.*, 2010).

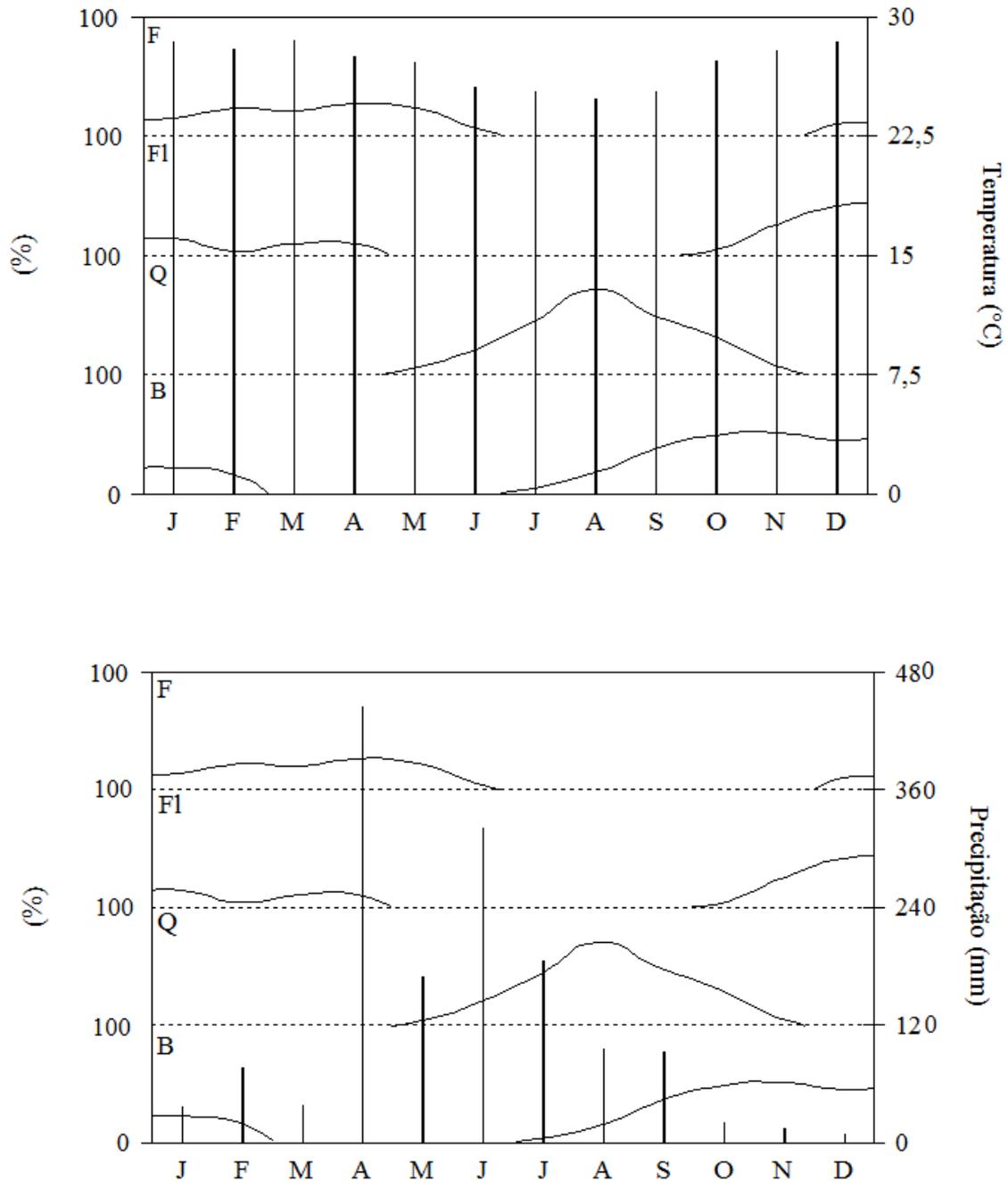


FIGURA 2. Dendrofenogramas de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) associados à temperatura média e precipitação. Brotação(B); Queda de folhas (Q); Floração (Fl) e Frutificação (F) no ano de 2010. DEA-UFS, São Cristóvão, SE, 2011.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2008) em estudo sobre o comportamento fenológico em indivíduos de pinhão-mansão, relatando que a

maioria das plantas permaneceu com um mínimo de folhas no início da estação seca, e uma minoria entrou em dormência vegetativa perdendo totalmente as folhas durante esse período. Possivelmente, os indivíduos estudados são de material genético diferente. Segundo Sartunino *et al.* (2005) o pinhão-manso tem comportamento decíduo, cujas folhas caem em parte ou totalmente no final da época seca ou durante a estação chuvosa.

5.2.2 Brotamento

Os acessos de *Jatropha curcas* emitiram folhas novas em pequenas quantidades na região terminal dos ramos ou nos ramos novos no decorrer do ano, exceto quando as plantas iniciavam o processo de repouso vegetativo. No entanto, se verificou aumentos progressivos e rápidos quando as plantas perderam as folhas, surgindo brotações no final de todos os ramos, nessa fase as folhas novas apresentam tonalidades púrpura, caracterizada pela presença do pigmento antocianina.

Registrou-se comportamento diferenciado entre os acessos quanto à formação de brotação, sendo esta fenofase de ocorrência durante os meses de julho a dezembro, logo após a queda das folhas, no final do período chuvoso ao período quente. Observou-se ainda ocorrência de pouca brotação no início do ano, de janeiro a fevereiro. Antunes & Ribeiro (1999) relataram que nas espécies *Tapirira guianensis*, *Tococa formicaria*, *Miconia pseudonervosa* e *Miconia chamissois* a emissão de folhas novas ocorreram também na época seca.

A ocorrência de pequenas brotações na época de clima quente e seco garante a planta a manutenção do aparato fotossintético sem grandes gastos de energia pela planta.

5.2.3 Floração

Nessa fenofase foi avaliada a presença de inflorescências por planta, levando em consideração inflorescência com botões florais, flores abertas e inflorescência terminando. Observou-se que todos os acessos de pinhão-manso apresentaram inflorescências durante o período de avaliação.

A maioria das inflorescências que surgem no final da queda das folhas é constituída em maior parte por flores masculinas, levando em consideração que nessa

espécie existem mais flores masculinas do que flores femininas, durante esse período essa relação é ainda maior. Provavelmente esta evidência se deve ao fato, de que nesta fase a planta tem pouco aparato fotossintético e a manutenção de flores femininas nesta fase poderia agir como dreno de fotoassimilados, levando ao esgotamento de reservas.

Outra hipótese a ser considerada é que nesta fase a pluviosidade é menor, e, portanto, adequada a produção de pólen pelas inflorescências masculinas, uma vez que o excesso de chuvas pode levar os polens ao estouro e, conseqüentemente, a não viabilização da polinização.

A floração coincidiu com o início da estação seca e quente. O primeiro florescimento ocorreu em janeiro e prolongou-se até abril, mês de maior precipitação. Também foi verificada a ocorrência de floração entre os meses de outubro e dezembro, mês de pico da fenofase, marcada por altas temperaturas e baixa precipitação. Em *Croton cajucara* Benth, espécie da família Euphorbiaceae, o período de floração ocorre entre os meses de novembro a julho, com apenas um período de floração (MUNIZ, 2008).

Costa *et al.* (2004) verificaram que o período de floração da *Maprounea guianensis* ocorre nos meses de outubro e novembro, época de pouca precipitação, e a espécie *Croton sonderianus* floresce de fevereiro a abril, ambas espécies da família Euphorbiaceae em estudo realizado na região Nordeste.

No entanto, para a espécie *Alchornea triplinervia* também uma Euphorbiaceae, o período de floração ocorre entre os meses de outubro e dezembro (MANTOVANI *et al.*, 2003). Diante disso, nota-se que algumas espécies da família Euphorbiaceae florescem no início e/ou no final do ano.

5.2.4 Frutificação

No pinhão-mansão a frutificação teve início a partir do mês de janeiro a junho, esse período se iniciou com temperatura alta e poucas chuvas e terminou com pico de produção no período chuvoso. Todos os acessos frutificaram, entre os meses de abril a junho, época que ocorreu os maiores índices de pluviosidade na região.

A segunda frutificação ocorreu no mês de dezembro, com menor intensidade, período seco e quente. A maturação dos frutos de *J. curcas* é desuniforme, em um cacho há a presença de frutos em diferentes estádios de maturação, ou seja, frutos verdes, amarelos e pretos.

Em espécies da família Euphorbiaceae ocorre variação no período de frutificação, como visto em *Gymnanthes concolor*, onde o período de frutificação ocorreu de agosto a novembro, em estudo realizado no Estado do Ceará (ALBERTI & MORELLATO, 2008), sendo estes diferentes dos resultados encontrados para o pinhão-mansão.

No entanto, em *J. mutabilis* e *J. mollissima* a formação de frutos, nas duas espécies ocorreu durante todo o ano, entretanto, no período de setembro a novembro foi registrada a menor produção, e durante o mês de janeiro a produção atingiu seu valor máximo, com 100% dos indivíduos frutificando (SANTOS *et al.*, 2005).

6. Conclusão

Para as condições ambientais deste trabalho, conclui-se que:

- ✓ Há variação no comportamento fenológico em acessos de pinhão-mansão;
- ✓ A queda das folhas da maioria dos acessos ocorre de abril a novembro; a brotação ocorre de janeiro a março, e de julho a dezembro. Floresce ao longo de todo o ano, exceto no mês de agosto; e frutifica de janeiro a junho e de outubro a dezembro, com pico de produção no período chuvoso.

7. Referências Bibliográficas

ALBERTI, L. F.; MORELLATO, L. P. C. Influência da abertura de trilhas antrópicas e clareiras naturais na fenologia reprodutiva de *Gymnanthes concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p.53-59, 2008.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.

ANTUNES, N. B.; RIBEIRO, J. F. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p.1517-1527, 1999.

COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 4, p. 759-770, 2004.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic**, v.1, p.78-91, 1998.

FERRAZ, D. K. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n.2, p. 305-317, 1999.

FILHO, J. C. A.; LOPES, O. F.; NETO, M. B. O.; NOGUEIRA, L. R. Q.; BARRETO, A. C. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe**. Embrapa Solos: Aracaju; Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999 (Boletim de pesquisa, 4).

FRIGO, M. S.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T. Análise energética da cultura de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em sistema de sequeiro: estudo de caso. **Botucatu**, v. 23, n. 1, p.90-98, 2008.

FOURNIER, L. A. Estudio preliminar sobre la floración en Roble de sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L) Hemst. **Revista Biologica Tropical**, v.15, n. 2, p. 259-267, 1967.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas em arboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

GOMES, R.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H.A. Fenologia reprodutiva de quatro espécies de Sapotaceae na restinga de Maricá, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 4, p.679-687, 2008.

MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S.; PUCHALSKI, A.; NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.

MARQUES, D. A.; FERRARI, R. A. O papel das novas biotecnologias no melhoramento genético do pinhão manso. **Biólogo**, v. 70, n. 2, p. 65-67, 2008.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. S. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. Phenology of atlantic rain Forest trees a comparative study. **Biotropica**, v. 32, p. 811-823, 2000.

MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 617 – 626, 2008.

NEVES, E. L.; FUNGH, L. S.; VIANA, B. F. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p.155-166, 2010.

SANTOS, C. M. **Fenologia e capacidade fotossintética de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes épocas do ano no Estado de Alagoas**. 2008. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL.

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.

SATURNINO, H. M.; PACHEGO, 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, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

CAPÍTULO 2

Caracterização morfológica floral de acessos de *Jatropha curcas* L.

1. Resumo

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Caracterização morfológica floral de acessos de *Jatropha curcas* L.** In: Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2011. Cap.2. Dissertação (Dissertação-Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão*.

O conhecimento da estrutura floral de uma espécie é fundamental para que o melhorista trabalhe técnicas de polinização adequadas visando à polinização em cruzamentos controlados. O objetivo desse trabalho foi caracterizar a morfologia floral de diferentes acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Utilizou-se 17 acessos de pinhão-manso que foram avaliados quanto à proporção de flores estaminadas e pistiladas, quantidade média de inflorescência por acesso e comprimento das flores. O pinhão-manso é uma planta monóica, cujas flores agrupam-se em inflorescências. A média de inflorescências por acesso variou de 1,6 para o JCUFS-014 a 23,7 para o JCUFS-017. As flores estaminadas e pistiladas são pentâmeras com simetria actinomorfa, de coloração verde. O pinhão-manso é uma planta monóica, que apresenta variação morfológica na estrutura floral, relacionadas ao número de pétalas, sépalas, glândulas florais, estames e apresenta flores hermafroditas.

Palavras-chaves: Sistema reprodutivo, Euphorbiaceae, estrutura floral

Floral morphological characterization of *Jatropha curcas* L. accessions

2. Abstract

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Floral morphological characterization of *Jatropha curcas* L. accessions.** In: Phenology and floral morphological characterization, molecular and agronomic access of physic nut (*Jatropha curcas* L.). 2011. Chap. 2. Dissertation (Dissertation-Master in Agroecosystem) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão* .

The knowledge of the floral structure of a species is essential for the best work of pollination techniques appropriate in order to pollination in controlled crossings. The aim of this study was to characterize the floral morphology of different accessions of physic nut (*Jatropha curcas* L.). It was used 17 accessions of physic nut that have been assessed for the proportion of staminate and pistillate flowers, the average number of inflorescences per accession and length of flowers. *J. curcas* is a monoecious plant, whose flowers are grouped in inflorescences. The average number of inflorescences per accession varies from 1.6 to JCUFS-014 to 23.7 for JCUFS-017. The staminate and pistillate flowers are pentamerous with actinomorphic symmetry of green coloration. The physic nut plant is a monoecious, which has morphological variation in floral structure, related to the number of petals, sepals, floral glands, stamens and has hermaphrodite flowers.

Keywords: Reproductive System, Euphorbiaceae, floral Structure

3. Introdução

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) pertencente à família Euphorbiaceae, é uma importante oleaginosa, constituindo-se uma das principais matérias-primas para a produção de biodiesel.

Essa espécie vem sendo cultivada como alternativa energética em diversos sistemas, além de ser uma planta adaptada a se desenvolver produtivamente para as mais diversas condições produtivas da agricultura do nosso país. Contudo, estudos acerca desta cultura ainda são bastante escassos em nível internacional e nacional, sendo, portanto, necessários estudos para que esta se afirme como cultura energética e para que se avancem nas questões técnicas produtivas (FRIGO *et al.*, 2008).

O pinhão-manso possui grande variabilidade genética, especialmente nos bancos de germoplasmas, possibilitando que os melhoristas selecionem acessos de grande importância econômica. Mas, para indicar um acesso para o programa de melhoramento genético, é necessário conhecer as particularidades e comportamento de cada acesso.

O conhecimento da estrutura floral é básico para que o melhorista desenvolva técnicas de emasculação e polinização adequada. A compreensão das características da morfologia floral é capaz de avaliar as interações entre o pólen e o estigma, flores e polinizadores, bem como o sucesso reprodutivo das espécies vegetais (LENZI & ORTH, 2004; GOMES *et al.*, 2001).

No entanto, a discussão sobre sua morfologia, permanece com lacunas, notadamente no que diz respeito à morfologia da flor, a qual fornece caracteres menos variáveis e, portanto, de significativa importância para a distinção das espécies (GOMES & CAVALCANTI, 2001). Este trabalho teve como objetivo caracterizar a morfologia floral de diferentes acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

4. Material e métodos

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado de julho a outubro de 2010 com acessos provenientes do Banco Ativo de Germoplasma, localizado no Departamento de Engenharia Agronômica na Universidade Federal de Sergipe, município de São Cristóvão-SE.

A área é formada por Neossolo Quartzarênico, clima do tipo As', segundo a classificação de Köppen (FILHO *et al.*, 1999), latitude 10° 55' 43" S e longitude 37° 06' 10" W. Foram utilizados 17 acessos de pinhão-manso para a obtenção de dados referentes à proporção de flores estaminadas em relação às pistiladas, quantidade média de inflorescência, morfologia floral e comprimento das flores.

A análise da estrutura floral foi realizada no Laboratório de Cultura de Tecidos e Melhoramento Vegetal com auxílio de microscópio estereoscópico.

4.2 Análises da morfologia floral

Para a análise da morfologia floral, inflorescências foram colhidas em cada um dos acessos. Após a coleta das inflorescências estas foram conservadas em álcool 70% para posterior análise em microscópio estereoscópico (Modelo Leica DM500). A morfologia floral foi determinada a partir de análises de 100 flores de cada acesso, sendo 10 flores pistiladas, 10 botões florais e 80 flores estaminadas. As avaliações foram realizadas baseadas na descrição botânica proposta por Vidal & Vidal (2000).

Para a análise foi determinado o comprimento da flor tomado da base do pedicelo até o estigma em flores pistiladas ou até a antera em flores estaminadas, quantidade de glândulas florais, tipo de estigma e número de aberturas, o número e disposição de cada um dos verticilos florais e a posição do ovário. Simultaneamente, as amostras sofreram cortes longitudinais em placas de Petri com o auxílio de bisturi para evidenciar a posição do ovário, sendo o material observado e fotografado a uma magnitude de 5 vezes.

A obtenção dos dados referentes à proporção de flores estaminadas em relação às pistiladas foram realizados a cada 15 dias durante 12 meses, com observação de quatro inflorescências por acesso. Também se verificou a quantidade de inflorescências em cada planta.

Do material botânico dos acessos foram feitas exsicatas, que foram depositadas no Herbário da Universidade Federal de Sergipe (Tabela 1).

TABELA 1. Identificação dos acessos de *Jatropha curcas* L., quanto ao seu registro no Herbário ASE da Universidade Federal de Sergipe. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

Herbário ASE	Acesso
15256	JCUFS 001
15259	JCUFS 002
15249	JCUFS 003
15258	JCUFS 004
15257	JCUFS 005
15243	JCUFS 006
15250	JCUFS 007
15246	JCUFS 008
15254	JCUFS 009
15253	JCUFS 010
15252	JCUFS 011
15251	JCUFS 012
15262	JCUFS 013
15255	JCUFS 014
15248	JCUFS 015
15261	JCUFS 016
15260	JCUFS 017

4.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado para o teste foi o inteiramente casualizado com 17 tratamentos e quatro repetições. As médias para o comprimento das flores foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

5. Resultados e discussão

O pinhão-mansão é uma planta monóica, por possuir inflorescências com flores estaminadas e pistiladas (Figura 1). Pires *et al.* (2004) relataram que a espécie *Croton urucurana* também é uma planta monóica, da família Euphorbiaceae, cujas flores agrupam-se em inflorescência.



FIGURA 1. Inflorescência de pinhão-manso com flores estaminadas (a) e pistiladas (b) na mesma inflorescência. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

A média de inflorescências por acesso variou de 1,6 (JCUFS-014) a 23,7 (JCUFS-017). Quanto à análise da proporção de flores estaminadas em relação às pistiladas (E/P), observou-se que houve variação entre os acessos (Tabela 2). Esta variação foi de 11 estaminadas para 1 pistilada para o acesso JCUFS-013. No entanto, observou-se uma diferença na variação de 36 estaminadas para 1 pistilada para dois acessos, o JCUFS-006 e o JCUFS-002. Essa proporção (E/P) aumenta com o florescimento, logo após a queda das folhas e início da brotação.

Em estudo com pinhão-manso, Bhattacharya *et al.* (2005) relataram uma proporção de 17 a 105 flores estaminadas para 2 a 19 flores pistiladas por inflorescência. Observou-se que existe nas inflorescências de pinhão-manso um maior número de flores masculinas.

Observou que os acessos apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o comprimento da flor (Tabela 2). As flores de maiores comprimentos foram encontradas nos acessos JCUFS-005 com 1,17cm, JCUFS-010 com 1,12 cm, JCUFS-011 com 1,08 cm, JCUFS-016 com 1,13 cm e JCUFS -017 com 1,06 cm, seguidos dos acessos JCUFS-002 com 0,95 cm, JCUFS-006 com 0,89 cm, JCUFS-007 com 0,97 cm, JCUFS-008 com 0,99 cm, JCUFS-009 com 0,96 cm e JCUFS-015 com 0,95 cm.

Apenas dois acessos apresentaram as menores flores, o JCUFS-001 com 0,75 cm e JCUFS-013 com 0,86 cm. Flores maiores podem, provavelmente, garantir a formação

de sementes maiores, no entanto, não existem relatos acerca desta relação para a espécie em questão.

TABELA 2. Código, origem, quantidade média de inflorescência por acesso, razão média de flores estaminadas/pistiladas e comprimento das flores em acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). UFS, São Cristóvão – SE, 2011.

Acesso	Município / Estado de origem	Inflorescência/planta	Razão de flor E/P	Comprimento da flor
JCUFS-001	Lavras/MG	12,9	32:1	0,75 c
JCUFS-002	Lavras/MG	9,9	36:1	1,01 b
JCUFS-003	Lavras/MG	4,8	16:1	-
JCUFS-004	Lavras/MG	12,0	23:1	-
JCUFS-005	Lavras/MG	19,2	16:1	1,17 a
JCUFS-006	Lavras/MG	5,9	36:1	0,98 b
JCUFS-007	Lavras/MG	7,3	26:1	0,97 b
JCUFS-008	Lavras/MG	14,5	21:1	0,99 b
JCUFS-009	Lavras/MG	14,6	29:1	0,96 b
JCUFS-010	Rio Verde/GO	11,0	21:1	1,12 a
JCUFS-011	Rio Verde/GO	8,2	20:1	1,08 a
JCUFS-012	Lavras/MG	4,8	22:1	-
JCUFS-013	Rio Verde/GO	6,0	11:1	0,86 c
JCUFS-014	Alegre/ES	1,6	17:1	-
JCUFS-015	Rio Verde/GO	17,0	33:1	0,95 b
JCUFS-016	Lagarto/SE	3,8	24:1	1,13 a
JCUFS-017	Valente/BA	23,7	19:1	1,06 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Essa variação também foi observada por Juhász *et al.* (2009), em plantas de pinhão-manso no Estado de Minas Gerais, ao relatarem que inflorescências produziram de 87 a 222 flores estaminadas e de quatro a 12 flores pistiladas, com uma média de 138,5:7,2. Possivelmente, essa variação ocorreu em função do material genético e das condições ambientais onde encontravam os materiais vegetais estudados e não há relação da quantidade de inflorescências com a proporção das flores M/F.

A abertura das flores estaminadas iniciou-se antes das flores pistiladas, mas, como o número de flores estaminadas numa inflorescência é em maior quantidade que as flores pistiladas, quando ocorre a abertura das flores pistiladas, há presença de flores estaminadas abertas. Resultados semelhantes foram encontrados por Paiva Neto *et al.* (2010) ao relatarem que em flores de pinhão-manso a geitonogamia pode ocorrer naturalmente, pois quando as flores pistiladas se abrem encontram flores estaminadas abertas.

As flores estaminadas são de forma geral pentâmeras (5 pétalas e 5 sépalas) com simetria actinomorfa. As sépalas são livres, de coloração verde e em número de cinco. Sendo que no acesso JCUFS-006 ocorreu a presença de uma flor com 4 sépalas (Figura 2a), essa variação ocorreu, conseqüentemente, nas pétalas e glândulas florais.

As pétalas são livres, de coloração verde, em número de cinco e apresentam pêlos esbranquiçados. As glândulas nectaríferas são de coloração amarela nas flores abertas e brancas nos botões florais presentes na base dos estames (Figura 2b), nos acessos JCUFS-005 e JCUFS-017 ocorreram a presença de uma das cinco glândulas florais de coloração branca em flores abertas. A coloração branca nas glândulas florais indica que essas não sejam funcionais.

Em trabalhos realizados com indivíduos de *Cnidosculus juercifolius* (Euphorbiaceae), Silva *et al.* (2006), relataram a presença de sépalas livres, em número de cinco, com presença de pêlos brancos e glândulas nectaríferas de coloração amarela. Resultado semelhante ao encontrado neste trabalho.

O androceu é composto por 10 estames heterodínamos, ou seja, estames de tamanho diferentes, gamostêmones, caracterizando-se por um feixe de cinco estames maiores unidos e cinco estames menores livres. Resultados semelhantes foram encontrados por Chang-Wei *et al.* (2007) em flores estaminadas de *J. curcas* com a presença de dez estames dispostos em dois feixes de cinco.

Verificou-se que nos acessos JCUFS-002 e JCUFS-009 houve variação no número de estames, em feixe de três maiores unidos e três menores livres (Figura 2c) e também ocorreu variação no número de estames em feixe de quatro maiores unidos e quatro menores livres (Figura 2d) para os acessos JCUFS-001, JCUFS-002, JCUFS-005, JCUFS-006, JCUFS-007, JCUFS-008, JCUFS-009, JCUFS-013 e JCUFS-017. Assim, houve a comprovação do relatado com a ocorrência de estames pouco desenvolvidos no acesso JCUFS-002. As anteras são ditecas, com inserção do filete na base da antera e deiscência longitudinal (Figura 2e).

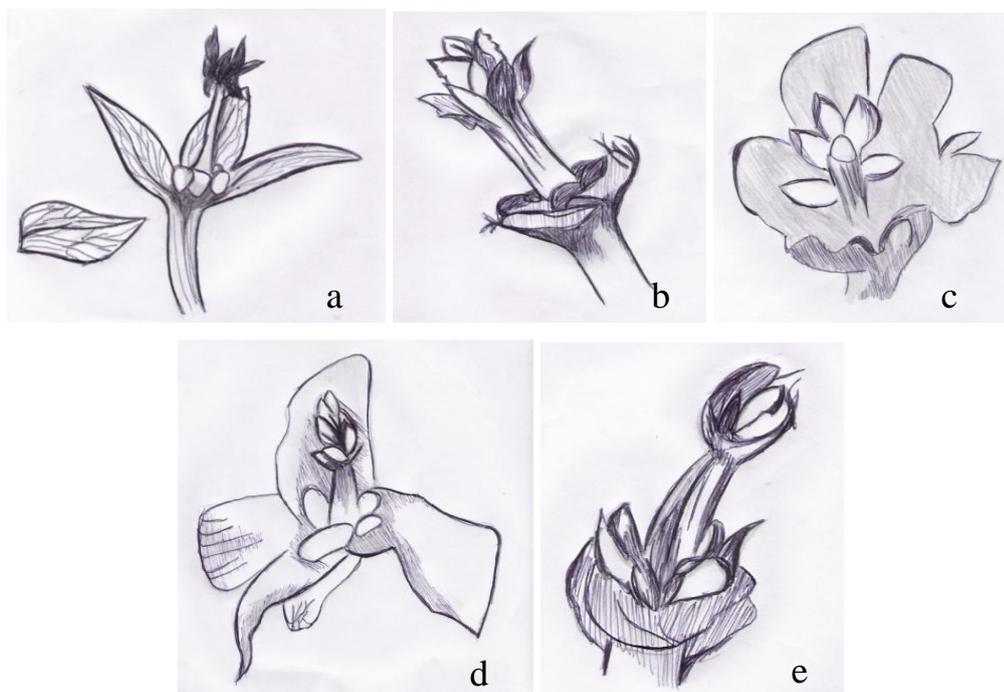


FIGURA 2. Diferentes aspectos da morfologia floral em flores estaminadas de acessos de *Jatropha curcas* L. a. Flor aberta com quatro sépalas. b. Flor com presença de glândulas nectaríferas. c. Estames em feixe de três maiores unidos e três menores livres. d. Estames em feixe de quatro maiores unidos e quarto menores livres. e. Estames menores pouco desenvolvidos. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

As flores pistiladas são pentâmeras, com simetria actinomorfa, de coloração verde. As pétalas e sépalas são parecidas com os das flores estaminadas, são em números de cinco. No acesso JCUFS-017 houve flores com a presença de seis sépalas (Figura 3a). As pétalas possuem pêlos brancos e quando as flores são fecundadas, essas secam e caem, permanecendo as sépalas até a formação inicial dos frutos.

As glândulas nectaríferas são amarelas em número de cinco, e estão distribuídas em forma de disco, circundando o ovário. No acesso JCUFS-017 verificou-se a presença de quatro glândulas, uma maior e três menores, fundidas (Figura 3b).

Em *J. mutabilis* e *J. mollissima* o nectário das flores pistiladas é em forma de disco, localizado na base do ovário, onde o néctar se acumula (SANTOS *et al.*, 2005), resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

O gineceu possui três estigmas bifurcados e curtos de cor verde claro com superfície foliácea. O ovário é súpero (Figura 3c), trilocular, tricapelar, apresentando um óvulo em cada lóculo (Figura 3d). Quando não ocorre a fecundação, o ovário desidrata, ficando de cor escura e em seguida cai.

Foi registrada a ocorrência de flores hermafroditas, ou seja, flores que apresentam o órgão masculino e feminino na mesma flor, para os acessos JCUFS-009

com a presença de uma flor e no acesso JCUFS-017 com a presença de três flores, variando no número e tamanho das anteras (Figura 3e).

No entanto, em observações realizadas por Paiva Neto *et al.* (2010) em acessos de pinhão-manso do Banco de Germoplasma no Mato Grosso do Sul não foi detectada nenhuma flor hermafrodita nas plantas estudadas.

Segundo Silva *et al.* (2001) plantas da família Euphorbiaceae apresentam características morfológicas florais muito primitivas e vêm mudando de hermafroditismo para monoicismo. Entretanto, a ocorrência esporádica de flores hermafroditas pode ser indício de que o processo ainda não foi completado.

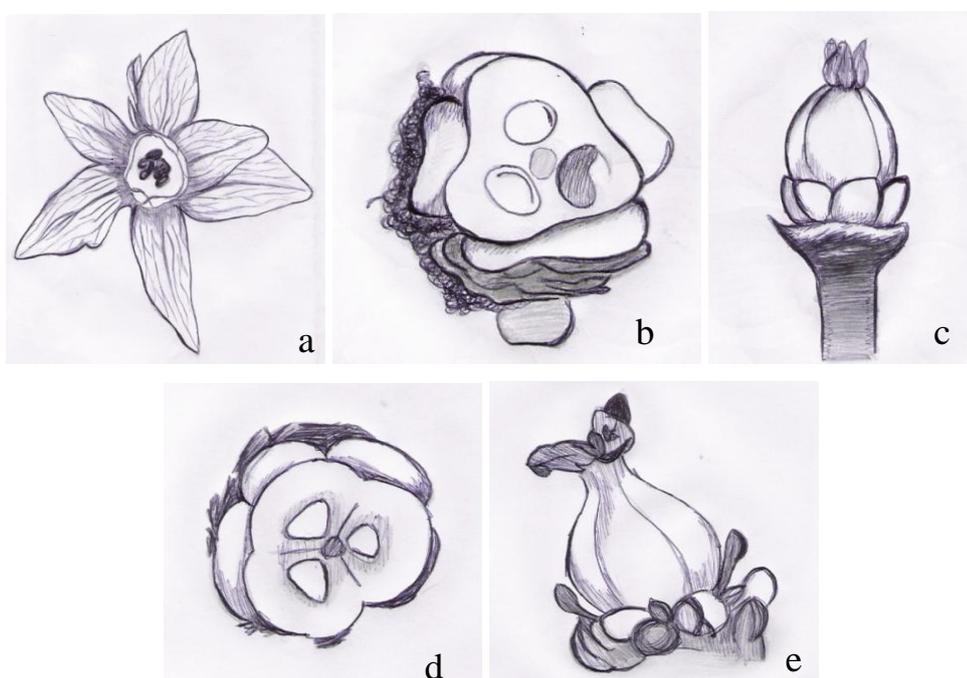


FIGURA 3. Diferentes aspectos da morfologia floral em flores pistiladas de acessos de *Jatropha curcas* L. a. Flor aberta com seis sépalas. b. Flor com pétalas secas. c. Flor com quatro glândulas florais. d. Flor com ovário súpero. e. Ovário trilocular, apresentando em óvulo em cada lóculo. 2f. Flor hermafrodita. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

6. Conclusões

O pinhão-manso é uma planta monóica, que apresenta variação morfológica na estrutura floral entre acessos, relacionadas ao número de pétalas, sépalas, glândulas florais, estames e presença de flores hermafroditas.

Os acessos JCUFS-001 e JCUFS-017 apresentam flores hermafroditas.

Os acessos JCUFS-005, JCUFS-010, JCUFS-011, JCUFS-016 e JCUFS-017 possuem flores compridas.

Há diferença no número de estames em flores de acessos de pinhão-manso.

7. Referências Bibliográficas

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, p.456-460, 2005.

CHANG-WEI, L.; KUN, L.; YOU, C.; YONG-YU, S. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. **Forestry Studies in China**, v. 9, n. 2, p. 114–119, 2007.

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**, v. 44, n. 9, p.1073-1077, 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.

PIRES, M. M. Y.; SOUZA, L. A.; TERADA, Y. Biologia floral de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) ocorrente em vegetação ripária da ilha Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2004.

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.

SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B.; VIÉGAS, R. A.; MENDONÇA, I. F. C. Biologia reprodutiva de *Cnidosculus juercifolius* Pax & Hoffm (Euphorbiaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p.24-34, 2006.

SILVA, R. M.; BANDEL, G.; FARALDO, M. I. F.; MARTINS, P. S. Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p.101-107, 2001.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica organografia: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4 ed., Viçosa: UFV, 124p, 2000.

CAPÍTULO 3

Caracterização molecular de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) por RAPD

1 - Resumo

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Caracterização molecular de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) por RAPD** In: Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2011. Cap.3. Dissertação (Dissertação-Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão*.

O conhecimento da diversidade genética é de grande importância para o melhoramento de plantas, por identificar prováveis genótipos que possam expressar elevada heterose em cruzamentos, e ainda se compreender as diferenças morfológicas, fisiológicas e agronômicas que possam ocorrer entre diferentes genótipos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a diversidade de 17 acessos de pinhão-manso provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da UFS. Foram utilizados 19 oligonucleotídeos, que geraram 110 produtos de amplificação sendo 64 polimórficos. Os dados foram analisados utilizando o software NTSYS-pc 2.1, por meio do coeficiente Jaccard e pelo método de agrupamento UPGMA. A similaridade genética média entre os acessos foi de 52,6%, a amplitude de similaridade variou de 25 a 76%, foram observados cinco grupos. Os acessos JCUFS-007 e JCUFS-008 são os mais similares ($76\pm 0,05$) e os mais divergentes são JCUFS-015 e JCUFS-017 ($25\pm 0,05$). Há variabilidade genética entre os acessos de pinhão-manso que poderão ser empregados em cruzamentos para obtenção de híbridos em programa de melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: Similaridade, DNA, banco ativo de germoplasma.

Molecular characterization of accessions of physic nut (*Jatropha curcas* L.) by RAPD

2. Abstract

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Molecular characterization of accessions of physic nut (*Jatropha curcas* L.) by RAPD.** In: Phenology and floral morphological characterization, molecular and agronomic access of physic nut (*Jatropha curcas* L.). 2011. Chap. 3. Dissertation (Dissertation-Master in Agroecosystem) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão*.

The genetic diversity is of great importance for plant breeding identifying probable genotypes that can express high heterosis in crosses, and also to understand the morphological, physiological and agronomic traits that might occur among different genotypes. Thus, the objective was to evaluate the diversity of 17 accessions of physic nut from the Active Germplasm Bank of the UFS. Have been used 19 primers that generated 110 amplification products with 64 polymorphic. Data were analyzed using the software NTSYS-pc 2.1, using the Jaccard coefficient and the clustering method UPGMA. Average genetic similarity among accessions was 52.6%, the amplitude of similarity varied of 25 a 76%, five groups were observed. The accessions JCUFS-007 and JCUFS-008 are the most similar (76 ± 0.05) and the most divergent are JCUFS-015 and JCUFS-017 (25 ± 0.05). There is genetic variability among accessions of physic nut that can be used in crosses to obtain hybrids in a breeding program of the species.

Keywords: Similarity, DNA, active germplasm bank.

3. Introdução

O pinhão-manso é uma espécie da família Euphorbiaceae, com grande utilização econômica: na medicina tradicional, para a produção de sabão, iluminação através de lamparinas, geradores de eletricidade, combustível para fogões, extratos da semente como inseticida e nematocida e possui grande potencial para a produção de biodiesel, entretanto, a espécie ainda se encontra em processo de domesticação (OPENSHAW, 2000; SATO *et al.*, 2009).

As propriedades do pinhão-manso têm atraído grande interesse de várias agências de desenvolvimento. Por isso, um grande número de informações referentes à espécie precisa ser gerado, envolvendo caracterização vegetativa, reprodutiva e genotípica, criação, manutenção e caracterização de banco de germoplasma.

O germoplasma disponível da espécie presente nos bancos ativos de germoplasma carece de informações quanto à base genética, para auxiliar no melhoramento genético da espécie que tem como opções a utilização do método convencional aproveitando-se a variabilidade pré-existente. O uso dessa variabilidade genética está vinculado ao estudo da extensão desta variabilidade utilizando-se marcadores morfológicos e moleculares tais como RAPD (MARQUES & FERRARI, 2008).

A técnica de RAPD é uma técnica simples, rápida, baixo custo relativo, demanda quantidades mínimas de DNA para realização das análises e possibilita estudo de espécies sobre as quais não se tem nenhum tipo de informação genética, sendo que a certificação de variabilidade com base na divergência genética é uma estratégia bastante utilizada em programa de melhoramento genético (LACERDA *et al.*, 2002; BAHIA *et al.*, 2008).

A fim de auxiliar na escolha de acessos divergentes para serem usados no programa de melhoramento genético do pinhão-manso, este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade de 17 acessos de pinhão-manso provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da UFS.

4. Material e Métodos

4.1 Coleta do material vegetal

Para a análise de RAPD, empregou-se DNA extraído de folhas novas de acessos de pinhão-manso (*J. curcas* L.) do Banco Ativo de Germoplasma localizado no Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe – UFS, no município de São Cristóvão – SE, latitude 10° 55' 43" S e longitude 37° 06' 10" W. O Banco Ativo de Germoplasma é composto por 17 acessos de pinhão-manso oriundos de diferentes locais de ocorrência nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, Sergipe e Bahia (Tabela 1). Do material botânico dos acessos foram feitas exsiccatas, as quais foram depositadas no Herbário da Universidade Federal de Sergipe.

TABELA 1. Identificação e origem de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco Ativo de Germoplasma da UFS. São Cristóvão - SE, UFS, 2011.

Acesso	Município / Estado de origem	Código no herbário da UFS
JCUFS-001	Lavras/MG	15256
JCUFS-002	Lavras/MG	15259
JCUFS-003	Lavras/MG	15249
JCUFS-004	Lavras/MG	15258
JCUFS-005	Lavras/MG	15257
JCUFS-006	Lavras/MG	15243
JCUFS-007	Lavras/MG	15250
JCUFS-008	Lavras/MG	15246
JCUFS-009	Lavras/MG	15254
JCUFS-010	Rio Verde/GO	15253
JCUFS-011	Rio Verde/GO	15252
JCUFS-012	Lavras/MG	15251
JCUFS-013	Rio Verde/GO	15262
JCUFS-014	Alegre/ES	15255
JCUFS-015	Rio Verde/GO	15248
JCUFS-016	Lagarto/SE	15261
JCUFS-017	Valente/BA	15260

4.2 Extração do DNA e reações de RAPD

Para a extração e análise da diversidade genética empregou-se o protocolo sugerido por Doyle & Doyle (1987) com modificações, sendo as folhas tenras dos acessos levadas para o Laboratório de Melhoramento Vegetal e Cultura de Tecidos, do Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS, no qual foram maceradas, conforme descrito a seguir.

Na obtenção do DNA, 1g de folhas tenras foram maceradas com o auxílio de almofariz e pistilo adicionando-se 10 mL de tampão CTAB 2% [2% de Brometo de Cetil Trimetil Amônio – CTAB, 100 mM de Tris (pH 8,0), 20 mM de EDTA (pH 8,0), 1,4 M de NaCl e 1% de PVP] acrescido de 20 µL de β-mercaptoetanol para retardar a oxidação de metabólitos secundários. O material macerado foi colocado em tubos de ensaio e levados ao banho-maria a 65°C por 60 minutos.

Após o período de incubação, 1.000 µL de cada amostra foram colocados em microtubos tipo eppendorf contendo 1.000 µL da mistura de clorofórmio e álcool isoamílico (24:1). Os tubos foram agitados lentamente até obtenção de uma emulsão e, posteriormente centrifugados a 7.000 xg por 30 minutos. O sobrenadante obtido foi pipetado, vertido em 750 µL de mistura de álcool etílico e acetato de amônio (6:1) e acondicionado em freezer (-20°C) por no mínimo 60 minutos para precipitação dos ácidos nucleicos. Após a precipitação do DNA, as amostras foram centrifugadas a 14.000 xg por 10 minutos e ao precipitado adicionados 100 µL de álcool etílico, deixando-se 10 minutos em temperatura ambiente, e procedeu-se uma nova centrifugação por 10 minutos a 4.000 xg, sendo assim possível descartar o sobrenadante e secar o precipitado. Após a secagem, o DNA foi solubilizado com 100 µL de TE [1 mM de Tris e 0,1 mM de EDTA].

As reações de RAPD foram baseadas no método descrito por Williams *et al.* (1990), empregando para amplificação 19 oligonucleotídeos de dez bases com sequência arbitrária (Integrated DNA Technologies - IDT) (Tabela 2).

TABELA 2. Sequências dos oligonucleotídeos utilizados nas reações de RAPD empregando *Jatropha curcas* L. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

Oligonucleotídeos	Sequência 5' – 3'	C + G (%)
01	CAG GCC CTT C	70
02	TGC CGA GCT G	70
03	GTT TCG CTC C	60
04	TGA TCC CTG G	60
05	TTC GAG CCA G	60
06	GTG AGG CGT C	70
07	ACC GCG AAG G	70
08	GGA CCC AAC C	70
09	CCC AAG GTC C	70
10	GGT GCG GGA A	70
11	ACG GAT CCT G	60
12	GAG GAT CCC T	60
13	CTA CGG AGG A	60
14	GGC ACT GAG G	70
15	GGT CGG AGA A	60
17	ACC TGG ACA C	60
18	GGA GGA GAG G	70
19	CCC GGC ATA A	60
20	AAA GTT GGG A	40

O produto final para as reações de amplificação constituiu de volume de 13 µL, contendo 2,92 µL de água ultrapura; 1,30 µL de tampão PCR 10 X; 1 µL de cloreto de magnésio 50 mM de dNTP 2,5 mM; 1,0 µL de BSA (Soro Albumina Bovina); 0,2 µL da enzima Taq DNA polimerase; 2,5 µL do Oligonucleotídeo e 3 µL do DNA genômico. As reações foram conduzidas em termociclador (Uniscience Biometra Tpersonal) submetidas a 45 ciclos de amplificação após a desnaturação inicial a 94°C por 2 minutos. Cada ciclo constituiu-se de 15 segundos para desnaturação a 94°C, 30 segundos para o anelamento a 36°C e 30 segundos para a extensão à 72°C. Ao final dos 45 ciclos foi realizada uma extensão final de 2 minutos a 72°C.

Os produtos de amplificação foram separados por eletroforese em gel de agarose 1% em tampão TBE 0,5 X [Tris-base 54g, ácido bórico 27,5g, EDTA 0,5 M e água], corados com brometo de etídio na concentração de 25 µg.mL⁻¹ e posteriormente visualizados sob luz ultravioleta.

4.3. Análise dos dados

Nas avaliações visuais dos géis, a presença (1) e a ausência de bandas (0) foram usadas para a construção de uma matriz binária e calculada a porcentagem de polimorfismo obtida com cada oligonucleotídeo utilizado, por meio da expressão:

$$P = \frac{nbp}{nbt} \times 100$$

(Equação 1)

Onde:

P = Porcentagem de polimorfismo (ou taxa de polimorfismo);

nbp = Número de bandas polimórficas;

nbt = Número de bandas total.

A estimativa de similaridade genética (Sg_{ij}), entre cada par de indivíduos de *J. curcas* foi calculada por meio do coeficiente de Jaccard empregando-se o programa NTSYS pc 2.1. (ROHLF, 2000). As similaridades obtidas foram calculadas empregando-se a seguinte expressão:

$$Sg_{ij} = \frac{a}{a + b + c}$$

(Equação 2)

Onde:

a = Número de casos em que ocorre a presença da banda em ambos os indivíduos, simultaneamente;

b = Número de casos em que ocorre a presença da banda somente no indivíduo i ;

c = Número de casos em que ocorre a presença da banda somente no indivíduo j .

Foi realizada a análise de *bootstrap*, utilizando o programa BOOD (COELHO, 2000) com o objetivo de verificar se o número de bandas polimórficas geradas pelos 19 oligonucleotídeos foi suficiente para verificar a consistência de cada agrupamento.

Os erros associados a cada similaridade genética ($1 - Sg_{ij}$) foram estimados segundo Skroch *et al.* (1992), por meio da seguinte expressão:

$$V = \frac{n.d(1-s)}{(n-1)}$$

(Equação 3)

Onde:

V = Variância da similaridade genética entre cada par de indivíduos;

n = Número total de bandas utilizadas na estimativa da similaridade genética;

s = Similaridade genética entre cada par de indivíduos.

$$\text{O erro padrão estimado} = \left(\frac{V}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 4)

A representação simplificada das similaridades foi obtida pela construção de dendrogramas pelo método de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Arithmetic Average – Médias aritméticas não ponderadas) (SNEATH & SOKAL, 1973), utilizando-se o programa NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000).

Os indivíduos geneticamente diferentes foram identificados a partir da estimativa do valor mínimo de similaridade (S_{gm}), acima do qual os indivíduos são considerados semelhantes. O S_{gm} será estimado por meio do teste t de Student ($P < 0,01$), utilizando-se a seguinte expressão (CASTANHEIRA, 2001):

$$S_{gm} = 1 - (t \cdot \bar{S}_{sg})$$

(Equação 5)

Onde:

t = valor tabelado de t com $n-2$ graus de liberdade; e

\bar{S}_{sg} = erro médio das comparações consideradas no dendrograma.

5. Resultados e discussão

Com a utilização dos 19 oligonucleotídeos, foram gerados 110 produtos de amplificação. Destes, 64 foram polimórficos, o que representa 58,8% e 46 foram monomórficas, ou seja, igual a 41,8% do total obtido. O oligonucleotídeo que

apresentou maior número de fragmentos polimórficos foi IDT-15, com 11 fragmentos; enquanto o IDT-19 e IDT-8 não apresentaram fragmentos polimórficos.

A porcentagem de polimorfismo encontrada na avaliação da variabilidade genética em plantas é bastante variável (Tabela 3).

TABELA 3. Relação do número total de fragmentos amplificados para cada oligonucleotídeo, com suas respectivas porcentagens de polimorfismo (%P), em análise de RAPD, para acessos de *Jatropha curcas* L. UFS, São Cristóvão, 2011.

Oligonucleotídeos	Nº total de fragmentos	Nº fragmentos polimórficos	% de polimorfismo
IDT 1	6	1	16,67
IDT 2	5	2	40,00
IDT 3	7	7	100,00
IDT 4	4	4	100,00
IDT 5	6	3	50,00
IDT 6	6	6	100,00
IDT 7	9	5	55,56
IDT 8	3	0	0,00
IDT 9	6	4	66,67
IDT 10	5	2	40,00
IDT 11	4	2	50,00
IDT 12	4	1	25,00
IDT 13	4	3	75,00
IDT 14	4	1	25,00
IDT 15	12	11	91,67
IDT 17	7	4	57,14
IDT 18	7	7	100,00
IDT 19	5	0	0,00
IDT 20	6	1	16,67
Total	110	64	58,18

Para *Manihot esculenta* Crantz, que pertence à mesma família de *J. curcas* L. Empregou-se 12 oligonucleotídeos e observou-se 34,60% de polimorfismo em algumas cultivares sendo esses resultados suficientes para determinar a diversidade genética (COSTA *et al.*, 2003).

Na avaliação da diversidade genética com 10 oligonucleotídeos em acessos de *Manihot pseudoglaziovii* em duas espécies a fim de interesse forrageiro encontrou-se a produção de um 13 fragmentos, sendo quatro polimórficos, os quais possibilitam a discriminação de diferenças moleculares entre os acessos e as duas espécies afins (BELTRÃO *et al.*, 2007). No entanto, em estudo de variabilidade genética em 54 etnovariedades de mandioca por meio de marcadores de DNA, observou-se por meio da ferramenta RAPD 55,80% de polimorfismo, sendo a ferramenta útil na avaliação de diversidade genética (MÜHLEN *et al.*, 2000).

Para os oligonucleotídeos IDT-3, IDT-4, IDT-6 e IDT-18 obtiveram-se 100% de polimorfismo, com número de fragmentos variando de quatro a sete.

Em estudo com espécies do gênero *Jatropha*, RAM *et al.* (2008), empregaram 26 oligonucleotídeos, e destes apenas 18 produziram fragmentos polimórficos, que representaram 80,2% de polimorfismo.

Comparando os 17 acessos aos pares na matriz total do coeficiente de similaridade genética, verificou-se que a distância média entre os acessos foi de 52,6%, e a amplitude de similaridade variou de 25 a 76%.

Os acessos JCUFS-007 e JCUFS-008 foram os acessos que se apresentaram mais semelhantes ($76\% \pm 0,05$) e os mais divergentes foram JCUFS-015 e JCUFS-017 ($25\% \pm 0,05$) (Tabela 4).

TABELA 4. Matriz em porcentagem de similaridade genética (abaixo da diagonal) e erro padrão estimado (acima da diagonal) entre os acessos de *Jatropha curcas* L. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1		0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
2	70		0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
3	66	72		0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
4	53	58	66		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
5	55	54	63	54		0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
6	53	49	55	53	66		0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
7	50	51	58	60	60	75		0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
8	52	51	65	56	53	72	76		0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
9	48	52	56	58	55	66	73	73		0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06
10	45	41	45	53	39	44	46	48	51		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
11	36	38	40	47	45	50	47	40	54	45		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
12	45	47	48	57	44	56	60	55	69	56	60		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
13	51	50	54	52	59	71	64	64	69	51	58	62		0,06	0,06	0,05	0,06
14	50	52	52	57	54	53	50	47	64	50	56	60	58		0,06	0,06	0,06
15	39	41	46	47	34	41	47	53	52	50	39	58	48	54		0,06	0,05
16	59	54	58	53	60	58	58	55	66	55	52	55	76	62	50		0,06
17	35	38	42	32	42	41	44	36	42	28	48	38	54	38	25	45	

Costa *et al.* (2003) examinando a similaridade genética em 27 acessos de *Manihot esculenta*, observaram que existe grande diversidade genética em alguns acessos estudados e com a utilização de 12 oligonucleotídeos encontraram 34,60% de polimorfismo, sendo o marcador RAPD uma ferramenta eficiente na detecção de variabilidade genética entre acessos de mandioca, espécie da família euphorbiaceae (VIEIRA *et al.*, 2008).

Bicalho *et al.* (2008) realizaram trabalho com 17 genótipos de seringueira, com a utilização de 19 oligonucleotídeo, e relataram que a similaridade genética entre o material analisado variou de 0,56 a 1,00 e foram observados 18 grupos, e constaram ampla variabilidade genética, baseada na similaridade estimada a partir de marcadores RAPD.

Kumar *et al.* (2009) estudando a diversidade genética entre 26 acessos de *Jatropha curcas* L. utilizando a ferramenta RAPD, concluíram que esse marcador pode ser utilizado para estimar as relações genéticas entre acessos, ajudando na caracterização.

A análise do dendrograma resultante do agrupamento com base na similaridade média de 52,6% resultou na formação de cinco grupos. O primeiro constituído pelo acesso JCUFS-017 sendo o mais divergente com apenas 40% de similaridade quando comparado aos demais. Com este valor pode-se inferir que este acesso, provavelmente, seja um candidato potencial em cruzamentos, quando se pretende cruzar pais contrastantes, no programa de melhoramento genético desta espécie, aliando-se a esta informação o potencial agrônômico do mesmo que apresenta as características: altura da planta de 213 cm, diâmetro do colo de 12,4 cm, diâmetro da copa de 133,75 cm, possui 10 ramos primários, as folhas adultas são de cor verde e nervuras brancas, as folhas jovens possuem cor vermelho vinho e as nervuras são de cor vermelho claro, ramificação tipo taça e as folhas possui 5 lóbulos.

Estas características morfológicas também são encontradas nos acessos JCUFS-007 e JCUFS-008, no entanto, quando se observa a diversidade entre eles via marcadores RAPD estes divergem em 37% de similaridade, provando ser os marcadores moleculares informativos para identificar diferenças genéticas entre indivíduos morfológicamente próximos.

O segundo grupo, formado pelo acesso JCUFS-015 foi menos divergente que o anterior. O terceiro grupo é formado por pelo acesso JCUFS-010. No quarto grupo inclui-se três acessos de pinhão-manso JCUFS-011, JCUFS-012 e JCUFS-014 oriundos de diferentes localidades e no quinto grupo formado por 11 acessos; JCUFS-001, JCUFS-002, JCUFS-003, JCUFS-004, JCUFS-005, JCUFS-006, JCUFS-007, JCUFS-008, JCUFS-009, JCUFS-013 e JCUFS-016.

Para a identificação nos agrupamentos gerados, obteve-se valor de linha de corte estimado de 88%, com este valor se considera que todos os agrupamentos que estão à direita deste valor são similares, e os agrupamentos que estão à esquerda da linha, são divergentes. Nesse sentido, os dados encontrados nesta avaliação, todos os agrupamentos estão à esquerda, indicando que os acessos originários do Banco Ativo de Germoplasma da UFS são divergentes.

Diversos estudos têm sido realizados, confirmando a eficiência da técnica de RAPD em analisar a diversidade genética. Em um dos trabalhos observou-se relato de

elevada porcentagem de polimorfismo (84,26%) e agrupamento de 13 genótipos em quatro grupos principais para genótipos de pinhão-manso coletados em diferentes regiões da Índia (GUPTA *et al.*, 2008).

Em estudo de diversidade genética de *J. curcas* utilizando sete genótipos (Rathlam, TNMC-7, TNMC-5, Nagpur, Neemuch, Rahuri e DJS-1) obteve-se por meio do dendrograma a formação de dois grupos e a quantidade de oligonucleotídeos escolhidos não foi capaz de agrupar os genótipos de modo a descrever a divergência genética (JUBERA *et al.*, 2009).

Observa-se que apenas os grupos formados pelos acessos JCUFS-013 e JCUFS-016 com 64,16%; e JCUFS-001, JCUFS-002, JCUFS-003, JCUFS-004, JCUFS-005, JCUFS-006, JCUFS-007, JCUFS-008, JCUFS-009, JCUFS-010, JCUFS-011, JCUFS-012, JCUFS-013, JCUFS-014, JCUFS-015 e JCUFS-016 com 52,54% apresentaram proporções relativamente altas de replicações similares para as 1.000 permutações conduzidas pelos *bootstraps*, os demais grupos apresentaram-se com proporções de replicações similares baixas (Figura 1).

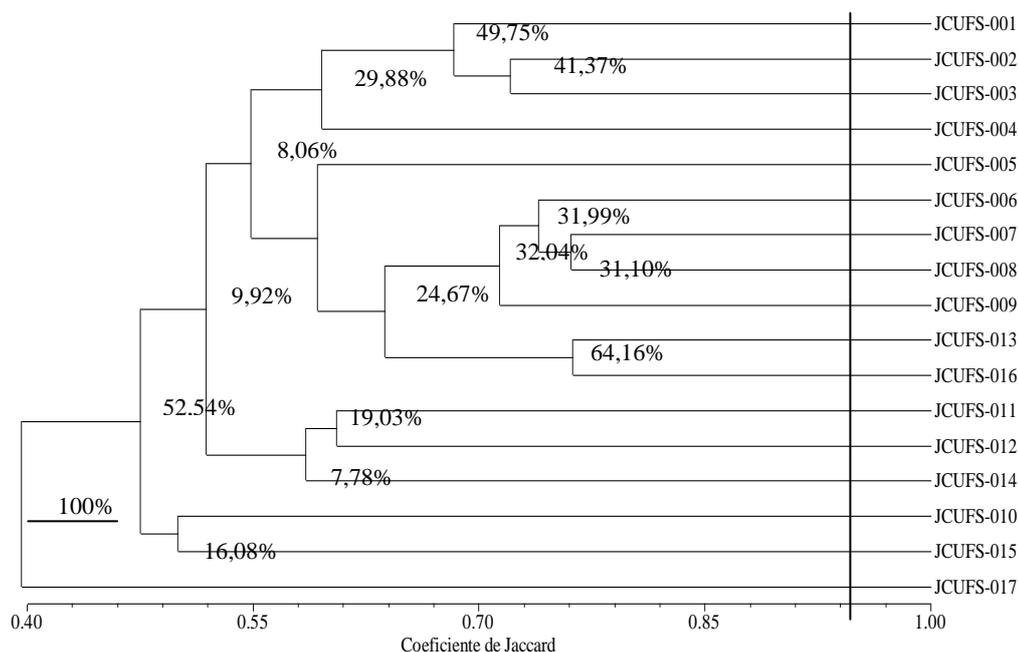


FIGURA 1. Dendrograma das similaridades genéticas entre acessos de *Jatropha curcas* L., definido pelo critério de agrupamento UPGMA, com base no coeficiente de Jaccard, empregando marcadores RAPD. UFS, São Cristóvão-SE, 2011.

6. Conclusões

A distância genética média entre os indivíduos é de 52,6%.

Os acessos JCUFS-007 e JCUFS-008 apresentam-se similares em $76\% \pm 0,05$, e os mais divergentes são JCUFS-015 e JCUFS-017 com $25\% \pm 0,05$.

Há variabilidade genética entre os acessos de *Jatropha curcas* L. do BAG da UFS, demonstrando potencial dos acessos para o programa de melhoramento genético da espécie.

7. Referências Bibliográficas

BELTRÃO, F.A.S.; SILVA, D.S.; LAMOCA-ZARATE, R.M.; BELTRÃO, A.E.S. Avaliação da diversidade genética através de RAPD de acessos de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* PAX & HOFFM.) e de duas espécies afins de interesse forrageiro. **Revista Caatinga**, v. 20, n.2, p.118-126, 2007.

BICALHO, K.C.; OLIVEIRA, L.E.M.; SANTOS, J.B.; MESQUITA, A.C.; MENDONÇAS, E.G. Similaridade genética entre clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*), por meio de marcadores RAPD. **Ciência Agrotecnica**, v. 32, n. 5, p. 1510-1515, 2008.

CASTANHEIRA, A.L.M. **Marcadores RAPD na avaliação do potencial de métodos de condução de população segregante de feijão**. Lavras: UFLA, 2001. 76p. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 2001.

COELHO, A.S.G. **Dboot**: Avaliação dos erros associados a estimativas de distâncias/similaridades genéticas através do procedimento de bootstrap com o número variável de marcadores (Software). [S.1.]: Laboratório de Genética Vegetal, Instituto de Ciências Biológicas, UFG, 2002.

COSTA, M.R.; CARDOSO, E. R.; OHAZE, M.M.M. Similaridade genética de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) por meio de marcadores RAPD. **Ciência Agrotecnica**, v. 27, n.1, p.158-164, 2003.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochem Bull**, v. 19, p. 11-15, 1987.

GUPTA, S.; SRIVASTAVA, M.; MISHRA, G.P.; NAIK, P.K.; CHAUHAN, R.S.; TIWARI, S.K.; KUMAR, M.; SINGH, R. Analogy of ISSR and RAPD markers for comparative analysis of genetic diversity among different *Jatropha curcas* genotypes. **African Journal of Biotechnology**, v.7, n. 23, 2008.

JUBERA, M.A.; JANAGOUDAR, B.S.; BIRADAR, D.P.; RAVIKUMAR, R.L.; KOTI, R.V.; PATIL, S.J. Genetic diversity analysis of elite *Jatropha curcas* (L.) genotypes using randomly amplified polymorphic DNA markers. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 22, n. 2, p. 293-295, 2009.

KUMAR, R.V.; TRIPATHI, Y.K; SHUKLA, P.; AHLAWAT, S.P.; GUPTA, V.K. Genetic diversity and relationships among germplasm of *Jatropha curcas* L. revealed by RAPDs. **Trees**, v. 23, p. 1075-1079, 2009.

MÜHLEN, G.S.; MARTINS, P.S.; ANDO, A. Variabilidade genética de etnovariedades de mandioca, avaliada por marcadores de DNA. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.319-328, 2000.

RAM, S.G.; PARTHIBAN, E.K.T.; SENTHIL KUMAR, E. R.; THIRUVENGADAM, E. V.; PARAMATHMA, E. M. Genetic diversity among *Jatropha* species as revealed by RAPD markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, p.803–809, 2008.

ROHLF, F. J. **Numeral taxonomy and multivariate analysis system – version 2.10**. New York, 2000.

WILLAMS, J.G.K.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v.18, n.22, p.6531-6535, 1990.

VIEIRA, E.A.; FIALHO, J.F.; FALEIRO, F.G.; BELLON, G.; FONSECA, K.G.; CARVALHO, L.J.C.B.; SILVA, M.S.; PAULA-MORAES, S.V.; FILHO, M.O.S.S.; SILVA, K.N. Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p. 1707-1715. 2008.

CAPÍTULO 4

Componentes de rendimento de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

1. Resumo

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Componentes de rendimento de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. In: Fenologia e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2011. Cap.4. Dissertação (Dissertação-Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão* .

O *Jatropha curcas* L. é uma planta oleaginosa com grande potencial para a produção de biodiesel. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os acessos de pinhão-manso do BAG da UFS para caracteres biométricos, massa e teor de óleo de sementes. As sementes dos diferentes acessos variaram em média de 16,50 a 18,75 mm em relação ao comprimento; 10,50 a 12,00 em relação à largura e 8,00 a 9,00 mm de espessura. Houve diferença significativa entre os acessos para todas as variáveis analisadas. Os acessos JCUFS-001, JCUFS-006 e JCUFS-011 apresentaram os maiores volumes para as sementes. Com a determinação do teor de óleo foi possível determinar dois agrupamentos com os 17 acessos testados. O rendimento variou de 18,50% do acesso JCUFS-015 a 34,00% para os acessos JCUFS-001 e JCUFS-016. Existe variabilidade entre os acessos de pinhão-manso para as características biométricas e massa das sementes. O teor de óleo variou de 18,50 a 34,00%.

Palavras-chave: rendimento, oleaginosas, biodiesel

Yield components of physic nut (*Jatropha curcas* L.) accessions

2. Abstract

PESSOA, Angela Maria dos Santos. **Yield components of physic nut (*Jatropha curcas* L.) accessions**. In: Phenology and floral morphological characterization, molecular and agronomic access of physic nut (*Jatropha curcas* L.). 2011. Chap. 2. Dissertation (Dissertation-Master in Agroecosystem) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão*.

Jatropha curcas L. is an oleaginous plant with great potential for biodiesel production. This study aimed to characterize the accessions of physic nut by biometrics, mass and oil content of seeds. The seeds of different accessions varied on average from 16.50 to 18.75 mm in relation to the length; from 10.50 to 12.00 in relation to width and 8.00 to 9.00 mm of thickness. There were significant differences among accessions for all variables. The accessions JCUFS-001, JCUFS-006 and JCUFS-011 had the highest seed volume. With the determination of oil content was determined two groups with 17 accessions tested. The yield varied from 18.50% for JCUFS-015 accession to 34.00% for the accessions JCUFS-001 and JCUFS-016. There is variability among the accessions of physic nut for biometric characteristics and seed mass. The oil content ranged from 18.50 to 34.00%.

Keywords: yield, oilseed, biodiesel

3. Introdução

O Brasil possui grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas, as quais podem ser utilizadas para a produção de biodiesel, variando de acordo com o tipo de clima e de solo de cada região. Com a retomada das discussões sobre a substituição de combustíveis derivados de petróleo pelo biodiesel, vários Estados têm buscado cultivares adaptadas às suas condições ambientais para os diferentes agroecossistemas.

Portanto, um dos grandes desafios dos processos de produção de biocombustíveis é dispor de matérias-primas capazes de atender às expectativas dos programas energéticos sem impactar de forma significativa a produção de alimentos (SUAREZ *et al.*, 2009).

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) surge como uma grande opção, por ser perene encontrada em diferentes ambientes, arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas, que pode atingir até cinco metros de altura. A produtividade dessa espécie é muito variável, devido ao fato ainda não ser domesticada, então, caracteres morfológicos e teores de óleo variam consideravelmente entre diferentes procedências de *J. curcas*, sendo que essa variação é muito importante para as pesquisas sobre melhoramento vegetal direcionadas para a exploração econômica do pinhão-mansão (DRUMOND *et al.*, 2009).

Alguns componentes como o tamanho e o peso das sementes apresentam associação com o componente teor de óleo. O rendimento de óleo do pinhão-mansão é o principal produto desse cultivo, e o volume de óleo produzido pela planta depende da associação das características produtivas e vegetativas em um determinado ambiente sendo que a manutenção da variabilidade dessas características na seleção dos materiais mais produtivos é importante para os ganhos em novos ciclos de seleção (SPINELLI *et al.*, 2010). Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os acessos de pinhão-mansão do BAG da UFS quanto aos caracteres biométricos, massa das sementes e teor de óleo de sementes.

4. Material e Métodos

As plantas de pinhão-mansão do BAG receberam adubação de cobertura, composta de 80g de nitrogênio e 50g de potássio por planta, e como manejo se realizou capinas a cada três meses e além da aplicação de formicida quando necessário para o

controle de ataque de formigas no local. Na coleta foram selecionados frutos maduros, retiradas às sementes, e secas à sombra e em seguida armazenadas em câmara fria com temperaturas de 8 °C. As coletas foram realizadas durante os meses de maio a junho de 2010.

A umidade das sementes foi determinada em um analisador de umidade por infravermelho (Gehaka-IV 2000), e variaram de 7,0 a 10 %.

4.1 Biometria das sementes

A avaliação dos dados biométricos e massa das sementes foram realizadas no Laboratório de Tecnologias de Sementes da UFS. Para a realização das características morfométricas, foram utilizadas quatro repetições com 25 sementes para cada acesso, com paquímetro digital (Modelo ZAAS) com precisão de 0,01mm.

Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 15 tratamentos e quatro repetições. Foram determinados o tamanho (comprimento, largura e espessura) e a massa de 100 sementes em balança analítica. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.2 Extração do óleo

O experimento foi conduzido no laboratório de Engenharia Química da UFS. Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 15 tratamentos e duas repetições. As sementes de cada acesso foram maceradas com auxílio de um almofariz de porcelana e um pistilo, pesados 20g em um cartucho de forma cilíndrica, feito com papel filtro (FILHO *et al.*, 2010).

A extração foi realizada com hexano empregando equipamento Soxhlet. Para isto os cartuchos contendo as sementes maceradas foram transferidos para o extrator, com balão de 250 mL, contendo 80 mL do solvente, sob aquecimento em uma placa (Quimis) a temperatura de 70°C sob refluxo contínuo por seis horas até que o mesmo ficasse incolor ao passar pelo sifão do Soxhlet.

Para recuperação do solvente, foi utilizado um banho termostaticado (Tecnal-TE 184) a 5 °C. Após a extração o solvente misturado à fase gordurosa foi eliminado por evaporação à 50 °C. Após ter atingido a temperatura ambiente o conjunto (balão e óleo)

foi pesado e por diferença do peso do recipiente vazio, limpo e seco, o valor do teor de óleo foi calculado e expresso em teor %.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5. Resultados e discussão

Para as características biométricas, massa e teor de óleo das sementes, houve diferença entre os acessos (Tabela 1). As sementes dos diferentes acessos variaram em média de 16,50 a 18,75 mm em relação ao comprimento 10,50 a 12,00 mm em relação à largura e 8,00 a 9,00 mm de espessura. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os acessos, para todas as variáveis.

TABELA 1. Comportamento de acessos pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco Ativo de Germoplasma da UFS para as variáveis, comprimento (mm), largura (mm), espessura (mm), massa de 100 sementes e teor de óleo (%) das sementes. São Cristóvão-SE, 2011.

Acesso	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa sementes (g/planta)	Rendimento óleo (g/planta)
JCUFS-001	18,75 a	12,00 a	9,00 a	15,00 d	34,00 a
JCUFS-002	18,00 b	11,00 c	9,00 a	15,25 d	26,50 b
JCUFS-003	18,00 b	12,00 a	9,00 a	17,00 b	25,50 b
JCUFS-004	18,00 b	11,50 b	9,00 a	13,50 e	27,00 b
JCUFS-005	18,00 b	11,00 c	9,00 a	14,75 d	23,00 b
JCUFS-006	18,50 a	12,00 a	9,00 a	16,25 c	23,50 b
JCUFS-007	16,50 c	10,50 d	8,00 b	13,00 e	22,00 b
JCUFS-008	18,00 b	11,50 b	9,00 a	15,00 d	25,50 b
JCUFS-009	17,00 c	11,00 c	8,00 b	12,50 e	29,50 a
JCUFS-010	18,00 b	11,25 c	9,00 a	16,00 c	34,00 a
JCUFS-011	18,50 a	12,00 a	9,00 a	15,00 d	24,00 b
JCUFS-013	18,25 b	12,00 a	8,75 a	18,25 a	32,00 a
JCUFS-015	18,00 b	12,00 a	9,00 a	15,00 d	18,50 b
JCUFS-016	18,25 b	11,25 c	8,75 a	13,25 e	32,00 a
JCUFS-017	17,75 b	11,00 c	9,00 a	14,75 d	30,50 a
CV (%)	2,07	2,72	2,09	3,67	12,87

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-knott.

Verificou-se maior comprimento nas sementes dos acessos JCUFS-001, JCUFS-011 e JCUFS-006 e maior largura nos acessos JCUFS-015, JCUFS-003, JCUFS-001, JCUFS-006, JCUFS-011 e JCUFS-013.

Para a espessura, a maioria dos acessos apresentou semelhança estatística, exceto para os acessos JCUFS-007 e JCUFS-009 que apresentaram a menor média igual a 8,00 mm.

É importante notar que os acessos JCUFS-001, JCUFS-006 e JCUFS-011 apresentaram as maiores sementes para os dados obtidos do comprimento, largura e espessura. As menores sementes para todas as variáveis analisadas foram encontradas para o acesso JCUFS-007.

Os dados encontrados nesse trabalho são superiores aos encontrados por Nunes *et al.* (2009) estudando morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso de cinco indivíduos, e relataram que as características biométricas das sementes foram de 1,62 cm para o comprimento, 1,07 mm de largura e 0,47 mm de espessura.

As características biométricas das sementes são bastante variáveis entre os acessos, possivelmente, devem ser em consequência das diferentes origens dos acessos estudados.

Os resultados desse trabalho estão em acordo com os apresentados por Aquino *et al.* (2009) para mensurações unidimensionais em sementes de *J. curcas* provenientes de diferentes procedências. Esses autores verificaram diferenças entre as dimensões das sementes das três procedências testadas com relação ao comprimento e espessura.

Para a massa das sementes houve diferença entre os acessos avaliados. As médias dos acessos variaram de 12,50 a 18,25 g, e os acessos JCUFS-013 e JCUFS-003 foram superiores aos demais. Resultados semelhantes a esse trabalho foram encontrados por Saikia *et al.* (2009) em estudo sobre parâmetros morfo-fisiológicos em pinhão-manso na Índia, em que houve grande variação na massa das sementes.

Para a variável, rendimento de óleo, observou-se diferença entre os acessos, destacando-se os acessos JCUFS-001, JCUFS-009, JCUFS-010, JCUFS-013, JCUFS-016 e JCUFS-017, com as melhores médias.

Verificou-se que o rendimento variou de 18,50 % do acesso JCUFS-015 a 34,00 % para os acessos JCUFS-001 e JCUFS-010. Esta amplitude para o teor de óleo nos acessos de pinhão-manso existente no Banco Ativo de Germoplasma da UFS, ocorreu possivelmente devido à variabilidade genética existente, já que o microambiente onde estão plantados os acessos foi o mesmo.

Essas diferenças na massa de óleo das sementes constituem informações básicas para o trabalho de melhoramento genético visando à seleção de genótipos agronomicamente promissores.

Diferença na massa de óleo entre acessos, também foram encontrados por Sunil *et al.* (2008) em estudo de caso com diferentes genótipos de *J. curcas* obtidos a partir de dois Estados na Índia, obtiveram de 35 a 40 % de óleo nas sementes sob condições de

solo diferentes. Vale salientar que os acessos em estudo pertencem à zona ecogeográficas distintas, com condições edafoclimáticas diferentes, o que diferem desse trabalho.

Porém, Sunil *et al.* (2009), realizaram trabalho com acessos de pinhão-manso em quatro zonas ecogeográficas diferentes na Índia e obtiveram uma porcentagem de óleo nas sementes variando de 21,5 a 39,8.

Características como massa de sementes e a manutenção da variabilidade das características de qualidade, tais como o teor de óleo na semente, servem para subsidiar a obtenção de ganhos futuros no processo de melhoramento da espécie (SPINELLI *et al.*, 2010).

6. Conclusão

Existe variabilidade para as características biométricas das sementes de *J. curcas*.

O teor de óleo em acessos de pinhão-manso varia de 18,50 a 34,00 %, sendo os acessos JCUFS-001 e JCUFS-010 os mais indicados para participação em cruzamentos, considerando a possibilidade de transmissão desta característica.

7. Referências Bibliográficas

AQUINO, N. F.; AJALA, M. C.; DRANSKI, J. A.; IGNÁCIO, V. L.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Morfometria de sementes de *Jatropha curcas* L. em função da procedência. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n.2, p. 142-145, 2009.

BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. S. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n.3, p.357-362, 2008.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônomo de genótipos de pinhão manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, 2009.

FILHO, A. L. M.; PEREIRA, M. R. R.; SILVA, J. I. C. Potencialidade energética em extratores e tempos de extração do óleo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em soxletter. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 226-230, 2010.

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.

SAIKIA, S. P.; BHAU, B.S.; RABHA, A.; DUTTA, S. P.; CHOUDHARI, R. K.; CHETIA, M.; MISHRA, B.P.; KANJILAL, P. B. Study of accession source variation in morpho-physiological parameters and growth performance of *Jatropha curcas* Linn. **Current Science**, v. 96, n. 12, p. 1631-1636, 2009.

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

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

SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2009.

SUNIL, N.; SIVARAJ, N.; ANITHA, K.; ABRAHAM, B.; KUMAR, V.; SUDHIR, E.; VANAJA, M.; VARAPRASAD, K. S. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, p.15–119, 2009.

SUNIL, N.; VARAPRASAD, K. S.; SIVARAJ, N.; KUMAR, T. S.; ABRAHAM, B; PRASAD, R.B.N. Assessing *Jatropha curcas* L. germoplasm *in-situ*-A case estudy. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 198-202, 2008.