

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA EM BANCO DE GERMOPLASMA DE
PINHÃO MANSO NO RECÔNCAVO BAIANO**

MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

MARÇO-2013

CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA EM BANCO DE GERMOPLASMA DE PINHÃO MANSO NO RECÔNCAVO BAIANO

MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Bióloga
Universidade de Pernambuco, 2009

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof.^a Dra. Simone Alves Silva

Coorientador: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
MESTRADO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2013

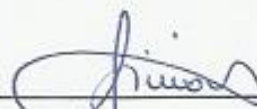
FICHA CATALOGRÁFICA

O48	<p>Oliveira, Maria Maiany de. Caracterização agronômica em banco de germoplasma de pinhão manso no Recôncavo Baiano: divergência genética em genótipos de pinhão manso por meio de caracteres quantitativos / Maria Maiany de Oliveira. _ Cruz das Almas, BA, 2013. 60f.; il.</p> <p>Orientadora: Simone Alves Silva. Coorientador: Deoclides Ricardo de Souza.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Pinhão-manso – Germoplasma vegetal. 2.Pinhão-manso – Recôncavo (BA). 3.Melhoramento genético. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 583.95044</p>
-----	--

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO

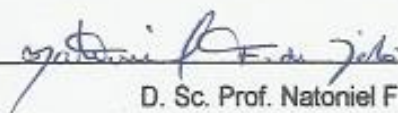
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MARIA MAIANY DE OLIVEIRA



D. Sc. Prof.ª Simone Alves Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

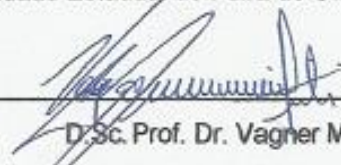
(Orientadora)



D. Sc. Prof. Nataniel Franklin de Melo

Embrapa Semiárido – CPATSA

Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



D.Sc. Prof. Dr. Vagner Maximino Leite

Universidade Federal da Bahia - UFBA

Dissertação (ou tese) homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em
Recursos Genéticos Vegetais em.....Conferindo o Grau de Mestre
em Recursos Genéticos Vegetais em

Aos meus pais, Maria Salete de Oliveira e Francisco Pedro de Oliveira, que sempre
priorizaram a minha formação acadêmica e de meus irmãos;
Aos meus queridos irmãos, Sergio, Renata, Juscelino, Erika e Jessica;
Dedico.

Determinação coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.

Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

Deixo expressos meus sinceros agradecimentos as seguintes instituições e pessoas, sem as quais o presente trabalho teria sido desenvolvido:

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

A Prof^a. Dr^a. Simone Alves Silva pela orientação, oportunidade, confiança e contribuição para meu desenvolvimento profissional e ao meu coorientador Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza, por toda contribuição e assistência nos trabalhos de campo;

A todos os professores do curso que contribuíram para meu crescimento científico, intelectual e profissional em especial ao Prof. Dr. Carlos Ledo pela contribuição com as análises estatísticas e ao Prof. Dr. Jorge Loyolla, por todos os ensinamentos e troca de experiência;

A banca examinadora, pelo auxílio na conclusão desta pesquisa;

Um agradecimento especial aos meus pais Pedro e Salete pelas suas difíceis trajetórias percorridas e dedicação incondicional que tiveram em dar, a preciosa, oportunidade de estudo para seus filhos. E por sempre apoiarem minha trajetória acadêmica. Muitíssimo obrigada!

Aos meus irmãos: Sérgio, Renata, Jucelino, Erika, Jessica, e por todo carinho e estímulo e em especial a minha irmã Renata, por ter despertado em mim o interesse pelos estudos quando, sem pretensão, me alfabetizou antes mesmo de eu ir à escola através do seu “nato” dom de ensinar e, também, por todo apoio nessa importante etapa acadêmica;

Ao meu noivo Gledson, pelo estímulo, apoio, amizade, amor e paciência demonstrados nestes dois anos;

Aos meus cunhados Jucelino e Vinícius, pelo imenso carinho que sempre demonstraram por mim;

Aos meus primos que Fagner, Gabriela e Nando por todo carinho e incentivo;

Registro também o reconhecimento aos meus, mais recentes, amigos pela troca de conhecimento e experiências em todo período do mestrado e pelos bons momentos de convivência em especial: Janáira, Rafaella, Dyane, Lucas, Helison e Cícera. Meu muito obrigado!

Aos colegas de turma, pela amizade construída e ao estagiário Danilo, por sua grandiosa contribuição no desenvolvimento do trabalho.

Às amigas de república Tuany, Jucicléia e Jucilene pela harmônica convivência;

Aos meus “velhos” amigos Diana, Regina, Claudio, Ana Patrícia, Vandeilson, Jefferson e Neilson que acompanharam toda minha trajetória, mesmo estando distantes;

A todos que aqui não foram mencionados, mas que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

Muito obrigada!

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO.....1

Capítulo 1

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE PINHÃO MANSO POR MEIO DE
CARACTERES QUANTITATIVOS.....20

Capítulo 2

REPETIBILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES FENOTÍPICOS EM PINHÃO
MANSO..... 41

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....59

CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA EM BANCO DE GERMOPLASMA DE PINHÃO MANSO NO RECÔNCAVO BAIANO

Autora: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Orientadora: Simone Alves Silva

Coorientador: Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO: Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa que vem recebendo atenção devido às suas características favoráveis para a produção de biodiesel, incluindo a capacidade de adaptação a diversos ambientes e compatibilidade com o perfil da agricultura familiar. Estas características têm atraído investimentos na cultura, visando a atender aos programas de produção de biodiesel no país. A fim de expandir os estudos de *jatropha*, este projeto teve como objetivo desenvolver ações para dar suporte técnico-científico à caracterização agronômica, visando subsidiar o desenvolvimento de cultivares em programas de melhoramento e conservação da espécie por meio de estudos de diversidade genética e repetibilidade genética utilizando diferentes métodos de estimação. O trabalho foi realizado com 46 genótipos do banco ativo de germoplasma de pinhão manso da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas, onde foram realizadas as caracterizações agronômicas por meio de 15 caracteres. A análise de divergência possibilitou a formação de cinco grupos distintos entre os acessos do BAG de pinhão manso, indicando a existência de variabilidade genética dentre os genótipos. Dentre os caracteres avaliados, o caráter estatura da planta (EST) foi o que mais contribuiu para essa divergência com 41% de contribuição pelo método de SING. Os métodos dos componentes principais, CPCOR, CPCOV e AER, foram mais apropriados para a estimativa do coeficiente de repetibilidade quando comparados ao ANOVA. Os coeficientes de repetibilidade foram altos para todos os caracteres, indicando a possibilidade de predizer o valor genético real dos indivíduos com até oito avaliações, considerando o R^2 de 95% no método CPCOV, para a seleção e ganhos genéticos nas condições ambientais de Cruz das Almas, Bahia.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, divergência genética, biodiesel.

AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF PHYSIC NUT IN GERMPLASM BANK IN THE RECÔNCAVO BAIANO

Author: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Adivisor: Simone Alves Silva

Co-adivisor: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT: *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) is an oilseed crop that has been getting attention due to its favorable features for production of biodiesel, including the adaptability to various environments and compatibility with the profile of family farming. These characteristics have attracted investments in culture in order to meet the programs for production of biodiesel in the country. In order to expand the studies of *Jatropha*, this project aimed to develop actions to give technical and scientific support to the agronomic characterization, seeking subsidize the development of cultivars in breeding programs and conservation of the species through studies of genetic diversity and genetic repeatability using different estimation methods. The study was conducted with 46 genotypes of active germplasm bank of *Jatropha* of the Federal University of Bahia Reconcavo - UFRB, Cruz das Almas, where agronomic characterizations were performed using 15 characters. The divergence analysis enabled the formation of five distinct groups among accessions of *Jatropha* BAG, indicating the existence of genetic variability among the genotypes. Among the traits, character plant height (EST) was the largest contributor to this divergence with 41% contribution by the method of SING. The methods of principal components, CPCOR, CPCOV and AER, were more appropriate for the estimation of repeatability when compared with ANOVA. The repeatability coefficients were high for all the characters, indicating the possibility to predict the real genetic value of individuals with up to eight evaluations, considering the R^2 of 95% in CPCOV method for selection and genetic gain in environment conditions Cruz das Almas, Bahia.

Keywords: *Jatropha curcas*, genetic divergence, biodiesel.

INTRODUÇÃO

Ao longo de todo o século XX, o biodiesel sempre foi um potencial combustível, sendo utilizado em pequena escala em várias experiências desenvolvidas em diferentes ocasiões históricas. Quando da invenção dos motores à combustão no início do século passado Rudolph Diesel já o empregava em seus experimentos e considerava viável sua utilização. Durante a Segunda Guerra Mundial e, mais tarde, quando das duas grandes crises do petróleo de 1973 e 1976, a utilização de biocombustíveis para transporte e proliferaram e, desde então, o interesse em seu aproveitamento como substituto dos combustíveis fósseis tem sido crescente (MASIERO e HELOISA LOPES 2008).

A bioenergia, desde então, tem sido apontada como única fonte renovável que pode substituir os combustíveis fósseis em todos os mercados de energia (produção de calor, eletricidade e de combustíveis para o transporte). A Agência Internacional de Energia (IEA) afirma que todos os países apresentam potencial para uso da bioenergia de forma sustentável, podendo utilizá-la para reduzir custos, emissão de gases do efeito estufa e estima para o ano 2050, com base no aumento da população e do consumo de energia, que o abastecimento energético advindo da biomassa esteja entre 25 e 33% (FRITSCHE et al. 2009).

A União Europeia produz biodiesel em escala industrial desde 1992. Na Alemanha, existe frota significativa de veículos leves, coletivos e de carga, que utiliza biodiesel derivado de plantações específicas para fins energéticos e distribuídos por mais de 1.000 postos de abastecimento (RAMOS et al. 2003).

O Governo brasileiro lançou em 2004 o PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel), regulamentado pela lei n. 11.097/2005, estabelecendo que a partir de janeiro de 2008 fosse obrigatória em todo o território nacional a mistura B2 (2% de biodiesel e 98% de diesel de petróleo), e em janeiro de 2013, essa obrigatoriedade passou para 5% (mistura B5). Um conjunto de medidas específicas também foi tomado objetivando incluir e

fortalecer a agricultura familiar na cadeia de produção do biodiesel e reduzir disparidades regionais mediante a geração de emprego e renda. Uma delas foi a concessão do Selo Combustível Social, que garante benefícios tributários e fiscais aos produtores de biodiesel que adquirirem matéria-prima de unidades de produção familiar (MIRAGAYA, 2005; ACCARINI, 2006; MASIERO e HELOISA LOPES, 2008).

Por outro lado, o interesse no pinhão manso está nas suas potencialidades expressas na visão de rusticidade observada pela tolerância à seca, pela pouca exigência nutricional e alta produtividade de óleo. Sendo ideal para regiões pouco favoráveis ao plantio de oleaginosas tradicionais e de clima adverso como o Semiárido, uma das regiões brasileiras mais carentes de opções que promovam o seu desenvolvimento. Além disso, o pinhão manso tem a vantagem de não estar inserido em outras cadeias de produção, em especial as alimentares. O pinhão manso é discutido sob outros olhares, em especial, os que apontam os limitados conhecimentos científicos e tecnológicos sobre a cultura (MARTINS et al.; 2010; LAVIOLA, 2010; MORET et al. 2006). Uma vez que o mesmo ainda se encontra em processo de domesticação onde, vem sendo estudado agronomicamente como forma alternativa para os combustíveis fósseis nos últimos 30 anos. Até o momento, os resultados das pesquisas obtidas ainda não são conclusivos nem suficientes para a criação de políticas públicas para a cultura.

Origem e distribuição do pinhão manso (*Jatropha curcas L.*)

Sobre a origem do pinhão manso existem vários relatos distintos, onde há contradições a respeito do provável lugar de origem. Peixoto (1973) julga que o pinhão manso seja oriundo da América do Sul, Brasil e ainda Antilhas, e que foi introduzido em 1973, nas Ilhas de Cabo Verde, alcançando depois a África e a Índia, disseminando-se por todas as regiões tropicais, temperadas e, em menor produção, nas regiões de clima temperado. Em concordância (HELLER, 1996 et al.; GÜBITZ et al, 1999; SWOT, 2002; ARRUDA et al. 2004; SATURNINO et al. 2006) relatam em seus estudos essa mesma origem do pinhão manso. FERNANDEZ (1993), por sua vez, afirmou que a origem é na América Latina ou que seja provavelmente originária do Brasil. Para Ginwal et al. (2005), Mishra (2009) e Rosado et al. (2010) o pinhão manso é tropical, nativo do México e

América Central, sendo também cultivado em muitos outros países latino-americanos, africanos e asiáticos. E segundo Heiffig e Câmara (2006) tem como centro de origem o México e América Central, porém apresenta ampla distribuição em várias partes do mundo, e no continente Americano sua distribuição vai do México até o Brasil.

Acredita-se que o pinhão manso seja mesmo originário da América tropical, tendo provavelmente sido distribuído por volta de 1783, por embarcações portuguesas provenientes das ilhas de Cabo Verde, a outros países como a Índia e outros continentes como a África. Sua introdução nas ilhas de cabo verde foi atribuída ao interesse dos portugueses em aproveitar as terras inaptas daquele arquipélago, cujos solos eram de pouca fertilidade e dificilmente poderiam ser utilizados para culturas menos rústicas (BRASIL, 1985).

Devido aos inúmeros relatos divergentes a respeito de sua origem o que se pode afirmar que ela é adaptativa de regiões de clima quente. Apresenta grande destaque entre as oleaginosas por ser uma planta adaptada a diversos ambientes, rústica, perene, entre outros atributos, despertando interesses em diversos setores. É uma cultura existente de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais e pode ser considerada uma das mais promissoras oleaginosas para obtenção de biodiesel (SATURNINO et al. 2005).

Sua produtividade é muito variável, dependendo da região, do método de cultivo e dos tratamentos culturais, bem como da regularidade pluviométrica e da fertilidade do solo. De acordo com informações mais recentes, a planta tem potencial de produzir acima de 4.000 kg/ha de grãos (DRUMOND et al. 2009). Com esta produtividade é possível produzir mais de 1.400 kg há⁻¹ de óleo. No entanto, com o melhoramento genético e o aprimoramento do sistema de produção, acredita-se que este potencial possa ser ultrapassando (DURÃES et al. 2009).

Ocorre espontaneamente em diversos estados brasileiros, desde a região Nordeste até os estados de São Paulo e Paraná, sendo que nos dois últimos, pode-se encontrá-lo em seu estado nativo. Porém, é mais comum ser encontrado como cerca visas e, nos quintais mais antigos, próximo a antigas moradias, onde era usado como fonte caseira de óleo para queimar ou para uso medicinal (SATURNINO et al. 2005).

Taxonomia, aspectos botânicos e morfologia

O nome *Jatropha* deriva do grego iatrós (doutor) e trophé (comida), implicando as suas propriedades medicinais. Curcas é o nome comum para o pinhão-manso em Malabar, Índia (CORRELL e CORRELL 1982).

Pertence à família Euphorbiaceae, que contém cerca de 8.000 espécies e 320 gêneros. No gênero *Jatropha* são agrupadas cerca de 170 espécies de plantas herbáceas e arbustivas que apresentam as mais variadas propriedades e usos, entre eles a fabricação de sabão e o uso medicinal. O pinhão manso apresenta grande destaque entre as oleaginosas por ser uma planta adaptada a diversos ambientes, rústica, perene, entre outros atributos, despertando interesses em diversos setores (SATURNINO et al. 2005). Sendo denominado também como: pinhão-manso, pião, purgueira, pinhão do Paraguai, pinha-de-purga, pinhão-do-inferno, figo-do-infreno, pinhão-de-cerca, grão-de-maluco, pinhão-das-barbadas, pinhão bravo, purgante-de-cavalo, manduigaçu, mandubiguaçu, sassi, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, figo-do-inferno e pinhão-croá. Variam de acordo com suas diferentes localidades e, em outros países, também possui outros nomes como: physic nut, purging nut, Barbados nut, nos Estados Unidos da América; na França: médicinier, pignon d'Inde, purghère; em Angola: mupuluka; na Nigéria: butuje e no México: piñoncillo entre outros (HELLER, 1996; NUNES, 2007).

O pinhão manso é um arbusto grande, de crescimento rápido, cuja altura normal varia de dois a cinco metros (HELLER, 1996; Peixoto, 1973), porém pode alcançar até 20 metros em condições especiais. CARVALHO et al. (2009) consideram a altura de 2,5 a 5m como ideal em cultivo, pois uma altura maior que essa dificultaria a colheita dos frutos.

O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm, apresentando crescimento articulado, e, geralmente, suas raízes são em número de cinco, com uma central e quatro periféricas (CARELS, 2009). Quando adulta possui um sistema radicular pivotante com raízes curtas e pouco ramificadas.

A planta possui caule liso, macio, de cor esverdeada a cinzento-castanha de lenho ou xilema mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente, possui floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circulam a seiva (látex). O látex é uma seiva leitosa que corre com abundância em qualquer

ferimento da planta, posteriormente fica acastanhado com aspecto de resina depois de seco. O tronco se divide na base em vários ramos e possuem cicatrizes por causa da queda das folhas na estação seca (CORTESÃO 1956; BRASIL, 1985; SATURNINO et al. 2005).

O tronco tem a tendência de se ramificar desde a base. Os ramos são espalhados e longos com folhas alternadas a subopostas com filotaxia em espiral. As folhas são lobadas e, quando novas apresentam coloração vermelho-vinho, cobertas com lanugem branca, e à medida que envelhecem se tornam verdes, pálidas, brilhantes e glabras, com nervuras esbranquiçadas e salientes em sua base inferior. O pecíolo é longo e esverdeado, do qual partem as nervuras divergentes. Os pecíolos caem, em parte ou totalmente, no final da época seca, ou durante a estação fria. A planta permanece em repouso até o início da primavera, ou início da estação chuvosa (PEIXOTO, 1973; NUNES et al. 2007).

A inflorescência é uma cimeira definida, a qual surge junto com as folhas novas. É uma planta monóica, com flores unissexuais e produzidas na mesma inflorescência, pode-se observar que as flores masculinas apresentam-se em maior número e estão dispostas nas pontas das ramificações (DEHGAN e WEBSTER, 1979). As femininas variam de cinco a vinte e abrem em dias diferentes (RAJU e EZRADANAM, 2002). Fato esse, que lhe confere a protogenia e, conseqüentemente, a alogamia, com 95% de polinização cruzada e isto pode estar relacionado com a desuniformidade no amadurecimento dos frutos, o que dificulta a otimização da colheita do pinhão manso.

A polinização ocorre principalmente pela ação de insetos (CARVALHO et al. 2009). Os principais polinizadores são as formigas, abelhas, moscas e tripses (Raju e Ezradanam, 2002). Em relação ao número de cromossomos, o pinhão apresenta em sua normalidade indivíduos $2n = 22$ (CARVALHO et al. 2008). Não existindo nenhuma variedade ou cultivar registrada.

O fruto é capsular, ovóide, trilocular com uma semente em cada lóculo, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, deiscente, inicialmente verde, quando maduro amarelo, castanho e preto quando atinge o último estágio de maturação. Os frutos têm em média de 2,5 a 4 cm de comprimento, com diâmetro variando de 2,0 a 3,0 cm. Contém de 53 a 62% de sementes e de 38 a 47% de casca (ARRUDA et al. 2004; NUNES et al. 2009; MISHRA, 2009).

As sementes secas medem de 1,5 a 2 cm de comprimento, podendo sofrer variações conforme as condições de cultivo. São ovaladas, endospermicas, possuindo tegumento rígido, quebradiço, de fratura resinosa. Debaixo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião de formato reto e providos de dois cotilédones planos, foliáceos e arredondados (SATURNINO et al. 2005; NUNES et al. 2009). Nas sementes, ainda pode ser encontrado, 7,2 % de água, 37,5% de óleo e 55,3 % de açúcar, amido, albuminóides e materiais minerais, sendo 4,8 % de cinzas e 4,2 % de nitrogênio (PEIXOTO, 1973).

Recursos genéticos do pinhão manso: diversidade genética, variabilidade e banco de germoplasma

Entende-se como Recursos genéticos todo “material genético de valor real ou potencial”, onde ‘material genético’ é “material de origem vegetal, animal, microbiana ou outra que contenha unidades funcionais de hereditariedade” (BRAULIO, 1992).

Os estudos de diversidade genética são muito úteis ao processo de melhoramento da espécie. É importante salientar que apenas conhecer a diversidade genética não é suficiente para o sucesso de programas de melhoramento, sendo fundamental determinar a variabilidade existente em relação aos caracteres morfoagronômicos de interesse. Dessa forma, é necessário que se tenha informações fenotípicas confiáveis avaliadas nos genótipos existentes, (LAVIOLA, 2010).

Nos programas de melhoramento de plantas, informações sobre a diversidade genética dentro de uma espécie é essencial para o uso racional dos recursos genéticos (LOARCE et al. 1996). A criação de Bancos de Germoplasma tem contribuído para a manutenção da variabilidade genética, constituindo-se na “fonte genética” usada pelo melhorista para desenvolver novas cultivares (BORÉM, 2009). Os bancos de germoplasma são fundamentais, pois permitem ao melhorista obter novos genes/alelos, a serem incorporados aos trabalhos de melhoramento genético, além da preservação da variabilidade gênica. Os genitores introduzidos podem ser usados na forma direta, como variedades comerciais, ou empregados nos programas de melhoramento, visando

à criação de novas variedades (BUENO et al. 2001). E ainda, com o auxílio da análise de diversidade genética, pode-se classificar corretamente um acesso, identificar duplicatas e subgrupos de coleções-núcleo e auxiliar na quantificação do nível de variabilidade presente em pool gênico, bem como seu fluxo através do tempo (REIF et al. 2005).

Os estudos sobre a diversidade genética nas coleções de germoplasma podem ser realizados a partir de caracteres morfológicos de natureza quantitativa ou qualitativa (MOREIRA et al. 1994), ou ainda por meio de estudos moleculares com os marcadores. Com esse propósito, a definição de critérios para seleção de materiais é especialmente importante para o cultivo de pinhão-mansó, pois subsidia a caracterização dos ideótipos mais adequados para o plantio e progresso genético com a prática de seleção (SPINELLI et al. 2010).

Laviola et al. (2011) realizaram um trabalho de caracterização da diversidade genética no banco de germoplasma de pinhão-mansó através de descritores morfoagronômicos quantitativos e qualitativos visando, à incorporação de genótipos promissores no programa de melhoramento da espécie. Essa coleção de germoplasma está implantada em área experimental localizada em Planaltina, DF, por intermédio de uma parceria entre Embrapa Agroenergia e Embrapa Cerrados. Ricci et al. (2012) estudou a diversidade genética e as relações filogenéticas entre sete populações de *Jatropha*, coletadas em diferentes regiões fitogeográficas utilizando marcadores moleculares e concluiu que existe um alto grau de similaridade genética dentro de populações oriundas das Ilhas do Oceano Pacífico, Brasil, Moçambique e Senegal.

Pinilla et al. (2011) avaliou morfológica e agronomicamente a diversidade genética de 246 acessos de pinhão mansó silvestres coletados em diferentes regiões da Colômbia por meio de métodos de estatística multivariada e as distâncias obtidas no dendrograma possibilitaram a formação de 18 grupos distintos.

Mesmo com as inúmeras potencialidades do pinhão mansó, diversos fatores devem ser solucionados para a completa domesticação da espécie. Dentre esses fatores, o conhecimento da dimensão e da amplitude da variabilidade genética disponíveis é essencial para o avanço e sustentabilidade do processo de ganho genético por seleção no melhoramento (ROSADO et al. 2009).

Os materiais de pinhão manso que estão sendo implantados, nos bancos de germoplasma, são geneticamente desconhecidos e desuniformes, e não possuem garantias mínimas quanto à adaptabilidade ambiental e produtividade de cada genótipo (LAVIOLA, 2010). É com base nessas informações que se vê a grande necessidade biológica e econômica de se estudar a caracterização botânica e agrônômica dessa cultura para que, todas as suas potencialidades possam ser devidamente exploradas.

Conservação, caracterização e melhoramento do pinhão manso

A importância econômica da *J. curcas* gera uma gama de interesses entre os pesquisadores, para avaliar a existência natural da diversidade genética, para seleção e melhoramento de genótipos superiores, tanto em níveis inter como intraespecíficos (KUMAR et al. 2011).

O sucesso em programas de melhoramento genético depende, principalmente, da disponibilidade de uma ampla variabilidade genética voltada para os caracteres desejados. Para isso, existem algumas etapas de fundamental importância como a coleta, introdução, caracterização, avaliação e conservação de germoplasma (BORÉM e MIRANDA, 2005; NASS et al. 2007). Esses recursos genéticos devem ser devidamente caracterizados, por meio das atividades de pré-melhoramento, para permitir ganhos genéticos mais promissores no melhoramento, e para o uso destes recursos pelo próprio agricultor.

A caracterização de germoplasma consiste em levantar dados que descrevam, identifiquem e permitam diferenciar os indivíduos, genótipos ou acessos das espécies (VICENTE et al. 2005). Esta caracterização pode ser realizada empregando-se descritores botânicos, morfológicos, agrônômicos e moleculares.

Os estudos agrônômicos do pinhão manso foram iniciados nos últimos 30 anos, estando no processo de domesticação, e pouco se conhecendo sobre seus aspectos agrônômicos e fisiológicos (ACHTEN et al. 2008). Devido à deficiência de pesquisas sobre o desempenho agrônômico, à falta de variedades desenvolvidas a partir de programas de melhoramento, e de estudos básicos sobre o desempenho das sementes do pinhão manso, não se tinha autorização para o seu cultivo. Porém, por meio da Instrução Normativa n. 4 de janeiro de

2008, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a espécie *Jatropha curcas* L. foi inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC) (BRASIL, 2008). Essa autorização se deu com o intuito de subsidiar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. No entanto, diferentemente de outras oleaginosas, como a mamona e a soja, o pinhão manso ainda não possui descritores definidos. Porém, hoje em dia, existem vários trabalhos objetivando a validação dos descritores para essa cultura.

O fato de não haver variedades melhoradas nem cultivares registradas de pinhão manso, fez com que vários países se interessassem em realizar estudos prospectando a diversidade genética dessa espécie, fazendo coleta de germoplasma, dentro de seu próprio território e ao redor do mundo: objetivando fins carburantes, e/ou medicinais (SATURNINO et al. 2005). As atividades de pré-melhoramento são de grande importância para subsidiar a atualização prática dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento.

Na Índia, existe um programa de conservação de germoplasma *in situ* do pinhão manso dividido em quatro regiões ecogeográficas (SUNIL et al. 2008). Na China, Tailândia, Filipinas, México, Guatemala, Holanda e Brasil foram constituídos bancos de germoplasma do gênero *Jatropha* para caracterização, conservação e utilização em programas de melhoramento (CARELS, 2009).

A elaboração de projetos que priorizem a coleta de germoplasma com potencial agrícola torna-se fundamental para o desenvolvimento de novas variedades, sendo que a conservação deve ser utilizada para preservação do "pool" gênico das espécies por longos períodos (RITSCHER et al. 1999). Cada espécie pode apresentar milhares de variantes, portanto, é razoável admitir que qualquer coleção de germoplasma, por maior que seja, é apenas uma pequena amostra da variabilidade total da espécie (ALLARD, 1970).

No Brasil, as pesquisas voltadas para o pinhão manso estão sendo desenvolvidas, principalmente, pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), empresas estaduais, como por exemplo, a EBDA (Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola) e, ainda, as universidades, que desenvolvem várias pesquisas em todo país, como caracterização morfoagronômica da diversidade genética (LAVIOLA et al. 2011) e molecular (ROSADO et al. 2009), coleta e conservação (BRASILEIRO, 2010), testes de

progênies (ABREU et al., 2009.; CARVALHO, 2010), germinação de sementes (MARTINS et al. 2008); morfologia de frutos e sementes (NUNES et al. 2009), peso de sementes (ROCHA et al. 2008), necessidades e deficiências nutricionais (LAVIOLA e DIAS, 2008; SILVA et al. 2009) e teor e composição do óleo (MEDINA, 2011).

Estudo de diversidade genética e análise multivariada

O estudo de diversidade genética em planta pode ser realizado baseado em diferentes tipos de descritores como botânicos, morfológicos e agrônômicos (DIAS et al. 1997). Porém, as interpretações desses dados têm sido usualmente feitas por meio de análises univariadas, o que gera dificuldades na obtenção das estimativas de divergência e, conseqüentemente, na seleção de indivíduos desejáveis para intercruzamentos. Diferenças existentes entre grupos ou populações não depende de uma única variável e sim de um conjunto delas. Assim, as técnicas multivariadas têm se mostrado úteis, por avaliar o indivíduo em vários aspectos e proporcionar uma visão geral de cada acesso (CRUZ e REGAZZI 2004).

De acordo com Cruz e Carneiro (2003) as estimativas de dissimilaridade atendem aos objetivos do melhorista, por quantificarem e informarem sobre o grau de similaridade ou de dissimilaridade entre pares de indivíduos. Entretanto, quando o número de acessos é relativamente grande, torna-se inviável o reconhecimento de grupos homogêneos pelo exame visual das estimativas de distância. Devido a isso os acessos semelhantes são reunidos com o uso de técnicas de agrupamento a partir da medida de dissimilaridade escolhida. O agrupamento entre os acessos ocorre de forma que exista homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre os grupos.

Para que a avaliação da associação entre caracteres tenha uma estimativa e gere uma interpretação biologicamente apropriada e segura, é de fundamental importância que se teste o grau de colinearidade entre as variáveis independentes. Neste caso, a análise dos autovalores da matriz ($X'X$) é utilizada para identificar a natureza aproximada da dependência linear existente entre os caracteres, identificando aquele(s) que contribuem para o aparecimento da multicolinearidade (CARVALHO et al., 2002).

Os programas de melhoramento genético objetivam selecionar genótipos com características superiores e ao selecionar um genótipo, espera-se que sua superioridade inicial se perdue durante o máximo de tempo possível. De acordo com Cruz e Regazzi (2004), a veracidade dessa expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade (r). Este parâmetro mede a capacidade dos organismos repetirem a expressão do caráter ao longo de vários períodos de tempo, no decorrer de suas vidas (RESENDE, 2002).

REFERÊNCIAS

ACCARINI, J. H. **Biodiesel no Brasil: estágio atual e perspectivas**. In: Bahia Análise e Dados. Salvador, v. 16, nº 1. Junho, p. 51-63. 2006.

ABREU, F. B.; RESENDE, M. D. V. de; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H. M.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B. de. Variabilidade genética entre acessos de pinhão-manso na fase juvenil. **Magistra**, v. 21, p.36-40, 2009.

ACHTEN, W. M. J.; MATHIJS, E.; VERCHOT, L.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B.; et al. Jatropha bio-diesel production and use. **Biomass & Bioenergy**. v. 32, p.1063-1084, 2008.

ALLARD, R. W. Population structure and sampling methods. In: FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. (Org.). **Genetic resources in plants** – their exploration and conservation. Oxford: Blackwell, p. 97-107, 1970.

ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB. v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. rev. amp. Viçosa: UFV, 2005. 525p.

BOREM, A.; VIEIRA, G. **Melhoramento de Plantas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 529 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 4 de 14 de janeiro de 2008. **Diário Oficial da União**, p.4, 2008.

BRASIL. Ministério da Indústria e do comércio. Secretária de tecnologia industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CTI. 364p. (Documentos 16), 1985.

BRASILEIRO, B. P. **Conservação e melhoramento genético do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), brasil**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

BRAULIO, F. S. DIAS. Convenção sobre Diversidade Biológica. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Série Biodiversidade no. 1, p.30. 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_72.pdf>: acesso em 07/05/13.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas**. Ed. UFLA, Lavras, 2001. 319p.

CARELS, N. *Jatropha curcas*: A Review. In: KADER, J.C.; DELSENY, M. (Eds.). **Advances in Botanical Research**, v. 50, p. 39-86, 2009.

CARVALHO, C.G.P. et al. Correlações e análise de trilha em linhagens e soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CARVALHO, C. R, CLARINDO W. R, PRAÇA M. M, ARAÚJO F. S, CARELS N. Genome size, base composition and karyotype of *Jatropha curcas* L. an important biofuel plant. **Plant Science**. v. 174 p. 613–617, 2008.

CARVALHO, B. C. L.; OLIVEIRA, E. A. S.; LEITE, V. M.; DOURADO, V. V. **Informações técnicas para o cultivo do pinhão-manso no Estado da Bahia**. Salvador: EBDA. 79p. 2009.

CARVALHO, D. S. **Comportamento genético de progênies de meio-irmãos de pinhão manso no Recôncavo Baiano, Brasil**. 2010. 42f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CORTESÃO, M. Culturas tropicais plantas oleaginosas. **Lisboa: Clássica.** 1956. 231p.

CORRELL, D. S.; H. B. CORRELL. **Flora of the Bahama Archipelago**, J. Cramer. Vaduz, Liechtenstein. 1692 p. 1982.

CRUZ C D; CARNEIRO P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV. 2003. 585p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO P. C. S.. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DEHGAN, B.; WEBSTER, G. L. Morphology and infrageneric relationships of the genus the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). **Botany**, Chicago, v. 74, p 76, 1979.

DIAS, L. A. dos S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, G. C. T. Divergência genética multivariada na preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao L.*) **Agrotropica**, v. 9, p. 29 - 40, 1997.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDOÇA, S.; BRERING, L. L. **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-manso para Produção de Biocombustíveis.** – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 17 p. – (Documentos, ISSN 2177-4439; 001).

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; ANJOS, J. B. dos; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso irrigado no emiário pernambucano aos 12 e 24 meses de idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO MANSO, 1., 2009, Brasília, DF. **Anais...**Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009.

FERNANDEZ, R. **Nicarágua biodiesel:** el milagro del tempate. Manágua, Nicarágua, n. 143, p. 23-26, nov. 1993.

FRITSCHÉ, U. R.; KAMPMAN, B.; BERGSMA, G. Better use of biomass for energy: Position Paper of IEA RETD and IEA Bioenergy. **IEA Bioenergy**, 2009.

GINWAL, H. S.; PHARTYAL, S. S.; RAWAT, P. S.; SRIVASTAVA, R. L. Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. In Central India. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 53, n. 2, p. 76-80, 2005.

GÜBITZ, G. M. et al. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technology**, Fayetteville, n. 67, p. 73-82, 1999.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; Potencial da cultura do pinhão-mansô como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. In: CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (Org.). **Agronegócio de plantas oleaginosas**: matéria-prima para Biodiesel. Piracicaba: ESAL, p. 105-121. 2006.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) – Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 1. Institute of Plant Genetics and **Crop Plant Research**, Gatersleben (Germany) /International Plant Genetic Resources Institute, Roma, 66 p. 1996.

KUMAR, S.; KUMARIA, S.; SHARMA, S. K.; RAO, S. R.; TANDON, P. Genetic diversity assessment of *Jatropha curcas* L. germplasm from Northeast India. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 3063 e 3070, 2011.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansô. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.1969-1975, 2008.

LAVIOLA, B. G. **Diretrizes para o melhoramento de pinhão-mansô visando a produção de biocombustíveis**. Disponível em:

http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/DiretrizesPinhaoManso/index.htm>

Acesso em 13 de outubro de 2010.

LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T. B.; ALBRECHT, J. C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão manso na fase jovem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 371-379, 2011.

LOARCE, Y.; GALLEGU, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 88, p. 107-115, 1996.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão-manso. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.863-868, 2008.

MARTINS, R. **Biodiesel de pinhão-manso? Os Instrumentos Brasileiros de Apoio à Inovação Tecnológica para os biocombustíveis** / Renata Martins — Santo André. Dissertação (Mestrado): Universidade Federal do ABC. Programa de Pós-graduação em Energia, 2010.

MASIERO, G.; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. **rev. Bras. polít. int.** 51 (2): 60-79, 2008.

MEDINA, I. O.; GARCÍA, F. J. E.; FRAFÁN, J. N.; FIGUEROA, M. S. genetic variation in mexican *Jatropha curcas* L. estimate with seen oil fatty acids. **Journal of oleo Science**. v. 60, n. 6, p. 301-311, 2011.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n.229, p. 7-13, 2005.

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

MOREIRA, J. A. N.; SANTOS, J. W. dos; OLIVEIRA, S. R. M. **Abordagens e metodologias para avaliação de germoplasma**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 115 p. 1994.

MORET, A; RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Critérios e indicadores de sustentabilidade para bioenergia. Fórum Brasileiro de Ongs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (FBOMS) 4**. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/meio1_000ga8tx91902wx5ok047vs6le5iqpfd.pdf>: Acesso: 28/11/2012.

NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: Na Overview. **Crop Science**, v. 47, p. 2228-223, nov-dez, 2007.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 282p.

PINILLA, J. A. G.; CAMPUZANO, L. F.; ROJAS, S.; PACHON-GARCÍA, J. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. **Orinoquia**, v. 15, n 2, p. 131-147, 2011.

RAJU, A. J. S.; EZRADANAM, V. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curca* L. (Euphorbiaceae). **Current Science, Bangalore**, v. 83, p. 1395-1398, 2002.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 31, p. 28-37, 2003.

REIF, J. C.; ZHANG. P.; DREISIGACKER. S. WARBURTON. M. L.; VAN GINKEL. M. HOISINGTON. D.; BOHM. M; MELCHINGER, A. E. Wheat genetic diversity trends during domestication and breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, p. 859-864, 2005.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 975, 2002.

RICCI, A.; CHEKHOVSKIY, K.; AZHAGUVEL, P.; ALBERTINI, E.; FALCINELLI, M.; SAHA, M. Molecular Characterization of *Jatropha curcas* Resources and Identification of Population -Specific Markers. **Bioenerg. Research**, v. 5, n.1, p. 215– 224, 2012.

RITSCHER, P. S., HUAMÁN, Z., LOPES, C. A., MENÊZES, J. E., TORRES, A. C. **Catálogo de germoplasma de batata-doce I: coleção mantida pela Embrapa Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p. 47, 1999. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 23).

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A.L.; HOLANDA FILHO, Z. F.; SPINELLI, V. M.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. Avaliação da variabilidade do peso médio de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Circular técnica**. Embrapa. Porto Velho, RO Novembro, v.104 p.6, 2008.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Avaliação da Diversidade Genética do Banco de Germoplasma de Pinhão-manso por Marcadores Moleculares**. Brasília: Embrapa Agroenergia, p. 16, 2009. (Embrapa Agroenergia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B. F.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop *L.* in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 2372-2382, 2010.

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

SATURNINO, H. M. et al. **Implantação de unidades de validação de tecnologia pinhão-manso.** Nova Porteirinha, p. 5 2006. Projeto de Pesquisa, Centro Tecnológico do Norte de Minas Gerais, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Nova Porteirinha, 2006.

SILVA, E. B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JÚNIOR, P. S. de. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.4, p.392-397, 2009.

SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA, J. R.; FERNANDES, C. F.; MILITAO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-manso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1752-1758, 2010.

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

SWOT. **Summary of current knowledge: an industry and market study of plant products from five trees in Southern Africa – *Jatropha* or physic nut.** Relatório de Projeto, Internacional Programs Washington State University, Washington, 15 p.2002.

VICENTE, M. C. de; GUZMÁN, F. A.; ENGELS, J.; RAO, V. R. Genetic characterization and its use in decision making for the conservation of crop germplasm. In: The Role of Biotechnology, 2005, Turin. **Proceedings...Turin**, p.121-128. 2005.

CAPÍTULO 1

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE PINHÃO MANSO POR MEIO DE CARACTERES QUANTITATIVOS

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE PINHÃO MANSO POR MEIO DE CARACTERES QUANTITATIVOS

Autora: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Orientadora: Simone Alves Silva

Coorientador: Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO: Nos últimos anos, os estudos relacionados à cultura do pinhão manso têm aumentado consideravelmente em diversas áreas de conhecimento. Entretanto, informações que visam conhecer a sua diversidade genética ainda são escassas. Esse fato reforça ainda mais a necessidade de explorar a diversidade genética do pinhão manso no país, sobretudo nas regiões promissoras como o nordeste brasileiro. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de conhecer a divergência genética em banco de germoplasma de pinhão manso da UFRB, através da caracterização agrônômica de caracteres quantitativos no recôncavo baiano. Os genótipos foram caracterizados avaliando-se a estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC), número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), número de cachos de frutos (NCFR) e número de inflorescência (NI). Para os componentes de rendimento de grãos, foram avaliados os seguintes caracteres: número de frutos (NF), número de sementes (NS), número de sementes por frutos (NSF), peso dos frutos (PF), peso das sementes (PS) e diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) do fruto. Os dados foram submetidos às análises estatísticas descritivas, diagnóstico de multicolinearidade e a análise de agrupamento pelo método UPGMA, a partir da matriz de distância euclidiana média. Os resultados revelam que existe divergência genética entre os acessos do banco de germoplasma de pinhão manso, com formação de cinco grupos. O coeficiente de correlação cofenética entre a matriz de distância e agrupamento foi de 0,76 ** e o caráter estatura da planta (EST) mostrou a maior contribuição para a divergência genética entre os acessos estudados, com 41%. A variabilidade genética obtida para as características analisadas permite progressos em programas de seleção de genótipos superiores de pinhão manso.

Palavras-chave: Oleaginosa, banco de germoplasma, *Jatropha curcas*.

GENETIC DIVERGENCE IN GENOTYPES OF PHYSIC NUT BY MEANS OF QUANTITATIVE CHARACTERS

Author: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Adivisor: Simone Alves Silva

Co-adivisor: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT: In recent years, studies related to the culture of jatropha have increased considerably in different areas of knowledge. However, information intended to meet their genetic diversity are still scarce. This fact further reinforces the need to explore the genetic diversity of *Jatropha* in the country, especially in promising regions such as northeastern Brazil. This work was developed with the purpose of knowing the genetic diversity in germplasm collection of *Jatropha* of the UFRB, through the agronomic characterization of quantitative traits in recôncavo Bahia. The genotypes were characterized by assessing plant height (PH), stem diameter (SD), number of primary branches (NPB), number of secondary branches (NSB) number of fruit raceme (NFR) and number of inflorescences (NI). For the components of grain yield, the following characters were evaluated: number of fruits (NF), number of seeds (NS), number of seeds per fruit (NSF), fruit weight (FW), seed weight (SW), longitudinal diameter (LD) and transversal diameter (TD) of the fruit. Data were submitted to descriptive statistical analysis, diagnosis of multicollinearity and cluster analysis by UPGMA from the matrix mean Euclidean distance. The results reveal that there is disagreement among the accessions of the germplasm bank of *Jatropha*, forming five groups. The cofenetic correlation coefficient among the distance matrix and clustering was 0.76 ** and the character plant height (PH) show the highest contribution for the genetic divergence among the accessions studied, with 41%. Genetic variability obtained for the traits analyzed allows progress in selection programs of superior genotypes of *Jatropha*.

Keywords: Oilseed, germplasm bank, *Jatropha curcas*.

INTRODUÇÃO

Uma nova fonte de energia sustentável, sob os aspectos ambiental, econômico e social, vem sendo almejada com a utilização dos biocombustíveis, chamados “combustíveis verdes”, proveniente de biomassa renovável, como os óleos vegetais e as gorduras animais em substituição total ou parcial ao óleo diesel (CASTRO et al. 2008).

O Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) tem como centro de origem o México e América Central, porém apresenta ampla distribuição em várias partes do mundo, e no continente Americano sua distribuição vai do México até o Brasil (HEIFFIG e CÂMARA, 2006). Pertencente à família das euforbiáceas, é apontado como uma das culturas mais promissoras para o biodiesel e inserção na cadeia produtiva familiar. Representa uma excelente alternativa não somente porque sua composição de ácidos graxos é ideal para produção de biodiesel de qualidade extremamente elevada, mas, também porque podem diminuir a pressão que ocorre sobre a procura de oleaginosas para alimentação humana e animal (PINILHA et al. 2001).

É uma espécie perene, onde existem relatos de produção por até 40 anos, em colheita parcelada, possibilitando a fixação da mão-de-obra no campo; adapta-se a terrenos com declive limitante às culturas anuais, e não é utilizado na alimentação animal, devido aos princípios tóxicos presentes na planta (PURCINO e DRUMMOND, 1986; SATURNINO et al. 2005).

Para o início do plantio do pinhão manso voltado para a produção de biocombustíveis é importante à realização do zoneamento agroclimático para se determinar o potencial de uma região quanto a sua aptidão, delimitando as condições climáticas favoráveis para o cultivo. Porém, esta cultura ainda não apresenta informações sólidas acerca de seu zoneamento devido à ausência de critérios que possam defini-lo. (YAMANDA, 2011).

Apesar do zoneamento agrícola ainda não ser bem definido, tem sido difundido como tolerante à seca, adaptado às diferentes condições ambientais e baixa exigência nutricional, além do elevado teor de óleo em seus grãos (SATURNINO et al. 2005). Yamanda (2011) estudou o zoneamento do pinhão manso visando o desenvolvimento da cultura no país e concluiu a partir de seus resultados que apenas 22,65% da região nordeste encontra-se como apta ao

cultivo da *Jatropha*, sendo as demais áreas classificadas como marginal por deficiência hídrica (50,31), marginal por excesso térmico e deficiência hídrica (11,79%) e inapta (14,73%) (Yamanda, 2011).

O pinhão manso ainda não foi caracterizado completamente, sendo o conhecimento de suas características fenotípicas e genotípicas limitado, embora, tenham sido documentadas algumas características botânicas (GUERRERO, 2010; LAVIOLA, 2010a). Além disso, os dados de produtividade e seus componentes são incipientes, e faltam informações científicas sobre o comportamento nas diferentes regiões brasileiras em que está sendo cultivado. (BELTRÃO et al. 2006; BRASILEIRO, 2010).

A adoção do pinhão manso como uma cultura potencial para atender ao Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - PNPB deve-se, principalmente, ao potencial de rendimento de óleo, por ser uma espécie não alimentar e devido ao seu manejo ser compatível com o perfil da agricultura familiar. A oleaginosa vem sendo implantada em diversas regiões do Brasil, porém os genótipos usados nos plantios são geneticamente desconhecidos, não existindo ainda cultivares melhoradas, sobre os quais se tenha informações e garantias do potencial de produção nas diversas regiões produtoras (DURÃES et al. 2009).

Os trabalhos relacionados à coleta, caracterização e avaliação de germoplasma como crescimento, morfologia, características da semente e de rendimento estão apenas em fase inicial. O fato de essa cultura ter se adaptado a uma gama de condições edáficas e ecológicas sugere que existe uma variabilidade genética considerável a ser explorada (RAO, et al. 2008). Vale salientar que há vários fatores que devem ser solucionados para uma completa domesticação da espécie. Dentre esses fatores, o conhecimento da dimensão e amplitude da variabilidade genética disponível é essencial para o avanço e sustentabilidade do processo de ganho genético por seleção no melhoramento (ROSADO et al. 2009). Normalmente, a diversidade genética de uma espécie é armazenada em bancos de germoplasma que são fundamentais, pois permitem ao melhorista obter genes/alelos a serem incorporados aos trabalhos de melhoramento genético, além, de evitar a erosão genética (BUENO et al. 2001; CARVALHO, 2010; BRASILEIRO, 2010).

O estudo da diversidade visa elucidar relações genéticas, quantificar ou prever o nível de variabilidade total existente e a sua distribuição entre e/ou dentro de unidades taxonômicas, quer elas sejam indivíduos, acessos de banco de germoplasma, linhagens, cultivar, populações de sistemas controlados de acasalamento ou naturais, e espécies. Este conhecimento tem proporcionado importantes contribuições ao melhoramento genético, ao gerenciamento de banco de germoplasma, à conservação de recursos genéticos e ao entendimento de processos evolutivos de espécies (PERSSONI, 2007).

Nos últimos anos os estudos relacionados à cultura do pinhão manso têm aumentado consideravelmente, mas no Brasil foram realizados poucos trabalhos com o propósito de conhecer a sua diversidade genética. E esse baixo número de publicações reforça ainda mais a necessidade de estudar a diversidade genética do pinhão manso no país, sobretudo, nas regiões promissoras como no nordeste brasileiro.

Com base nesses argumentos, esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar e conhecer a divergência genética no banco de germoplasma de pinhão manso utilizando caracteres quantitativos no recôncavo baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Banco Ativo de Germoplasma de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), que pertence ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus de Cruz das Almas, BA, Brasil.

O banco de germoplasma foi constituído a partir de coletas de sementes de plantas de *J. curcas*, realizadas entre os meses de janeiro a março de 2010. As expedições de coleta ocorreram em municípios da Chapada Diamantina, percorrendo toda a região ao redor do Parque Nacional e grande parte dos municípios da Chapada Norte. Estas regiões foram visitadas devido ao histórico de cultivo e utilização da espécie pela população dessas localidades. Foram percorridas ainda as regiões do Sudoeste do Estado, Vale do Jequiriçá e em alguns municípios do Recôncavo da Bahia. As coletas ocorreram sem controle

gamético com o intuito de obter o maior número possível de sementes por planta (BRASILEIRO, 2012). O BAG atualmente é constituído por 46 genótipos, onde 32 desses genótipos foram coletados e 14 introduzidos por meio de intercâmbio com a Universidade Federal de Viçosa – UFV, estando estes, atualmente, com 24 meses de idade Tabela 1, adaptada de Brasileiro (2012).

Os genótipos foram implantados no campo em junho de 2010 em delineamento de blocos ao acaso, com 46 genótipos e 22 repetições, em parcelas lineares com 46 plantas cada, com bordadura simples e espaçamento de 3,0 x 2,0m. A área onde o experimento foi implantado passou por etapas de preparação como: aração e gradagem, correção do solo com calcário dolomítico. O plantio foi realizado por muda com três meses de idade.

O clima da região é caracterizado como quente e úmido Am e Aw, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%, de acordo com a classificação de Köppen.

TABELA 1 - Procedência, número de genótipos e informações geográficas dos locais de coleta, estações experimentais e plantações de Pinhão-manso no Estado da Bahia - Brasil. Cruz das Almas-BA, 2013.

Genótipo	procedência	Altitude	Latitude/longitude
UFRB22	Jequié	233	13°52.388'S/40°03.810'W
UFRB23	Jequié	252	13°51.878'S/40°03.678'W
UFRB24	Jequié	236	13°51.794'S/40°03.857'W
UFRB27	Terezinha	179	13°59.708'S/39°46.343'W
UFRB28	Ipiaú - Itaibo	206	13°56.437'S/39°44.224'W
UFRB29	Ipiaú - Itaibo	202	13°56.502'S/39°44.255'W
UFRB30	Ipiaú - Itaibo	218	13°56.460'S/39°44.192'W
UFRB31	Apauema	295	13°51.594'S/39°44.700'W
UFRB32	Apauema	307	13°51.744'S/39°44.829'W
UFRB33	Apauema	271	13°50.999'S/39°42.129'W
UFRB35	Itaitê - Santa Clara	317	12°56.188'S/41°03.765'W
UFRB36	Itaitê - Santa Clara	317	12°56.192'S/41°03.761'W
UFRB37	Itaitê - Santa Clara	317	12°56.194'S/41°03.759'W
UFRB38	Itaitê - Santa Clara	317	12°56.181'S/41°03.777'W
UFRB39	Iraquara	907	12°34.729'S/41°34.923'W
UFRB40	Itaitê - Santa Clara	318	12°56.183'S/41°03.790'W
UFRB41	Andaraí - Igatu	742	12°53.826'S/41°19.072'W
UFRB42	Andaraí - Igatu	766	12°53.834'S/41°19.222'W
UFRB43	Andaraí - Igatu	749	12°53.600'S/41°19.250'W

Tabela 1- Continuação...

UFRB44	Mucugê - Guiné	983	12°46.364'S/41°32.216'W
UFRB45	Mucugê - Guiné	966	12°45.270'S/41°32.568'W
UFRB47	Palmeiras	673	12°30.946'S/41°34.627'W
UFRB50	Faz. Pau-Ferro	692	12°31.747'S/41°34.100'W
UFRB53	Faz. Pau-Ferro	691	12°31.749'S/41°34.096'W
UFRB54	Iraquara	713	12°20.570'S/41°35.644'W
UFRB55	Souto Soares	712	12°20.566'S/41°35.630'W
UFRB56	Cafarnaum**	841	12°01.086'S/41°40.138'W
UFRB58	Wagner	789	11°46.246'S/41°09.284'W
UFRB59	Gambá	256	12°17.121'S/41°08.346'W
UFRB60	Gambá	527	12°17.119'S/41°08.340'W
UFRB61	C. do Sincorá	-	-
UFRB62	santa Inês	384	13°17.158'S/39°49.397'W
UFVJC10	João pinheiro-MG*	-	-
UFVJC 18	Montalvânia-MG*	-	-
UFVJC 19	Montalvânia-MG*	-	-
UFVJC 23	Caratinga-MG*	-	-
UFVJC 3	Santa Citória-MG*	-	-
UFVJC 40	Formoso-TO*	-	-
UFVJC 41	Jales-SP*	-	-
UFVJC 45	B. dos Bugres-MT*	-	-
UFVJC 46	B. dos Bugres-MT*	-	-
UFVJC 5	João pinheiro-MG*	-	-
UFVJC 52	Barbacena-MG*	-	-
UFVJC 65	Desconhecido*	-	-
UFVJC 74	Cambodia*	-	-
UFVJC 84	Petrolina-PE*	-	-

**Plantação Comercial, *Genótipo introduzido por meio de intercâmbio, - Plantas não amostradas.

Para a caracterização da diversidade genética, utilizaram-se avaliações fenotípicas a partir dos seguintes caracteres agronômicos: estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC), número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), número de cachos de frutos (NCFR), número de inflorescência (NI). Para os componentes de rendimento de grãos foram avaliados os seguintes caracteres: número de frutos (NF), número de sementes (NS), número de sementes por frutos (NSF), peso dos frutos (PF) e peso das sementes (PS) em gramas e diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) do fruto.

Para medir a estatura da planta em metros foi utilizada uma trena milimetrada. O diâmetro do caule em centímetros foi aferido com um paquímetro digital. As análises de florescimento, frutificação, número de cachos e número de ramificações primárias e secundárias foram realizadas através de contagens numéricas. Os frutos foram cobertos, quando maduros, com sacos de TNT (FIGURA 1) até atingirem o último estágio de maturação, para que os mesmos não sofressem perda devido a sua deiscência. Os frutos foram coletados e beneficiados de forma manual na fase seca, último estágio de maturação, e posteriormente foi feita a pesagem dos frutos e semente com o auxílio de uma balança semianalítica.

Os dados da caracterização agrônômica foram submetidos a análises estatísticas, onde foram calculadas as estatísticas descritivas: média, desvio padrão, valores mínimos e máximos e coeficiente de variação e o teste de normalidade de Shapiro-Wilks, por meio do programa SAS (SAS Institute Inc., 2006). O diagnóstico de multicolinearidade, calculado no programa GENES e uma análise de agrupamento pelo método UPGMA, *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (SNEATH e SOKAL, 1973), foi realizada com o uso do programa STATISTICA 7.1 (STATSOFT, 2005) a partir da matriz de distância euclidiana média, gerada no programa GENES (CRUZ, 2009). Foi adotado como ponto de corte no dendrograma a média da matriz de dissimilaridade (MINGOTTI, 2005), para a caracterização dos grupos. Os coeficientes de correlação cofenético entre as matrizes de distâncias genéticas e as matrizes de agrupamentos foram calculados para validar os agrupamentos (SOKAL e ROHLF, 1962), e sua significância foi verificada através do teste t em nível de 5% de probabilidade.

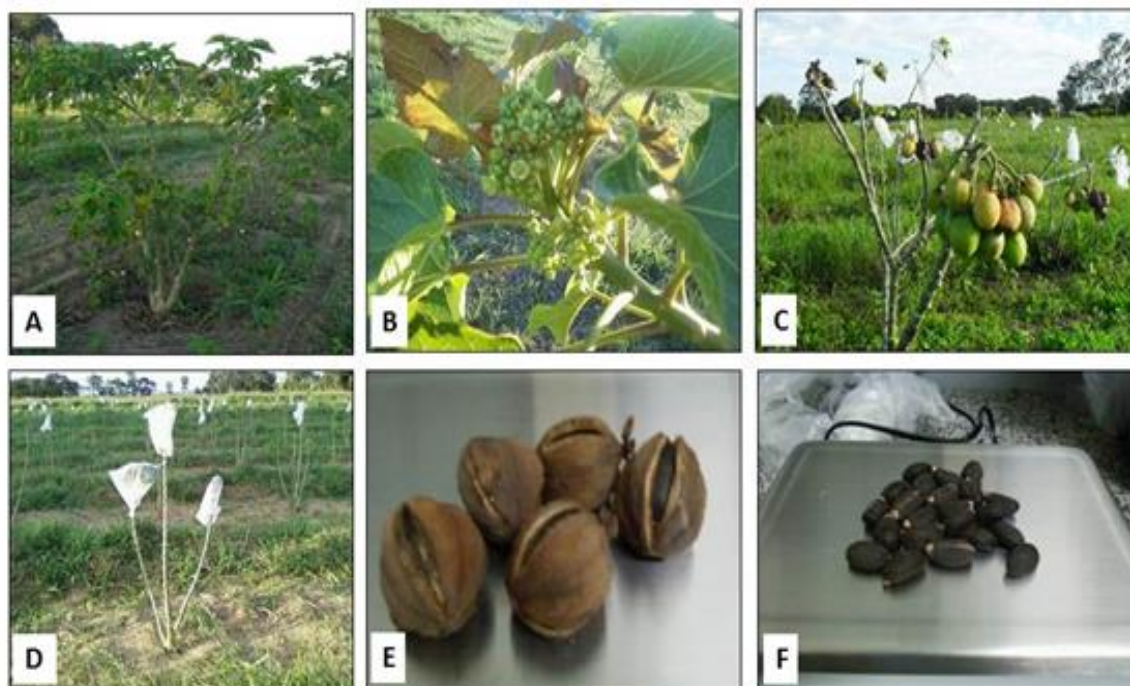


FIGURA 1: A) Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), B) Inflorescência, C) Frutos em diferentes estágios de maturação, D) Frutos protegidos com sacos TNT, E) Frutos secos e F) Sementes de pinhão manso. Fotos: autor. Cruz das Almas, 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentadas as estatísticas descritivas dos descritores quantitativos utilizados na caracterização dos genótipos do BAG de pinhão manso da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. A amplitude dos coeficientes de variação foi de 6,40 a 343,7 para os caracteres, diâmetro transversal em milímetros e número dos frutos, respectivamente. O maior desvio padrão foi para o caráter estatura da planta (25,99 cm) e o caráter número de frutos com uma semente (0,51) obteve o menor valor para o desvio padrão.

As maiores variações dentre os caracteres observados foram para estatura da planta (42 cm a 207 cm), com média de 144,87 cm de estatura da planta e o número de sementes (1,0 a 130), com média de 14 sementes por planta. As menores variações ocorreram para os caracteres número de frutos com uma semente (1,0 a 3,0), com média de 1,25 frutos com uma semente e diâmetro transversal do fruto em mm (15,27 a 24,71), com média de 20,54 milímetros do diâmetro transversal do fruto. Pinilha et al. (2011) obtiveram para a estatura da

planta uma média de 205 cm com valores mínimo de 99 cm e máximo de 433 cm com o desvio padrão de 49,76, caracterizando 246 acessos de pinhão manso de diferentes regiões na Colômbia. Oliveira et al. (2012) ao avaliar os componentes de rendimento de grãos de genótipos de pinhão manso no recôncavo baiano obtiveram uma média de 8,73 sementes.

Para esses resultados, faz-se importante ressaltar que a idade da planta está diretamente ligada aos resultados dos componentes de rendimento e, o BAG de pinhão manso da UFRB se encontra na fase jovem, dois anos de idade, cujas plantas ainda estão estabilizando sua fase reprodutiva. Relato semelhante foi realizado por Laviola et al. (2010 b), onde nos primeiros anos a planta está na fase de formação de suas estruturas vegetativas e, devido a isso, muitos fatores fisiológicos e ambientais podem influenciar na expressão do caráter produção de grãos.

Tabela 2: Estatísticas descritivas para caracteres quantitativos e teste de normalidade de Shapiro-Wilks utilizados na caracterização de 46 genótipos de pinhão manso com 24 meses de idade em dezembro de 2012. Cruz das Almas-BA, 2013.

Variáveis	Média	Desvio padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	Coefic. de Variação	Shapiro Wilks
NI	0,84	1,89	0,00	14,00	223,68	0.0001**
NCFR	2,88	2,74	1,00	15,00	94,92	0.0001**
NRP	4,82	2,44	0,00	20,00	50,77	0.0001**
NRS	1,86	2,55	0,00	21,00	136,52	0.0001**
EST (cm)	144,87	25,99	42,00	207,00	17,93	0.0001**
DC (cm)	6,00	1,18	1,17	11,30	19,81	0.0001**
NF	1,15	3,96	0,00	51,00	343,77	0.0001**
PF (g)	14,47	18,72	1,15	127,13	129,39	0.0001**
NS	14,63	18,45	1,00	130,00	126,08	0.0001**
PS (g)	11,06	14,61	0,77	100,74	132,01	0.0001**
NF1	1,25	0,51	1,00	3,00	41,45	0.0001**
NF2	2,43	2,54	1,00	17,00	104,42	0.0001**
NF3	4,29	4,98	1,00	33,00	116,07	0.0001**
DL (mm)	26,19	2,54	14,73	35,07	9,71	0.0001**
DT (mm)	20,54	1,31	15,27	24,71	6,40	0.0001**

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Shapiro-Wilks. NI = Número de inflorescência; NCFR = Número de cacho de frutos; NRP = Número de ramificações primárias; NRS = Número de ramificações secundárias; EST = Estatura da planta (cm); DC = Diâmetro do caule (mm); NF = Número de frutos; PF = Peso do fruto (g); NS = Número de sementes; PS = Peso das sementes (g); NF1= Número de frutos com 1 semente; NF2 = Número de frutos com 2 sementes; NF3 = Número de frutos com 3 sementes; DL = Diâmetro Longitudinal do fruto e DT = Diâmetro transversal do fruto (mm).

O teste de Shapiro-Wilks foi aplicado para averiguar se existe normalidade entre as variáveis estudadas, e em todas elas os resultados foram significativos ($p < 0,01$), indicando que os dados não seguem distribuição normal. Em consequência disto, foi calculada a matriz de correlação de Spearman como requisito na realização do diagnóstico de multicolinearidade.

Através do diagnóstico de multicolinearidade verificou-se a existência de problemas proporcionados pela multicolinearidade entre os caracteres estudados, onde, o número de condições foi de 3.179,25 constituindo-se em uma multicolinearidade severa de acordo com o critério de Montgomery e Peck (1981).

O grau de multicolinearidade da matriz $X'X$ foi estabelecido com base no seu número de condição (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz (Montgomery e Peck, 1981). Se $NC < 100$, a multicolinearidade é considerada como fraca e não constituiu problema sério na análise. Se $100 \geq NC < 1.000$, a multicolinearidade é considerada de moderada a forte, e $NC \geq 1.000$ é um indicativo de multicolinearidade severa. A análise dos autovalores da matriz de correlação fenotípica foi efetuada para identificar a natureza da dependência linear existente entre os caracteres, detectando aqueles que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade (BELSLEY et al. 1980).

Devido a constatação de uma multicolinearidade severa foi adotado o procedimento de descartes de variáveis (FÁVERO et al. 2009; HAIR et al. 2009), com o intuito de eliminar os caracteres que estão altamente correlacionados. E, por meio do resultado da correlação de Spearman (TABELA 3) identificou-se que o caráter peso dos frutos (PF) possui uma alta correlação de 0,99 com o caráter peso das sementes (PS) assim como, o caráter número de sementes (NS) com uma correlação de 0,97 com o caráter peso de semente (PS). Deste modo, eliminaram-se os caracteres peso de frutos e número de sementes possibilitando uma redução na multicolinearidade de moderada a fraca, tendo o número de condições de 364,21, não constituindo problemas graves para o estudo de divergência genética.

Tabela 3. Correlação genética de Spearman entre os caracteres NI = Número de inflorescência; NCFR = Número de cacho de frutos; NRP = Número de ramificações primárias; NRS = Número de ramificações secundárias; EST = Estatura da planta (cm); DC = Diâmetro do caule (cm); NF = Número de frutos; PF = Peso do fruto (g); NS = Número de sementes; PS = Peso das sementes (g); NF1= Número de frutos com 1 semente; NF2 = Número de frutos com 2 sementes; NF3 = Número de frutos com 3 sementes; DL = Diâmetro Longitudinal do fruto e DT = Diâmetro transversal do fruto (mm). Cruz das Almas-BA, 2013.

CARACTERES	NI	NCFR	NRP	NRS	EST	DC	NF	PF	NS	PS	NF1	NF2	N3	DL	DT	
NI	-	0.13 ^{ns}	0.18**	0.28**	0.42**	0.41**	0.61**	0.28**	0.28**	0.28**	0.23 ^{ns}	0.33**	0.28**	0.10 ^{ns}	0.06 ^{ns}	
NCFR			0.17 ^{ns}	0.25**	0.16 ^{ns}	0.41**	0.68**	0.74**	0.71**	0.74**	0.34 ^{ns}	0.61**	0.71**	-0.04 ^{ns}	0.06 ^{ns}	
NRP				0.42**	0.40**	0.48**	0.23**	0.14*	0.14*	0.14*	0.39*	0.20*	0.10 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	
NRS					0.45**	0.55**	0.33**	0.20**	0.19**	0.22**	0.26 ^{ns}	0.24**	0.10 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.04 ^{ns}	
EST						0.69**	0.44**	0.26**	0.24**	0.27**	0.06 ^{ns}	0.20*	0.25**	-0.02 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	
DC							0.42**	0.42**	0.42**	0.43**	0.15 ^{ns}	0.51**	0.43**	0.01 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	
NF								0.97**	0.96**	0.97**	0.29 ^{ns}	0.74**	0.92**	-0.05 ^{ns}	-0.13*	
PF									0.96**	0.99**	0.22 ^{ns}	0.72**	0.93**	0.04 ^{ns}	0.00 ^{ns}	
NS										0.97**	0.26 ^{ns}	0.70**	0.95**	-0.00 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	
PS											0.23 ^{ns}	0.72**	0.93**	0.01 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	
F1S												0.64**	0.12 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	
F2S													0.62**	-0.00 ^{ns}	0.03 ^{ns}	
F3S														-0.02 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	
DL															0.41**	
DT																-

*significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O resultado da análise de agrupamento entre os 46 genótipos de pinhão manso construído com base em 13 caracteres quantitativos, devido à eliminação de dois caracteres, é apresentado na Figura 2.

Para definir o número de grupos foi adotado como ponto de corte no dendrograma a média da matriz de dissimilaridade (MINGOTTI, 2005), e o agrupamento dos acessos pelo método de UPGMA possibilitou a formação de cinco grupos de dissimilaridade, evidenciando a presença de diversidade genética entre os acessos avaliados. Brasileiro (2010), estudando a diversidade genética de pinhão manso obteve seis grupos distintos ao avaliar 20 famílias de meios irmãos por meio de variáveis quantitativas. Carvalho (2010), em um estudo similar, obteve cinco grupos, quando avaliou a divergência genética em vinte acessos de progênies de meio-irmãos de *curcas*, pelo método UPGMA, obtido a partir da matriz de distância euclidiana. Ricci et al. (2012) identificaram dois grupos distintos quando caracterizaram, por meio de marcadores moleculares específicos, 64 genótipos provenientes de sete populações de pinhão manso coletados em diferentes localizações geográficas do Brasil, Cuba, Cabo Verde, Moçambique e Senegal.

Neste trabalho o primeiro grupo foi formado com apenas um genótipo: UFVJC41; no segundo agruparam-se os genótipos: UFVJC3, UFRB43, UFRB47 e UFRB39; no terceiro grupo: UFRB37 e UFRB31; no quarto grupo: agruparam-se 22 genótipos e o último agrupamento, quinto grupo, constituiu-se de 17 genótipos. O valor máximo da distância da matriz de 2,90 entre os acessos UFRB55 e UFVJC3 e o valor mínimo foi de 0.32 entre os acessos de UFRB24 e UFRB35, tendo assim, os indivíduos UFRB55 e UFVJC3 como os mais dissimilares.

O coeficiente de correlação cofenético foi de 0,76** e, sua significância foi verificada através do teste t em nível de 5% de probabilidade (TABELA 4). Esse valor indica uma alta correlação entre as matrizes de distância e de agrupamento. Estando bem próximo do valor aceitável para análises de agrupamento. Bussab et al. (1990), sugere que o coeficiente de correlação cofenético seja a partir de 0,80. No entanto, Carvalho (2010) realizando trabalhos com pinhão manso encontrou o valor de coeficiente de correlação cofenética de 0,64.

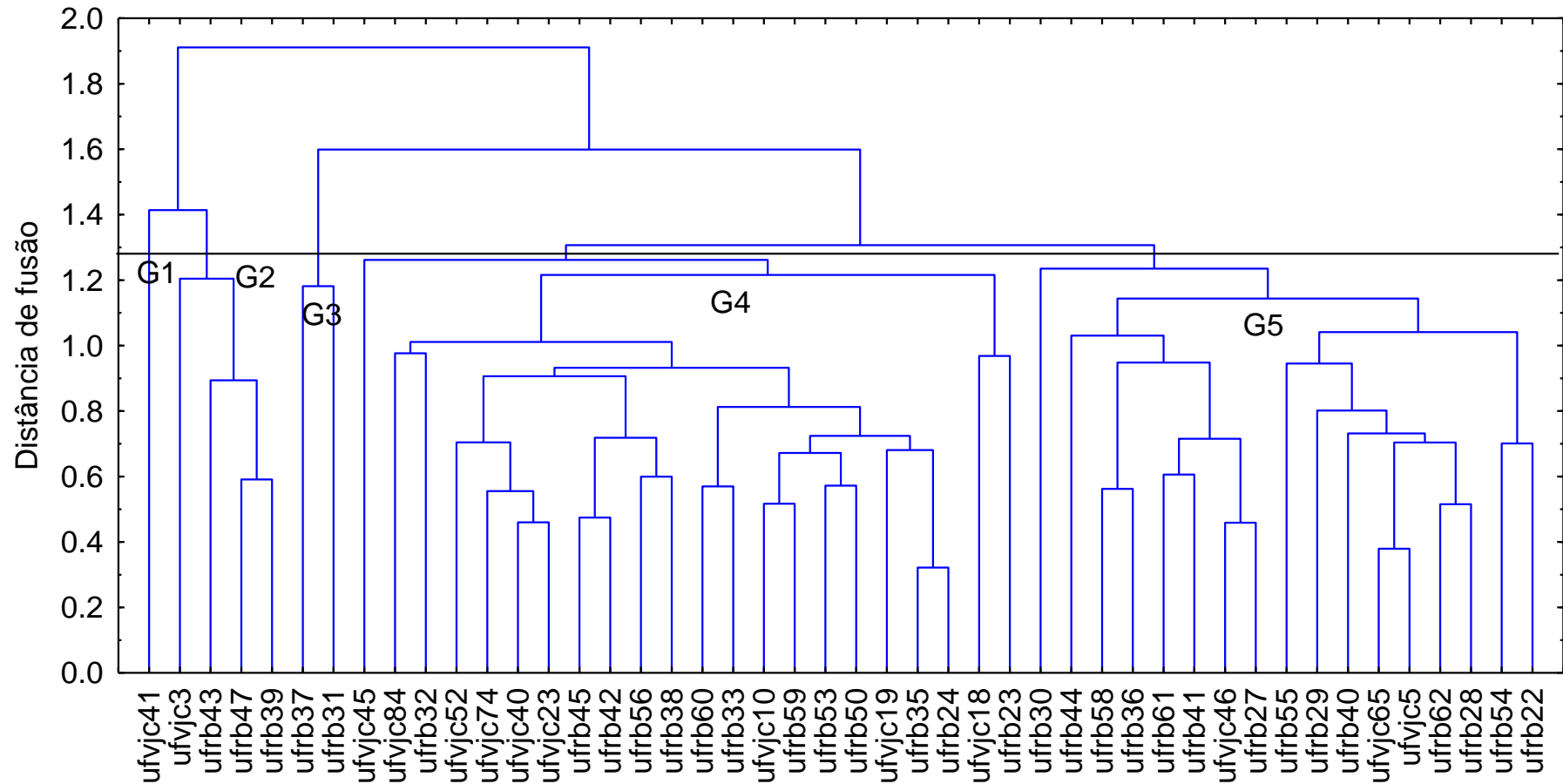


Figura 2: Dendrograma da dissimilaridade genética entre 46 genótipos de pinhão manso, resultante da análise de conglomeração, pelo método UPGMA obtido a partir da matriz de distância euclidiana média, estimadas com base em 13 caracteres quantitativos. Cruz das Almas-BA, 2013.

Tabela 4: Coeficiente de correlação cofenética (CCC) em genótipos de pinhão manso. Cruz das Almas-BA, 2013.

Estatística	Valor
Correlação cofenética (CCC):	0,7615
Graus de liberdade	1033
Valor de t	37,7645
Probabilidade	0,0 **
Distorção(%):	4,5351
Estresse(%):	21,2957

Na análise de divergência genética foi possível classificar os caracteres avaliados quanto a sua contribuição através do critério de SINGH (1981), apresentados na Tabela 5. O caráter que mais contribuiu para a divergência entre os 46 genótipos de pinhão manso foi a estatura da planta com 41%, seguida por peso de sementes, com 23,8%. Com a mesma metodologia, Laviola et al. (2010 b) obtiveram o valor de 11% para estatura, assim como, Carvalho (2010), com 13,4% de contribuição.

Tabela 5: Contribuição relativa dos caracteres obtida dos genótipos do BAG de pinhão manso para divergência – SINGH (1981). Cruz das Almas-BA, 2013.

CARACTERES	VALOR (%)
Número de inflorescência	0,12
Número de cacho de frutos	9,09
Número de ramificações primárias	0,22
Número de ramificações secundárias	0,32
Estatura da planta (cm)	41,08
Diâmetro do caule	0,46
Número de frutos	0,08
Peso das sementes (g)	23,83
Número de frutos com 1 semente	12,39
Número de frutos com 2 sementes	5,90
Número de frutos com 3 sementes	4,09
Diâmetro Longitudinal do fruto	1,82
Diâmetro transversal do fruto	0,45

O resultado no dendrograma (FIGURA 2) também mostrou que alguns acessos diferem independentemente do seu local de origem. Porém, o grupo cinco apresentou 14, dos 17 genótipos, provenientes do estado da Bahia, indicando que a dessemelhança entre os acessos da mesma origem é menor. Para isso, recomenda-se a introdução de genótipos a partir de um maior número de locais, a fim de aumentar a variabilidade genética da coleção em estudo. Este resultado coincide com o trabalho realizado por Santos et al. (2010) onde a variabilidade genética encontrada em seus acessos foi estruturada de acordo com a origem, e que um maior número de populações deve ser amostrado para aumentar a diversidade genética no banco de germoplasma.

CONCLUSÕES

1. Existe divergência genética nos acessos de pinhão manso do BAG, com formação de sete grupos.
2. A variabilidade genética para os caracteres analisados permite progressos em programas de seleção de genótipos superiores de pinhão manso.
3. O caráter estatura da planta (EST) teve maior contribuição para a divergência genética entre os 46 genótipos de *Jatropha curcas* L.

REFERÊNCIAS

BELSLEY, D.A. et al. **Regression diagnostics: identifying data and sources of colinearity**. New York : J. Wiley, 1980.292p.

BELTRÃO, N. M.; SEVERINO, L. S.; VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J. O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. **Alerta sobre o plantio do Pinhão Manso no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão**. (Embrapa Algodão. Documentos, 155). p. 16, 2006.

BRASILEIRO, B. P. **Conservação e melhoramento genético do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), brasil**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

BRASILEIRO, B. P.; SILVA, A. S.; SOUZA, D. R.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, P. A. **Conservação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no estado da Bahia, Brasil. *Magistra* v. 24, n. 4 p. 286-292, 2012.**

BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas**. Minas Gerais: Editora UFLA, 2001.

BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. In: 9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, São Paulo. Associação Brasileira de Estatística, 105p. 1990.

CARVALHO, D. S. **Comportamento genético de progênies de meio-irmãos de pinhão manso no Recôncavo Baiano, Brasil**. 2010. 42f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CASTRO, C. M.; DEVIDE, A. C. p.; ANACLETO, A. H. Avaliação de acessos de pinhão manso em sistemas de agricultura familiar. **Revista tecnológica & Inovação agropecuária**, v. 1, n 2, p. 41-49, 2008.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Ed. UFV. Viçosa (MG). 2006. 382 p.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDOÇA, S.; BRERING, L. L. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-manso para Produção de Biocombustíveis. – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, – (Documentos, ISSN 2177-4439; 001). 17 p., 2009.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 646 p. 2009.

GUERRERO, J. A. **Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional e Germoplasma del Piñón (*Jatropha curcas* L.)**. 2010. 150f. Tese (Doutorado) - Corpoica-La Libertad. Universidad de los lanos (Unillanos). Villavicencio, Colombia. 2010.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6 ed. Porto Alegre: BookMan, 688 p. 2009.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S. Potencial da cultura do pinhão-manso como fonte de matéria-prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. In: CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. (Coord.) **Agronegócio de Plantas Oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, p. 105 – 121, 2006.

LAVIOLA, B. G. **Diretrizes para o melhoramento de pinhão-manso visando a produção de biocombustíveis**. 2010 a. Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/DiretrizesPinhaoManso/index.htm> Acesso em 13 de outubro de 2010.

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

MINGOTTI, S. A. **Análises de dados através de métodos de Estatística multivariada**: Uma abordagem aplicada. Editora. UFMG. Belo Horizonte (MG). 300p. 2005.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.

OLIVEIRA, M. M.; SILVA, S. A.; SOUZA, D. R.; ALMEIDA, V. O.; QUEIROZ, D. C.; GOMES, D. G.; ASSIS, D. P. **Componentes de rendimento de grãos de genótipos de pinhão manso no recôncavo baiano**. In: 5º Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel / 8º Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 2012, Salvador. Anais... Lavras : UFLA, v. 2. 2012.

PERSSONI, L. A. **Estratégias de análise da diversidade de germoplasma de cajueiro (*Anacardium spp L.*)** 2007. 159f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

PINILLA, J. A. G.; CAMPUZANO, L. F.; ROJAS, S.; PACHON-GARCÍA, J. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma de *Jatropha curcas* L. **Orinoquia**, v. 15, n 2, p. 131-147, 2011.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O. A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG. 7p. 1986.

RAO, G. R.; KORWAR, G. R.; SHANKER, A. K.; RAMAKRISHNA, Y. S. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees**, v. 22, p. 697-709, 2008.

RICCI, A.; CHEKHOVSKIY, K.; AZHAGUVEL, P.; ALBERTINI, E.; FALCINELLI, M.; SAHA, M. Molecular Characterization of *Jatropha curcas* Resources and Identification of Population-Specific Markers. **Bioenerg Research**, v. 5, n.1, p. 215– 224, 2012.

SANTOS, C. S. F.; Drumond, M. A.; RODRIGUES, M. A.; EVANGELISTA, M. R. V. Genetic similarity of *Jatropha curcas* accessions based on AFLP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 10: 364-369, 2010.

SAS INSTITUTE. SAS Technical Report. **SAS/STAT software: Changes and Enhancement**, Release 9.1. 3, Cary NC: SAS Institute. 2006.

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

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, p. 237-45, 1981.

SOKAL, R. R. and ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11 p.33-40. 1962.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573p.

STATSOFT, Inc. **Statistica for Windows (data analysis software system)**, version 7.1. Statsoft, Tulsa, Oklahoma (USA), 2005.

YAMANDA, E. S. M. **Zoneamento agroclimático da *Jatropha curcas* L. como subsídio ao desenvolvimento da cultura no Brasil visando à produção de biodiesel**. 2011. 131f. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011.

CAPÍTULO 2

REPETIBILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES FENOTÍPICOS EM PINHÃO MANSO

REPETIBILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES FENOTÍPICOS EM PINHÃO MANSO

Autora: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Orientadora: Simone Alves Silva

Coorientador: Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO: Este estudo teve como objetivos determinar os coeficientes de repetibilidade e o número de medições necessárias para predizer o valor real de caracteres fenotípicos em genótipos de *Jatropha curcas*, empregando diferentes métodos de estimação, como: ANOVA, CPCOR, CPCOV e AER. A partir de dados obtidos durante três épocas de avaliações: a primeira aos 12 meses, a segunda aos 18 meses e a terceira realizada aos 24 meses de idade. Em todas elas, avaliaram-se as seguintes variáveis: estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC), sempre abaixo da primeira ramificação, número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), número de cachos de frutos (NCFR), número de inflorescências (NI), número de frutos (NF) por planta, número de sementes (NS), número de sementes por fruto (NSF), peso dos frutos (PF, gramas/planta) e peso das sementes (PS, gramas/planta), diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) do fruto. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade, obtidas pelo método ANOVA, foram sempre inferiores quando comparados aos métodos de componentes principais (CPCOR, CPCOV e AER) sendo estes mais apropriados para a estimativa do coeficiente de repetibilidade. Os quinze caracteres estudados apresentaram valores altos para o coeficiente de repetibilidade indicando a possibilidade de predizer o valor genético real dos indivíduos com até oito avaliações, considerando o R^2 de 95% no método CPCOV, para a seleção e ganhos genéticos. Nesse caso, para predizer os valores dos números de medições, no ambiente de Cruz das Almas, para os caracteres NCFR, NRP, NRS e DT, nos genótipos de pinhão manso, é necessária apenas uma medição, considerando o coeficiente de determinação em nível de 95% de precisão.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, melhoramento de plantas, modelo biométrico.

GENETICS REPEATABILITY OF PHENOTYPIC CHARACTERS IN PHYSIC NUT

Author: MARIA MAIANY DE OLIVEIRA

Adivisor: Simone Alves Silva

Co-adivisor: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT: This study aimed to determine the repeatability coefficient and the number of measurements needed to predict the actual value of phenotypic traits in genotypes of *Jatropha curcas* using different estimation methods, such as ANOVA, CPCOR, CPCOV and AER. Based on data obtained during three different periods of ratings: the first at 12 months, the second at 18 months and the third evaluation was performed at 24 months of age. In all of them, were evaluated the following variables: plant height (PH), stem diameter (SD) always below the first branch, number of primary branches (NPB), number of secondary branches (NSB), number of fruit raceme (NFR), number of inflorescences (NI) number of fruits (NF) by plant, number seeds (NS), number of seeds by fruit (NSF), fruit weight (FW, g / plant) and seed weight (SW, g / plant) and diameter longitudinal (LD) and transverse (TD) of the fruit. Estimates of repeatability coefficients obtained by ANOVA were always lower when compared with methods of principal components (CPCOR, CPCOV and AER) which are more appropriate for estimating the coefficient of repeatability. The fifteen characters studied had high values for the repeatability coefficient indicating the possibility to predict the breeding value of real individuals with up to eight assessments, considering the R^2 of 95% in CPCOV method for selection and genetic gain. And to predict the values of the numbers of measurements, the environment of Cruz das Almas, for characters NFR, NPB, NSB and TD, the genotypes of *Jatropha* only one measurement is needed considering the coefficient of determination at the level of 95% accuracy.

Keywords: *Jatropha curcas*, plant breeding, biometric template.

INTRODUÇÃO

A espécie *Jatropha curcas*, pertencente à família euphorbiaceae e conhecida popularmente como pinhão manso, é um arbusto de crescimento rápido, lenhoso e perene, e com alto teor de óleo na semente, representando cerca de 38% do seu peso (SATURNINO et al. 2005). É uma planta monóica, com fruto é capsular ovóide, trilocular com uma semente em cada cavidade. Ocorre naturalmente em diversos estados brasileiros (SATURNINO et al. 2005; DIAS et al. 2007), sendo, possivelmente, nativa da América Central e amplamente presente em toda a América Central, África e Ásia (BASHA et al. 2009).

É considerada, também, uma cultura rústica, adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, podendo sobreviver em condições de solos marginais de baixa fertilidade natural (ARRUDA et al. 2004; DIAS et al. 2007).

Tem sido uma cultura alternativa para a agricultura familiar e aos programas de Biodiesel, devido a sua alta produtividade e rusticidade, aliada à qualidade do óleo extraído de suas sementes (SATURNINO et al. 2005). Outro aspecto importante e favorável, dessa oleaginosa, é que ela não compete diretamente com a agricultura de alimentos (LAVIOLA et al. 2010).

A pretensão de empregar esta cultura como uma alternativa para a produção de biocombustíveis é um desafio para a pesquisa agropecuária brasileira, devido à carência de informações sobre o seu plantio (ALBUQUERQUE et al. 2008). Os trabalhos de melhoramento dessa espécie ainda estão em estágios iniciais, considerando-se a espécie como uma planta ainda não domesticada (SATURNINO et al. 2005; ROSADO et al. 2010), e conseqüentemente, sem cultivares comercialmente disponíveis (CARELS, 2009).

O conhecimento do controle genético da herança dos componentes de produção é fundamental para o estabelecimento de estratégias eficientes de seleção e para o desenvolvimento de variedades comerciais. Para isso, é essencial a análise da herdabilidade, das correlações genéticas e da repetibilidade (RESENDE, 2002).

A repetibilidade expressa à proporção da variância total, que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes, atribuídas ao ambiente comum (CRUZ et al. 2004; ABEYWARDENA, 1972). Uma

vez estimado o coeficiente de repetibilidade, através de seus resultados, é possível inferir que os valores altos da estimativa da repetibilidade do caráter indicam que é possível prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medições (CRUZ et al. 2004).

Devido a sua importante aplicabilidade ao melhoramento, estimativas do coeficiente de repetibilidade têm sido utilizadas em diversos estudos, principalmente nas plantas perenes, porque permitem que as avaliações sejam executadas com eficiência e com o consumo mínimo de tempo e mão-de-obra (COSTA, 2003), a exemplo dos relatos para diversas fruteiras no Brasil como: cupuaçuzeiro (ALVES e RESENDE, 2008), laranja-doce (NEGREIROS et al. 2008), guaranazeiro (NASCIMENTO FILHO et al. 2009), e maracujá (NEVES, 2010). Entre as oleaginosas é possível encontrar na literatura estudos realizados com: dendezeiro (CEDILLO, 2003), caiaué e o dendezeiro (CHIA, 2009), macaúba (MANFIO, 2011), entre outras. Porém, com o pinhão manso, foram encontrados poucos estudos que visam determinar o coeficiente de repetibilidade para a espécie, como Carvalho (2010), Rocha et al. (2012) e Laviola et al. (2012).

Este trabalho teve como objetivo determinar os coeficientes de repetibilidade e o número de medições necessárias para prever o valor real de caracteres fenotípicos em genótipos *Jatropha curcas*, empregando diferentes métodos de estimativa a partir de dados obtidos durante três períodos de avaliação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Campo Experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia – NBIO, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Campus de Cruz das Almas, BA, onde foi instalado o Banco Ativo de Germoplasma de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). As coordenadas geográficas da cidade são 12°40'12" longitude oeste e 39°06'07" latitude sul, com altitude de 226 metros. E segundo a classificação de Köppen o clima da região é caracterizado como quente e úmido Am e Aw, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e

umidade relativa do ar de 80%. O solo é do tipo latossolo amarelo distrófico, com baixos pH e CTC (capacidade de troca de cátions).

Os genótipos, do banco de germoplasma, foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com 46 genótipos e 22 repetições, em parcelas lineares com 46 plantas cada, com bordadura simples e espaçamento de 3,0 x 2,0m. Dentre esses genótipos, 14 foram introduzidos por meio de intercâmbio com a Universidade Federal de Viçosa - UFV e os 32 restantes foram introduzidos por meio de coletas.

O BAG foi implantado em junho de 2010 por Brasileiro (2010), que realizou expedições de coleta por municípios da Chapada Diamantina, passando por toda a região ao redor do Parque Nacional e grande parte dos municípios da Chapada Norte. Percorreu ainda a região Sudoeste do estado, Vale do Jequiçá e alguns municípios do Recôncavo da Bahia.

Foram avaliados os seguintes caracteres conforme a Tabela 1: estatura da planta (EST), medida pela altura compreendida entre o solo e o ramo mais alto, diâmetro do caule (DC) sempre abaixo da primeira ramificação, número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), número de cachos de frutos (NCFR) e número de inflorescência (NI). Para os componentes de rendimento de grãos foram avaliados os seguintes caracteres: número de frutos (NF) por planta, número de sementes (NS), número de sementes por fruto (NSF), peso dos frutos (PF) em gramas/planta e peso das sementes (PS) em gramas/planta, diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) do fruto. Para realizar a aferição dos dados utilizaram-se os seguintes instrumentos: trena milimetrada, paquímetro digital e balança digital semianalítica.

Estes caracteres foram avaliados em três épocas distintas sendo a primeira (06/2011) aos 12 meses, a segunda (12/2011) aos 18 meses e a terceira avaliação (06/2012) foi realizada quando as plantas atingiram 24 meses de idade.

TABELA 1: Caracteres utilizados nas avaliações fenotípicas em genótipos de pinhão manso com suas respectivas siglas. Cruz das Almas-BA, 2013.

CARACTERES	SIGLAS
Número de inflorescência	NI
Número de cacho de frutos	NCFR
Número de ramificações primárias	NRP
Número de ramificações secundárias	NRS
Estatura da planta (cm)	EST
Diâmetro do caule	DC
Número de frutos	NF
Peso do fruto (g)	PF
Número de sementes	NS
Peso das sementes (g)	PS
Número de frutos com 1 semente	NF1
Número de frutos com 2 sementes	NF2
Número de frutos com 3 sementes	NF3
Diâmetro Longitudinal do fruto	DL
Dâmetro transversal do fruto	DT

Os coeficientes de repetibilidade foram estimados com base em quatro métodos distintos, descritos por Cruz e Regazzi (2001): modelo da análise de variância (ANOVA), utilizando o modelo com dois fatores de variação (genótipos e período de avaliação), componentes principais com base na matriz de correlações (CPCOR) e de covariâncias (CPCOV), e análise estrutural com base na matriz de correlações (AER).

Pelo método da ANOVA, considerou-se que o número de medidas repetidas foi igual para todos os genótipos, adotou-se o Modelo 2, descrito por Cruz e Regazzi (2001): $Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + \epsilon_{ij}$, em que: Y_{ij} é média do i -ésimo genótipo no j -ésimo ciclo; μ é a média geral do experimento; G_i é o efeito do i -ésimo genótipo sob a influência do ambiente permanente; A_j corresponde ao efeito do A -ésimo ciclo; e ϵ_{ij} corresponde ao erro aleatório que envolve outras causas de variação não incluídas no modelo.

Foram obtidas também as estimativas do número de avaliações necessárias para predizer o valor real dos genótipos, com base em coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), que foi calculado pela expressão: $\eta = R^2 (1 - r)/(1 - R^2) r$. Com base na média dos η ciclos

($\eta = 3$) e na estimação dos r obtidos de acordo com as diferentes metodologias utilizadas, foi calculado o R^2 , de acordo com a expressão: $R^2 = \eta r / 1 + r (\eta - 1)$, fornecida por Cruz et al. (2004). As análises foram realizadas no Aplicativo Computacional em Genética e Estatística - GENES. (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os genótipos avaliados para todos os caracteres analisados. Esses resultados confirmam a variabilidade genética entre os genótipos de pinhão manso, demonstrando que o componente de variância genético, confundido com os efeitos permanentes do ambiente, é significativo nesta população (MANFIO et al. 2011), havendo possibilidade de seleção entre os genótipos superiores.

Na Tabela 2, visualiza-se a estimativa do coeficiente de repetibilidade em nível de média dos genótipos baseados nas três etapas de avaliações. Não houve variação para os caracteres NF, DL e DT em relação aos quatro métodos testados (ANOVA, CPCOR, CPCOV e ERA), obtendo os valores de 0,99 cada. Para os demais caracteres houve variação somente para os métodos ANOVA e CPCOV em relação aos outros dois (CPCOR e AER), sendo esta variação apresentada respectivamente, para os seguintes caracteres: NI variou de 0,87 a 0,88; NCFR de 0,91 a 0,95; NRP de 0,86 a 0,99; NRS de 0,68 a 0,99; EST de 0,99 a 1; DC de 0,72 a 0,84; PF de 0,87 a 0,89; NS de 0,90 a 0,93; PS de 0,87 a 0,91; NF1 de 0,63 a 0,69; NF2 de 0,87 a 0,88 e NF3 de 0,90 a 0,92. Os métodos CPCOR e AER apresentaram os mesmos valores para a maioria dos caracteres, exceto nos caracteres DC, PF, NF1 e NF3 (TABELA 2).

TABELA 2: Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r), coeficiente de determinação (R^2) e número de medições (η_0) calculados, utilizando os métodos da análise de variância (ANOVA), Componentes Principais baseados na Matriz de Covariâncias (CPCOV) e de Correlações (CPCOR) e Análise Estrutural baseado na Matriz de Correlações (AER), avaliados durante 3 ciclos em genótipos de pinhão manso. Cruz das Almas-BA, 2013.

Caráter	Estimativa	Método			
		ANOVA	CPCOR	CPCOV	ERA
NI	r	0,87	0,87	0,88	0,87
	$R^2(\%)$	95,58	95,52	95,67	95,47
	η para $R^2=80\%$	0,55 (1)	0,54 (1)	0,56 (1)	0,56 (1)
	η para $R^2=85\%$	0,79 (1)	0,76 (1)	0,79 (1)	0,80 (1)
	η para $R^2=90\%$	1,67 (2)	1,21 (1)	1,26 (1)	1,28 (1)
	η para $R^2=95\%$	2,67 (3)	2,57 (3)	2,67 (3)	2,70 (3)
	η para $R^2=99\%$	13,93 (14)	13,41 (13)	13,92 (14)	14,10 (14)
NCFR	r	0,91	0,94	0,95	0,94
	$R^2(\%)$	96,96	98,06	98,47	98,05
	η para $R^2=80\%$	0,37 (1)	0,18 (1)	0,23 (1)	0,23(1)
	η para $R^2=85\%$	0,52 (1)	0,26 (1)	0,33 (1)	0,33 (1)
	η para $R^2=90\%$	0,83 (1)	0,41 (1)	0,53 (1)	0,53 (1)
	η para $R^2=95\%$	1,77 (2)	0,88 (1)	1,12 (1)	1,12 (1)
	η para $R^2=99\%$	9,22 (9)	4,61 (5)	5,86 (7)	5,88 (6)
NRP	r	0,86	0,98	0,99	0,98
	$R^2(\%)$	95,12	99,60	99,72	99,60
	η para $R^2=80\%$	0,61 (1)	0,03 (1)	0,04 (1)	0,04 (1)
	η para $R^2=85\%$	0,87 (1)	0,04 (1)	0,06 (1)	0,06 (1)
	η para $R^2=90\%$	1,38 (1)	0,07 (1)	0,10 (1)	0,10 (1)
	η para $R^2=95\%$	2,92 (3)	0,15 (1)	0,22 (1)	0,22 (1)
	η para $R^2=99\%$	15,22 (15)	0,81 (1)	1,16 (1)	1,16 (1)
NRS	r	0,68	0,99	0,99	0,99
	$R^2(\%)$	86,69	99,93	99,97	99,93
	η para $R^2=80\%$	1,82 (2)	0,00	0,01 (1)	0,00
	η para $R^2=85\%$	2,58 (2)	0,00	0,01 (1)	0,01 (1)
	η para $R^2=90\%$	4,09 (4)	0,00	0,03 (1)	0,01 (1)
	η para $R^2=95\%$	8,64 (9)	0,01 (1)	0,03 (1)	0,03 (1)
	η para $R^2=99\%$	45,06 (46)	0,08 (1)	0,19 (1)	0,19 (1)
EST	r	0,99	1,0	1,0	1,0
	$R^2(\%)$	99,90	99,99	99,99	99,99
	η para $R^2=80\%$	0,01 (1)	0,0	0,0	0,0
	η para $R^2=85\%$	0,01 (1)	0,0	0,0	0,0
	η para $R^2=90\%$	0,02 (1)	0,0	0,0	0,0
	η para $R^2=95\%$	0,05 (1)	0,0	0,0	0,0
	η para $R^2=99\%$	0,27 (1)	0,0	0,0	0,0
DC	r	0,72	0,77	0,84	0,76
	$R^2(\%)$	88,98	91,01	94,07	90,77
	η para $R^2=80\%$	1,48 (1)	0,75 (1)	1,18 (1)	1,21 (1)
	η para $R^2=85\%$	2,10 (2)	1,07 (1)	1,67 (2)	1,72 (2)
	η para $R^2=90\%$	3,34 (3)	1,69 (2)	2,66 (3)	2,74 (3)
	η para $R^2=95\%$	7,05 (7)	3,58 (4)	5,63 (6)	5,79 (6)
	η para $R^2=99\%$	36,78 (37)	18,68 (19)	29,33 (30)	30,17 (30)

Tabela 1- Continuação...

	r	0,99	0,99	0,99	0,99
	R ² (%)	99,93	99,99	99,99	99,99
NF	η para R ² =80%	0,00	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =85%	0,01 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =90%	0,01 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =95%	0,03 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =99%	0,19 (1)	0,00	0,00	0,00
		r	0,87	0,88	0,89
	R ² (%)	95,38	95,69	96,34	95,64
PF	η para R ² =80%	0,58 (1)	0,45 (1)	0,53 (1)	0,54 (1)
	η para R ² =85%	0,82 (1)	0,64 (1)	0,76 (1)	0,77 (1)
	η para R ² =90%	1,30 (1)	1,02 (1)	1,21 (1)	1,22 (1)
	η para R ² =95%	2,75 (3)	2,15 (2)	2,56 (3)	2,59 (3)
	η para R ² =99%	14,36 (14)	11,25 (11)	13,35 (13)	13,51 (51)
		r	0,90	0,91	0,93
	R ² (%)	96,49	97,16	97,72	97,14
NS	η para R ² =80%	0,43 (1)	0,28 (1)	0,35 (1)	0,35 (1)
	η para R ² =85%	0,61 (1)	0,39 (1)	0,49 (1)	0,5 (1)
	η para R ² =90%	0,98 (1)	0,63 (1)	0,78 (1)	1,79 (2)
	η para R ² =95%	2,06 (2)	1,32 (1)	1,66 (2)	1,67 (2)
	η para R ² =99%	10,77 (11)	6,29 (6)	8,66 (9)	8,73 (9)
		r	0,87	0,88	0,91
	R ² (%)	95,41	95,98	96,83	95,94
PS	η para R ² =80%	0,57 (1)	0,39 (1)	0,50 (1)	0,50 (1)
	η para R ² =85%	0,81 (1)	0,55 (1)	0,71 (1)	0,71 (1)
	η para R ² =90%	1,29 (1)	0,88 (1)	1,12 (1)	1,14 (1)
	η para R ² =95%	2,74 (3)	1,86 (2)	2,38 (2)	2,40 (6)
	η para R ² =99%	14,28 (14)	9,70 (10)	12,42 (12)	12,55 (13)
		r	0,63	0,69	0,64
	R ² (%)	83,71	87,24	84,52	86,55
NF1	η para R ² =80%	2,33 (2)	2,19 (2)	1,75 (1)	1,86 (2)
	η para R ² =85%	3,30 (3)	3,11 (3)	2,48 (2)	2,64 (3)
	η para R ² =90%	5,25 (5)	4,94 (5)	3,94 (4)	4,19 (4)
	η para R ² =95%	11,09 (11)	10,43 (10)	8,33 (8)	8,85 (9)
	η para R ² =99%	57,79(58)	54,37 (54)	43,40 (43)	46,14 (46)
		r	0,87	0,88	0,88
	R ² (%)	95,41	95,93	95,98	95,88
NF2	η para R ² =80%	0,57 (1)	0,50 (1)	0,50 (1)	0,51 (1)
	η para R ² =85%	0,81 (1)	0,71 (1)	0,72 (1)	0,72 (1)
	η para R ² =90%	1,29 (1)	1,13 (1)	1,14 (2)	1,15 (2)
	η para R ² =95%	2,7 (3)	2,38 (2)	2,41 (2)	2,44 (2)
	η para R ² =99%	14,27 (14)	12,43 (12)	12,59 (13)	12,74 (13)
		r	0,90	0,91	0,92
	R ² (%)	96,42	96,82	97,37	96,79
NF3	η para R ² =80%	0,44 (1)	0,32 (1)	0,39 (1)	0,39 (1)
	η para R ² =85%	0,63 (1)	0,45 (1)	0,55 (1)	0,56 (1)
	η para R ² =90%	1,00 (1)	0,72 (1)	0,88 (1)	0,89 (1)
	η para R ² =95%	2,11 (2)	1,53 (2)	1,87 (2)	1,88 (2)
	η para R ² =99%	11,01 (11)	7,99 (8)	9,75 (10)	9,83 (10)

Tabela 1- Continuação...

	r	0,99	0,99	0,99	0,99
	R ² (%)	99,91	99,98	99,98	99,98
DL	η para R ² =80%	0,01 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =85%	0,01 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =90%	0,02 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =95%	2,04 (2)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =99%	0,24 (1)	0,04 (1)	0,04 (1)	0,04 (1)
		r	0,99	0,99	0,99
	R ² (%)	99,96	99,97	99,97	99,97
DT	η para R ² =80%	0,00	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =85%	0,00	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =90%	1,01 (1)	0,00	0,00	0,00
	η para R ² =95%	0,02 (1)	0,01 (1)	0,01 (1)	0,01 (1)
	η para R ² =99%	0,11 (1)	0,08 (1)	0,08 (1)	0,08 (1)

⁽¹⁾Número aproximado (número calculado). NI = Número de inflorescência; NCFR = Número de cacho de frutos; NRP = Número de ramificações primárias; NRS = Número de ramificações secundárias; EST = Estatura da planta (cm); DC = Diâmetro do caule; NF = Número de frutos; PF = Peso do fruto (g); NS = Número de sementes; PS = Peso das sementes (g); NF1= Número de frutos com 1 semente; NF2 = Número de frutos com 2 sementes; NF3 = Número de frutos com 3 sementes; DL = Diâmetro Longitudinal do fruto; DT = Diâmetro transversal do fruto.

Rocha et al. (2012) avaliou a eficiência da seleção para incremento do teor de óleo por meio de características relacionadas à qualidade de grãos em *curcas*, e obteve uma repetibilidade média entre 0,59 e 0,70. Valores de 0,63 a 0,98 foram também obtidos por Laviola et al. (2012), estimados em pinhão manso, com avaliação em dois anos de cultivo. Demonstrando haver uma regularidade entre os resultados de outros trabalhos como o pinhão manso em relação aos dados obtidos no presente estudo, sendo esses ainda, considerados superiores, pois apresentarem todos os valores altos para a repetibilidade genética.

Resende (2002) classifica a estimativa do coeficiente de repetibilidade como alta quando $\geq 0,6$, média quando $< 0,6$ e $\geq 0,3$ e baixa quando $< 0,3$. Portanto, de acordo com os dados obtidos, a repetibilidade apresentou valores considerados altos ($r > 0,60$) independente do método aplicado, onde a maioria dos caracteres obtiveram valores acima de 0,80. A exceção foi para os caracteres NRS (0,68) no método ANOVA, DC (0,72, 0,77 e 0,76) respectivamente, nos métodos ANOVA, CPCOR e AER e NF1 (0,63, 0,69, 0,64 e 0,68) para os métodos ANOVA, CPCOR, CPCOV e AER, respectivamente.

Faz-se importante relatar que ao considerar uma escala de variação de 0 a 1 onde, $r = 1$ é o valor máximo, isso indica que o caráter se manifesta com muita constância e que é possível predizer o valor genético real do indivíduo com um número relativamente pequeno de avaliações (CORNACCHIA et al. 1995). Entre os caracteres avaliados, apenas seis deles obtiveram valores próximo ou igual a um: NRP, NRS, NF, DT e DL com 0,99 cada, e o caráter EST com 1,0 sendo, esses valores, provenientes do método CPCOV demonstrando haver uma alta regularidade na repetição do caráter de uma avaliação para outra. E que, também, relaciona-se com a idade fisiológica planta, visto que, após dois anos de idade a planta não emite mais ramificações primárias, por exemplo.

A partir das estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas por meio dos métodos utilizados, constatou-se que para cada caráter, as estimativas obtidas pela ANOVA foram sempre inferiores ou iguais em relação às obtidas pelos demais métodos, exceto para NF, DL e DT que obtiveram 0,99 em todos os métodos. As estimativas obtidas pelo método CPCOV foram superiores ou iguais às obtidas pelos outros métodos, com a exceção para o caráter NF1 obtendo o maior coeficiente de repetibilidade no método CPCOR.

Dos coeficientes de determinação (R^2) estimados para os caracteres estudados foi possível observar que, quando comparados aos quatro métodos avaliados, apresentaram em sua maioria valores inferiores para o método ANOVA, e que para os caracteres NI, EST, NF, NF2 DT e DL não houve diferença no valor do R^2 em relação aos métodos. De forma geral o coeficiente de determinação verificado para todos os caracteres foi superior a 80%, sendo considerado bom (CRUZ et al. 2004). Esses resultados são semelhantes com outros encontrados na literatura para culturas perenes como o dendezeiro, (CEDILLO 2003), laranja-doce (NEGREIROS et al. 2008) e guaranazeiro (NASCIMENTO FILHO et al. 2009).

Para explicar a inferioridade comumente encontrada no método ANOVA em relação aos de componentes principais, Abeywardena (1972) afirma que o coeficiente de repetibilidade pode ser mais eficientemente estimado por meio da técnica de componentes principais devido a presença do fator periodicidade, onde esse não pode ser isolado na análise de variância. Ficando, assim, incluído no erro experimental, elevando seu valor e causando viés na estimativa de repetibilidade que será subestimada quando existe efeito da alternância

(ABEYWARDENA, 1972; KENDAL, 1975; VASCONCELLOS et al. 1985). Cruz e Regazzi (2001) e Manfio et al. (2011) também relatam que o método dos componentes principais permite isolar o efeito da alternância, o que não ocorre na análise de variância, ficando esse componente incluído no erro experimental.

Em relação aos resultados obtidos por meio do método de AER, foi possível observar que eles se mostram próximos ou iguais aos obtidos pelo método de componentes principais. Cruz et al. (2004) explicam que o método da análise estrutural, proposto por Mansour et al. (1981), apresenta diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais, assim, as estimativas obtidas pelos referentes métodos tendem a ser próximas.

Na Tabela 2 também é possível observar as estimativas do número de avaliações necessárias para obter diferentes valores de predição do valor real dos genótipos (ou coeficiente de determinação genotípico), a partir dos coeficientes de repetibilidade, estimados pelos métodos ANOVA, CPCOR, CPCOV e AER.

Considerando-se o método dos componentes principais baseado na matriz de covariância para atingir valores do coeficiente de determinação (R^2) superiores a 95%, o número de avaliação requerida é de 1 (uma) para os caracteres, NCFR, NRP, NRS e DT; 0 para EST, NF e DL; 2 para NS, PS, NF2 e NF3; 3 avaliações para os caracteres NI e PF; 6 para DC do caule, e 8 avaliações seriam necessárias para predizer o número mínimo do caráter NF1 e predizer o valor real dos genótipos.

Conforme Chia et al. (2009), dentro dos níveis de precisão aceitáveis, deve-se buscar redução do período de avaliação e medições para economia de recursos e tempo. Para Cruz e Regazzi (2001), essa redução poderá promover medidas mais rápidas, sem perda na precisão ou na confiabilidade dos resultados. Como exemplo, é possível citar os estudos realizados por Cedillo et al. (2008) e Costa (2003) que utilizaram coeficientes de determinação entre 80% e 90% em seus trabalhos com dendê e manga, respectivamente, e Laviola et al. (2012), que consideraram 85% no coeficiente de determinação quando caracterizaram, em dois anos um banco de germoplasma de pinhão manso.

No presente estudo, também, seria possível reduzir o número de avaliações para a maioria dos caracteres avaliados, caso fosse considerado o coeficiente de determinação de 85% ou 90%. Porém, foi preferível levar em consideração o nível de 95% como satisfatório na predição na tomada de decisão

sobre os genótipos de pinhão manso, uma vez que as plantas estão com apenas dois anos de idade. E espera-se que, com um maior número de repetições, possa ser alcançada maior precisão na determinação do valor real do coeficiente.

É fundamental levar em consideração que as estimativas de repetibilidade variam de acordo com a natureza do caráter avaliado, as propriedades genéticas da população, as condições em que os indivíduos se desenvolvem, e se o genótipo em que são realizadas medidas repetidas se encontra estabilizado (CRUZ et al. 2004).

CONCLUSÕES

1. Os métodos dos componentes principais como CPCOR, CPCOV e AER são mais apropriados para a estimativa do coeficiente de repetibilidade quando comparados a ANOVA.

2. Todos os caracteres estudados apresentaram valores altos para o coeficiente de repetibilidade, indicando a possibilidade de prever o valor genético real dos indivíduos com até oito avaliações, considerando o R^2 de 95% no método CPCOV, para a seleção e ganhos genéticos.

3. Para prever os valores dos números de NCFR, NRP, NRS e DT nos genótipos de pinhão manso é necessária apenas uma medição considerando o coeficiente de determinação de 95% nas condições ambientais de Cruz das Almas.

REFERÊNCIAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

ALBQUERQUE, F. A. de; OLIVEIRA, M. I. P. de; LUCENA, A. M. A. de; BARTOLOMEU, C. R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e desenvolvimento do pinhão manso: 1º ano agrícola. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 21 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 197).

ALVES, R. M.; RESENDE, M.D.V. Avaliação genética de indivíduos e progênes de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.696-701, 2008.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **R. Bras. Oleag. Fibrosas**, 8:789-799, 2004.

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**, Limerick, n. 176, p. 812-823, 2009.

BRASILEIRO, B. P. **Conservação e melhoramento genético do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), brasil**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CARELS, N. *Jatropha curcas*: A Review. **Adv. Bot. Res.** 50:39-86. 2009.

CARVALHO, D. S. **Comportamento genético de progênes de meio-irmãos de pinhão manso no Recôncavo Baiano, Brasil**. 2010. 42f. Dissertação (Mestrado)

– Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CEDILLO, D. S. O. **Análises biométricas aplicadas ao melhoramento do dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.)**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 87p. 2003.

CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA, R. N. C.; LOPES, M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v.39(2), p.249-254, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S004459672009000200001> Acesso em: 13 fev. 2013. doi:10.1590/s0044-5967009000200001

CORNACCHIA, G. et al. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii*(Schw.) Eguiluz, Perry e *Pinus caribaeavar. hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.3, p.333-345, 1995.

COSTA, J. G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, v.33, p.263-266, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782003000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 13 fev. 2013. doi:10.1590/s0103- 8478003000200013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CRUZ, C.D REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C. D. **Programa genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T.

S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) para produção de óleo combustível**. Viçosa: v. 1. 40 p. 2007.

Kendall, M. G. **Multivariate analysis**. New York, MacMillan, 1975. 210 p.

LAVIOLA, B. G.; ROSADO, T. B.; BHERING, L. L.; KOBAYASHI, A. K.; RESENDE, M. D. V. Genetic parameters and variability in physic nut accessions during early developmental stages. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.45, n.10, p.1117-1123, out. 2010. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n10/10.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

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

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V.; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p.70-76, jan, 2011.

MANSOUR, H.; NORDHEIM E. V.; RULEDGE, J. J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, 60:151-156, 1981.

NASCIMENTO FILHO, F. J; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CERNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.605-612, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2009000600009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 fev. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2009000600009

NEGREIROS, J. R. S.; SARAIVA, L. L.; OLIVEIRA, T. C.; ÁLVARES, V. S; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1763-1768, 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2008001200017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 13 fev. 2013. doi: 10.1590/S0100-204X2008001200017.

NEVES, L. G.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D; BARELLI, M. A. A. Avaliação da repetibilidade no melhoramento de famílias de maracujazeiro **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 480-485, jul/ago, 2010.

RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 975p. 2002.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.1, p.44-50, jan. 2012.

ROSADO T. B., LAVIOLA B. G., FARIA D. A., PAPPAS M. R., Bhering L.L., QUIRINO B., GRATTAPAGLIA D.: Molecular Markers Reveal Limited Genetic Diversity in a Large Germplasm Collection of the Biofuel Crop *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science** 50:2372-2382. 2010 DOI: DOI 10.2135/cropsci2010.02.0112.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Inf. Agropec.** 26:44-78, 2005.

VASCONCELLOS, M. E. C. et al. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.433-437, 1985.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos com o pinhão manso apontam que essa cultura pode ser utilizada como fonte de energia verde, uma vez que o óleo extraído de suas sementes possui características favoráveis para a produção de biocombustível, como o biodiesel.

No Brasil essa cultura vem ganhando destaque ao longo dos últimos anos, nas mais diversas áreas de conhecimento, entre elas o melhoramento genético que visa domesticar essa espécie e desenvolver cultivares que possam ter uma boa produtividade nas diferentes regiões do país. Para isso, faz-se necessário o conhecimento da divergência genética e da expressão dos caracteres agrônômicos desta espécie, pois as atividades vinculadas ao pré-melhoramento são imprescindíveis para o sucesso nos programas de melhoramento genético.

O estudo agrônômico do BAG de pinhão manso da UFRB/BIO, avaliado por meio do uso de técnicas multivariadas, possibilitou formar sete grupos divergentes entre os genótipos de pinhão manso e que, dentre os caracteres avaliados a estatura da planta foi responsável por 29% dessa divergência. Por meio do conhecimento de repetibilidade genética foi possível prever o valor real do genótipo com até oito avaliações para seleção e ganhos genéticos, permitindo assim, reduzir o número de avaliações na caracterização agrônômica, além de diminuir os custos e mão-de-obra na manutenção do BAG.

Para dar continuidade os estudos de caracterização no banco de germoplasma da UFRB, recomenda-se uma associação com estudos assistidos por marcadores moleculares e análises de quantificação química do óleo extraído de suas sementes, pois estas avaliações permitem obter um amplo conhecimento dos genótipos, podendo acelerar os resultados no programa de melhoramento e na seleção de genótipos superiores.

O pinhão manso tem um importante papel no Brasil como uma cultura promissora para a obtenção de biodiesel, podendo ainda ter seu potencial econômico explorado por pequenos agricultores. Fato esse que corrobora com

um dos objetivos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, o da inclusão social. Entretanto, faz-se importante ressaltar que esta espécie ainda se encontra em processo de domesticação e não há cultivares que possam garantir que o produtor obtenha um retorno positivo na exploração de suas potencialidades.