



Análise de crescimento e trocas gasosas de acessos de *Jatropha curcas* L.

*Analysis of growth and gas exchange of access *Jatropha curcas* L.*

Fábio Santos Matos¹, Ricardo Galvão de Freitas², Willyane da Silva Lisboa², Djair Felix da Silva², Anderson Barbosa Evaristo², Luiz Antônio dos Santos Dias²

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade de Ipameri, Rodovia: GO 330, Km 241 Anel Viário s/n, Ipameri-GO, CEP: 75780-000. E-mail: fabio.agronomia@hotmail.com

²Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Fitotecnia, Viçosa MG

Recebido em: 09/09/2011

Aceito em: 29/08/2012

Resumo. Objetivou-se identificar, por meio de análises fisiológicas, genótipos de *Jatropha curcas* L. promissores para programas de melhoramento genético. O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Sementes de quatro acessos silvestres de *J. curcas* do banco de germoplasma da UFV, oriundos dos estados: Minas Gerais (MG), Mato grosso do Sul (MS), Pernambuco (PE) e São Paulo (SP) foram semeadas em recipientes (uma planta por recipiente) de quatro litros contendo solo, areia e esterco na proporção de 3: 1: 0,5 respectivamente. As análises (taxa de assimilação líquida de carbono (*A*), condutância estomática (g_s), transpiração (*E*), razão entre as concentrações interna e ambiente de CO₂ (C_i/C_a), razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), biomassa total, razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), número de folhas, comprimento e diâmetro do ramo) foram realizadas aos 70 dias após a germinação quando as mudas encontravam-se aptas para plantio definitivo em campo. As mudas apresentaram crescimento vegetativo semelhantes com pequena diferença entre os acessos, sendo os oriundos de PE e SP os mais vigorosos e possivelmente com maior capacidade de adaptação às condições de campo. Os acessos apresentaram reduzida variabilidade no acúmulo de biomassa e crescimento, sendo os acessos PE e SP promissores para possíveis programas de melhoramento.

Palavras chave. Crescimento, melhoramento genético, variabilidade, vigor.

Abstract. The objective was to identify by means of physiological tests genotypes of *Jatropha curcas* L. promising for breeding programs. The study was conducted in a greenhouse at the Federal University of Viçosa, Minas Gerais. The experiment followed a completely randomized design with four treatments and six repetitions. Seeds of four wild accessions of *J. curcas* germplasm bank of UFV, from the states: Minas Gerais (MG), Mato Grosso do Sul (MS), Pernambuco (PE) and São Paulo (SP) were sown in containers (one plant per container) containing four liters soil, sand and manure in the ratio of 3: 1: 0.5 respectively. The plants were irrigated daily to maintain soil at field capacity. Analysis ((Rate of net carbon assimilation (*A*), stomatal conductance (g_s), transpiration (*E*) ratio of the concentrations and internal environment of CO₂ (C_i / C_a), root mass ratio (RMR), stem mass ratio (RMC), leaf mass ratio (RMF), total biomass, shoot / root system (PA / SR), leaf number, length and diameter of branch)) occurred at 70 days after germination when the seedlings were suitable for permanent planting in the field. The seedlings had similar vegetative growth with little difference between the approaches, and those from EP and SP the most vigorous and possibly with greater adaptability to field conditions. The accessions showed little variability in biomass accumulation and growth, and the EP and SP access promising materials for possible improvement programs.

Keywords. Genetic improvement, growth, variability, vigor.

Introdução

O incremento dos níveis dos gases de efeito estufa, notadamente dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera terrestre tem intensificado a busca por

combustíveis renováveis, tipo biodiesel, visando reduzir o consumo de combustíveis fósseis. A busca por alternativa energética aos combustíveis fósseis requer a avaliação de fontes renováveis e de baixo



impacto sobre o ambiente. São primazes o desenvolvimento de tecnologias apropriadas e a definição da matéria-prima a ser utilizada para a geração de energia, sem ou com o mínimo de prejuízos ao ambiente (Matos et al., 2009)

O Brasil apresenta potencial para produção de biocombustíveis na maior parte de sua extensão territorial, em função de suas características edafoclimáticas, biodiversidade (várias espécies vegetais potenciais adaptadas a diferentes climas e biomas), disponibilidade de terras e de mão-de-obra, bem como comprovada competência em tecnologia agrícola (Dias et al. 2008). Atualmente, as principais matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel no Brasil são soja, sebo bovino e algodão, com contribuições de 75%, 20,5% e 2,4%, respectivamente, sendo os outros materiais graxos responsáveis por apenas 1,8% da produção (ANP, 2011). Existe a necessidade, portanto, de diversificar a produção de matéria prima para produção de biodiesel por meio da introdução de espécies promissoras como, por exemplo, *Jatropha curcas* L..

A *J. curcas* (Euphorbiaceae) é uma espécie oleaginosa, conhecida popularmente como Pinhão Manso. É uma planta de potencial econômico, sobretudo por suas sementes constituírem matéria-prima para a produção de óleo para biodiesel. Esta característica tem contribuído para o aumento da exploração comercial desta cultura. Trata-se de um arbusto de desenvolvimento rápido, podendo iniciar sua produção já no sétimo mês de plantio, permanecendo produtiva por aproximadamente 40 anos. Seu clímax produtivo ocorre a partir do quarto ano de campo (Dias et al., 2007).

Os plantios comerciais de pinhão-manso no Brasil ainda estão ocorrendo de forma tímida em função do baixo conhecimento científico. Com o desenvolvimento de novas pesquisas, espera-se que a cultura deixe de ser potencial e passe a ser efetivamente uma matéria-prima para o mercado de biodiesel (Andréo-Souza et al., 2010). Segundo Maes et al. (2009) há duas grandes preocupações quanto ao cultivo do pinhão manso: primeiro, existe uma carência de conhecimento sobre os aspectos agrônômicos básicos da cultura; segundo, *J. curcas* é tida ainda como uma planta silvestre com poucas informações disponíveis a respeito da performance da espécie. Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia do pinhão manso. Não existem cultivares definidas e alguns aspectos agrônômicos ainda carecem de investigação como, por exemplo, as estratégias de tolerância à seca e densidade ideal de plantio (Beltrão, 2006). Entretanto, com a

possibilidade de uso do óleo de pinhão manso para a produção do biodiesel, novas e amplas perspectivas se abrem para o aumento das áreas de plantio.

A diversidade genética constitui importante ferramenta no desenvolvimento de programas de melhoramento de plantas, pois, a partir dela, pode-se selecionar genótipos divergentes para produção de híbridos ou similares para linhagens. A existência de variabilidade genética é importante para continuidade das espécies e, também, para que por meio do melhoramento genético sejam obtidas novas combinações de maior interesse para o homem. (Ramalho, 2008). O fato de o Pinhão Manso ter se adaptado a uma ampla gama de condições edáficas e ecológicas sugere que existe uma quantidade considerável de variabilidade genética a ser explorada nos programas de melhoramento (Rao et al., 2008).

O conhecimento sobre variação genética é útil para a seleção, especialmente em uma cultura onde o ideotipo ainda está por ser definido, devido à ampla adaptabilidade e padrão de uso final de *J. curcas*. O conhecimento da variação genética em padrão de ramificação, flores femininas em relação a flores masculinas, resistência a pragas, resistência à seca e atributos de produtividade em germoplasma silvestre de *J. curcas* pode ser de grande importância em programas de melhoramento, principalmente em seleção de genótipos para maior conteúdo de óleo e rendimento (Rao et al., 2008).

A obtenção de variedades melhoradas é dependente da identificação de estratégias morfológicas e fisiológicas envolvidas com a produção. O pinhão manso, por ser uma planta desprovida de melhoramento genético, apresenta significativa desuniformidade quanto a crescimento, arquitetura, desenvolvimento e produção. Outro aspecto que compromete o desenvolvimento da cultura é a irregularidade na germinação das sementes, o que provoca um estande desuniforme, forçando, às vezes, o replantio (Albuquerque, 2009). A análise fisiológica das plantas em estágio inicial auxilia a identificação de materiais promissores com elevado potencial de produção. O êxito esperado das plantações depende, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas e esta, por sua vez, é dependente da escolha acertada do melhor material. Análises fisiológicas e morfológicas em acessos originados em diferentes ambientes poderão identificar materiais candidatos a programas de melhoramento visando obtenção de variedades superiores, no entanto, em alguns casos, a diversidade geográfica não necessariamente



representa diversidade genética (Kaushika 2007; Rao, 2008).

Pouco se conhece sobre a bioquímica e a fisiologia do pinhão-manso. O grau de melhoramento desta espécie é ainda incipiente e causa preocupação aos pesquisadores. Existe ainda necessidade de maior conhecimento e pesquisas a respeito, por exemplo, da diversidade genética, centros de origem, sistema de cruzamento e fluxo gênico, agentes polinizadores e sistema de polinização, controle de pragas e doenças, manejo cultural e, principalmente, estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento, produção e teor de óleo. É ainda uma espécie silvestre se comparada à soja, girassol, algodão e milho. Tendo em vista o melhor entendimento fisiológico de acessos encontrados em ambientes distintos, objetivou-se identificar, por meio de análises fisiológicas na fase de muda, genótipos promissores de *J. curcas* para programas de melhoramento genético.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa (20°45'S, 42°15'W, 650 m de altitude), Minas Gerais de novembro de 2010 a fevereiro de 2011. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Sementes de quatro acessos silvestres de *J. curcas* do banco de germoplasma da UFV, oriundos dos estados: Minas Gerais (MG), Mato grosso do Sul (MS), Pernambuco (PE) e São Paulo (SP) foram semeadas em recipientes (uma planta por recipiente) de quatro litros contendo solo, areia e esterco na proporção de 3: 1: 0,5 respectivamente. Após análise da composição da mistura (Quadro 1), realizou-se a adubação e correção do pH do substrato de acordo com recomendações técnicas para a cultura (Dias et al. 2007).

Quadro 1. Análise química da composição da mistura de areia, solo e esterco na proporção de 3: 1: 0,5 utilizada para produção de mudas de *Jatropha curcas* L..

Table with 18 columns: pH, MO, P, S, Al, H+Al, Ca, Mg, K, SB, CTC, V, m, Mn, Cu, Fe, Zn, B. It contains numerical data for each parameter.

As plantas foram irrigadas diariamente de modo a manter o solo na capacidade de campo. Aos 70 dias após a germinação quando as mudas encontravam-se aptas para plantio definitivo em campo foram realizadas as seguintes análises: taxa de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), razão entre as concentrações interna e ambiente de CO2 (Ci/Ca), razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF), biomassa total, razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR), número de folhas, comprimento e diâmetro do ramo. Todas as análises foram realizadas entre 07-10 horas da manhã.

A taxa de assimilação líquida do carbono (A), a condutância estomática (gs), transpiração (E) e a razão entre as concentrações interna e ambiente de CO2 (Ci/Ca) foram medidas em folhas totalmente expandidas em sistema aberto, sob concentração de CO2 ambiente, com um analisador de gases a infravermelho portátil (LCpro+, Analytical

Development Company, Hoddesdon, Reino Unido). Durante as avaliações, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou de 800 a 1000 µmol (fótons) m-2 s-1 e a concentração de CO2 de 360 a 400 µmol mol-1.

As análises foram realizadas aos 70 dias pós-emergência das plantas. O número de folhas, comprimento e diâmetro do caule foram medidos com régua graduada. Folhas, raízes e caules foram destacados e colocados para secar em estufa a 72 °C até atingir massa seca constante e em seguida pesados separadamente. Com os dados de massa seca calculou-se a razão de massa da folha (RMF), razão de massa da raiz (RMR), razão de massa do caule (RMC), razão parte aérea/sistema radicular (PA/SR) e biomassa total.

As análises de variância foram processadas seguindo o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Diferenças entre as médias dos tratamentos foram analisadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os acessos apresentaram semelhanças nas trocas gasosas, principalmente, na condutância estomática e transpiração (Tabela 1). A taxa de assimilação de carbono foi em média, 10% maior no acesso MG quando comparado ao acesso SP. A taxa transpiratória foi em média, 25% maior no acesso PE quando comparado com a média dos acessos MG,

MS e SP. A razão C_i/C_a foi em média, 47% maior no acesso MG quando comparado aos demais. Os acessos foram estatisticamente semelhantes com relação às trocas gasosas, não houve diferença estatística em nenhuma das variáveis analisadas. As diferenças existentes nas variáveis de crescimento não são explicadas por divergência nas trocas gasosas.

Tabela 1. Transpiração (E), condutância estomática (g_s), fotossíntese (A) e razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a) em diferentes acessos de *Jatropha curcas* L.

Parâmetros	Tratamentos			
	MG	MS	PE	SP
E	0,43 ± 0,15 ^A	0,54 ± 0,09 ^A	0,40 ± 0,08 ^A	0,39 ± 0,05 ^A
g_s	0,03 ± 0,001 ^A	0,04 ± 0,001 ^A	0,03 ± 0,001 ^A	0,02 ± 0,001 ^A
A	16,14 ± 0,67 ^A	15,00 ± 1,10 ^A	15,23 ± 0,57 ^A	14,50 ± 0,45 ^A
C_i/C_a	0,19 ± 0,005 ^A	0,11 ± 0,008 ^A	0,11 ± 0,004 ^A	0,11 ± 0,003 ^A

Valores representam a média ± erro-padrão ($n=6$). Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.

A média da biomassa total dos acessos PE e SP foi 21% maior que a média dos acessos MG e MS (Tabela 2). Esta variável apresentou significativa diferença estatística entre os acessos. As razões de massa radicular, caulinar e foliar foram semelhantes entre os acessos, não diferindo estatisticamente. A razão PA/SR foi em média, 18% maior nos acessos

MS e SP quando comparado com a média dos acessos MG e PE. Os acessos SP e MS apresentaram maior acúmulo de biomassa no caule e folhas, respectivamente, enquanto os acessos MG e PE proporcionaram maior porcentagem de biomassa para o sistema radicular.

Tabela 2. Biomassa total, razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF) e razão entre parte aérea/sistema radicular (PA/SR) de diferentes acessos de *Jatropha curcas* L.

Parâmetros	Tratamentos			
	MG	MS	PE	SP
Biomassa total (g)	34,79 ± 3,20 ^B	36,19 ± 6,36 ^B	43,78 ± 5,45 ^A	45,81 ± 5,73 ^A
RMR	0,21 ± 0,02 ^A	0,19 ± 0,02 ^A	0,21 ± 0,01 ^A	0,19 ± 0,01 ^A
RMC	0,57 ± 0,01 ^A	0,58 ± 0,03 ^A	0,59 ± 0,01 ^A	0,60 ± 0,03 ^A
RMF	0,22 ± 0,01 ^A	0,23 ± 0,03 ^A	0,20 ± 0,01 ^A	0,21 ± 0,01 ^A
PA/SR	3,76 ± 0,46 ^B	4,26 ± 1,14 ^A	3,76 ± 0,21 ^B	4,26 ± 0,18 ^A

Valores representam a média ± erro-padrão ($n=6$). Médias seguidas por uma mesma letra dentro de cada linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Newman-Keuls.

O número de folhas, comprimento e diâmetro do ramo apresentaram variação significativa. À medida que as plantas foram desenvolvendo-se o número de folhas e o incremento no comprimento e diâmetro do ramo foram aumentando. Os acessos MG e MS apresentaram menores valores de número de folhas ao quando comparados com os acessos SP e PE (Tabela 3).

ramo. O comprimento do ramo foi menor nos acessos MG e MS quando comparados com os acessos PE e SP.

O diâmetro do ramo foi menor no acesso MG em todas as avaliações. Os acessos MS, PE e SP apresentaram semelhança no diâmetro do

Embora o óleo de *J. curcas* seja reconhecido como ideal para produção de biodiesel e dessa forma substituir parcialmente o diesel convencional de forma sustentável, a espécie continua a ser pouco estudada. Avaliação confiável de rendimento requer conhecimento agroclimático e fisiológico, que ainda não estão disponíveis para a espécie (Trabucco, 2010).

Tabela 3. Comprimento e diâmetro do ramo e número de folhas de acessos de *Jatropha curcas* L. avaliados aos 70 dias após a germinação.

Parâmetros	Tratamentos			
	MG	MS	PE	SP
Comprimento do ramo (cm)	37,42± 1,6B	39,00 ± 3,9AB	40,52 ± 1,5AB	44,92 ± 1,6 A
Diâmetro do ramo (mm)	24,65± 0,6AB	23,79 ± 1,2B	25,19 ± 2,0A	26,15 ± 0,6A
Número de folhas	30 ± 1,0 B	29,83 ± 1,6 B	33,67 ± 2,0 A	36,83 ± 2,0 A

* Valores representam a média ± erro-padrão (n=5). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula dentro de cada coluna e médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro de cada linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Este trabalho é pioneiro ao explorar as características fisiológicas de mudas de *Jatropha curcas* L. A avaliação da planta em estágio inicial de crescimento constitui ferramenta eficiente na identificação de materiais promissores, além de identificar características que, no crescimento inicial, indiquem possibilidade de aumento no rendimento da planta adulta.

Apesar da semelhança na taxa de assimilação líquida de carbono entre os acessos, os oriundos de PE e SP apresentaram maior acúmulo de biomassa, comprimento e diâmetro do ramo. A similaridade da fotossíntese por unidade de área foliar não representa fidedignamente a assimilação de carbono da planta como um todo, no entanto, a pequena diferença no número de folhas indica que os acessos PE e possuem maior fotossíntese a nível de dossel e conseqüentemente maior acúmulo de biomassa. Esta variável constitui ferramenta eficiente para identificação de acessos vigorosos e promissores. A maior taxa de assimilação de carbono no nível do dossel nos acessos PE e SP implicou em maior partição de biomassa para o sistema radicular, caules e folhas, contribuindo para o desenvolvimento de plantas vigorosas com sistema radicular e condutor robustos, possivelmente, com maior capacidade de absorver e transportar água e nutrientes em quantidade suficiente para atender a demanda da parte aérea, principalmente da folhagem (mais numerosa). As mudas dos acessos PE e SP são mais vigorosas e possuem maior capacidade de adaptação às condições de campo.

Em pesquisa recente, Freitas et al. (2011) identificaram por meio de descritores, variabilidade genética entre acessos de *Jatropha curcas* L. e os classificaram em vários grupos. Segundo os mesmos autores, os acessos MG, SP e MS possuem baixa variabilidade entre si e pertencem ao mesmo grupo, enquanto o acesso PE pertence a grupo diferente. O

padrão de agrupamento revelou que acessos de diferentes regiões geográficas foram conjuntamente agrupados. Estes resultados estão em conformidade com os obtidos por Kaushik et al. (2007) e indicam que a diversidade geográfica não necessariamente representa a diversidade genética entre os acessos coletados. Algumas forças como deriva genética, seleção em diferentes ambientes (Murty & Arunachalam 1996), intercâmbio de materiais e seleção artificial (Adams 1977, Katiyar & Singh 1979, Joshi & Vashi 1992) podem gerar maior diversidade que a diversidade geográfica. Se tais forças atuam mais intensamente que o isolamento geográfico, então, a distância geográfica pode não expressar a verdadeira diversidade genética.

A diversidade entre genótipos pode ser avaliada com base em marcadores moleculares e bioquímicos, enquanto a fenotípica pode ser obtida por caracteres morfológicos, botânicos e agrônômicos. As pesquisas apontam para a necessidade de caracterização de mais acessos de diferentes origens a fim de se determinar a diversidade genética disponível, fornecendo assim, subsídios para os programas de melhoramento. A variabilidade genética dos diversos acessos de pinhão manso tem sido tema de diversas pesquisas ao longo dos últimos anos (Sun, 2008; Rao, 2008; Basha, 2009;). Atualmente, várias pesquisas têm atentado para uma maior exploração dos acessos de pinhão manso do México por possuírem este maior riqueza em diversidade e ocorrência de acessos não tóxicos. Apesar de pertencerem a grupos de classificação distintos, os acessos PE e SP apresentaram crescimento e acúmulo de biomassa semelhante e superiores aos acessos MG e MS. O maior acúmulo de biomassa e crescimento vegetativo dos acessos PE e SP em relação aos acessos MG e MS em função de variabilidade genética, condição ambiente específica e/ou



qualidade da semente tornam os primeiros acessos promissores e ligeiramente mais capazes de adaptarem-se às condições de campo. Trabalhos posteriores serão necessários para identificar se a variação no crescimento e desenvolvimento dos acessos é genotípica ou fenotípica.

Conclusões

As mudas oriundas dos acessos PE e SP são mais vigorosas que as resultantes dos acessos MG e MS e, portanto, promissores para a utilização em programas de melhoramento genético.

Agradecimentos

UFV, CAPES, CNPq, FAPEMIG e UEG.

Referências

ADAMS, M. W. An estimation of homogeneity in crop plants, with special reference to genetic vulnerability in the dry bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Euphytica**, v.26, n.3, p.665-79, 1997.

ALBUQUERQUE, F. A.; CASTRO, N. H. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; S. L.; FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R. Análise de crescimento inicial do *Jatropha curcas* em condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, n.3, p.99-106, 2009.

ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIEBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.83-92, 2010.

ANP (2011) Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/id=472>> Acesso em: 22 de março de 2011.

BASHA, S.D.; FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SUJATHA, M. A. comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. **Plant Science**, v.176, p.812-823, 2009.

BELTRÃO, N. E. M. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações

tecnológicas para esta planta nas condições Brasileiras. Campina Grande: **EMBRAPA**, p.1-4, 2006

DIAS, L. A. S.; MULLER, M.; FREIRE, E. Potencial do uso de oleaginosas arbóreas em sistemas silvipastoris. In: Fernandes, E.M.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; MULLER, M.D.; ARCURI, P.B.; CARNEIRO, J.C. (Org.) Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, p.283-314,2008.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI, 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. 1 ed. Viçosa: **LAS Dias**, p.40, 2007.

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

JOSHI, P.; VASHI, P.S. Mahalanobis generalized distance and genetic diversity in sorghum. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.52, p.85-93, 1992.

KATIYAR, R.P.; SHING, S.P. Genetic diversity in Chickpea. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding** v.30 n.2, p.354-358, 1979.

KAUSHIK, N.; KUMAR, K.; KUMAR, S.; KAUSHIK, N.; ROYB, S. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha (Jatropha curcas* L.) accessions. **Biomass and Bioenergy**, v.31, p.497-502, 2007.

MAES, W. H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; MUYS, B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.1481-1485, 2009.

MATOS, F. S.; MOREIRA, C. V.; MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. S. Caracterização fisiológica de mudas de *Jatropha curcas* L. produzidas em diferentes níveis de irradiância. **Revista Colombiana De Ciências Hortícolas** - v.3, n.1, p. 126-134, 2009.



Revista Agrarian

ISSN: 1984-2538

- MURTY, B.R.; ARUNACHALAM, V. The nature of divergence in relation to breeding system in some crop plant. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.26, n.2, p.188-98, 1996.
- RAMALHO, M. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4 ed., Ed. UFLA, Lavras, p.464, 2008.
- 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.
- SUN, Q. B.; LI, L. F.; LI, Y.; WU, G. J.; GE, X. J. SSR and AFLP markers reveal low genetic diversity in the biofuel plant *Jatropha curcas* in China. **Crop Science**, v.48, p.1865-1871, 2008.
- TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; BOWE, C.; AERTS, R.; ORSHOVEN, J. V.; NORRGROVE, L.; MUYS, B. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. **Global Change Biology Bioenergy**, v.2, p.139-151, 2010.