

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA CARACTERES DE  
CRESCIMENTO EM PROGENIÊS DE PINHÃO MANSO *Jatropha curcas***

**KAIRO HENRIQUE PEREIRA FERNANDES**

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP  
(Novembro – 2010)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA CARACTERES DE  
CRESCIMENTO EM PROGENIÊS DE PINHÃO MANSO *Jatropha curcas***

**KAIRO HENRIQUE PEREIRA FERNANDES**

**Engenheiro Florestal**

**Orientador: Prof. Dr. EDSON SEIZO MORI**

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP  
(Novembro – 2010)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F363v      Fernandes, Kairo Henrique Pereira, 1985-  
Variabilidade genética para caracteres e crescimento em progênies de pinhão manso *Jatropha curcas* / Kairo Henrique Pereira Fernandes. - Botucatu : [s.n.], 2010.  
ix, 37 f. : gráfs. color, tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010

Orientador: Edson Seizo Mori  
Inclui bibliografia.

1. *Jatropha curcas*. 2. Parâmetro genético. 3. Pinhão manso. 4. Planta perene. 5. Teste de progênies. I. Mori, Edson Seizo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

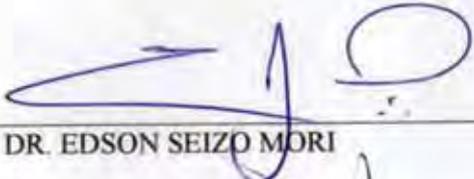
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: VARIABILIDADE GENÉTICA PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO  
EM PROGÊNIES DE PINHÃO MANSO *Jatropha curcas*

ALUNO: KAIRO HENRIQUE PEREIRA FERNANDES

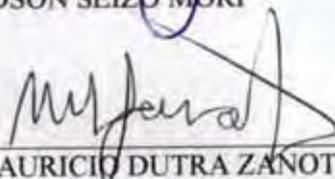
ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

Aprovado pela Comissão Examinadora



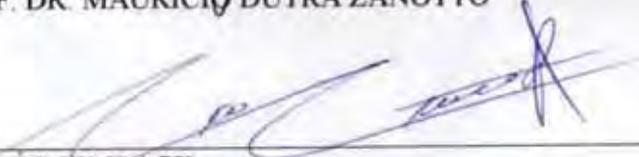
---

PROF. DR. EDSON SEIZO MORI



---

PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



---

DR. LEO ZIMBACK

Data da Realização: 03 de novembro de 2010.

Aos meus queridos pais

Ronério Antônio Fernandes

Maria Aparecida Pereira Fernandes

pelo amor, incentivo e confiança.

**DEDICO**

Aos meus irmãos

Sabrina Pereira Fernandes e

Michel Pereira Fernandes

pela amizade e carinho

**OFEREÇO**

## **AGRADEÇO**

À DEUS, por abençoar sempre o meu caminho,

Ao Prof. Dr. Edson Seizo Mori por sua orientação, estímulo e amizade;

À Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de bolsa de estudos durante o curso de pós-graduação;

Aos professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp/Campus de Botucatu pela colaboração e incentivo, em especial a Selma e Taynan;

Aos funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel, em especial Nilton e Pascoto, pela cordialidade, atenção e colaboração durante a montagem e condução dos experimentos;

À Heloisa Mattana Saturnino e a Epamig pela doação do material genético;

Aos amigos Sussa (Cléber) e Meio Kg (Maria Cláudia) pela ajuda, companheirismo e amizade;

Aos amigos Kartilagem (Marcelo), Molejo (Vitor) e Paierim (Rodolfo) pela dedicação e colaboração na realização deste trabalho;

Aos amigos Zé Butina (Leonardo); Sorriso (Thalita); Minero (Thiago), Taboa (Ana Maria), Edwin, Neide, Cantarera (Leonardo), Pan (Ana Flavia), Doug (Jonas), Peiteira (Renata) e Inhoc's (Lidiane) pela amizade;

A minha família, que tanto amo, por todo amor e carinho recebido;

A todos que contribuíram para realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos;

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Aspectos gerais da espécie.....	3
2.1.1. Classificação e características botânicas.....	3
2.1.2. Origem e ocorrência.....	4
2.1.3. Utilizações e importância econômica.....	5
2.2. Teste de progênies.....	7
2.3. Estimativa de parâmetros genéticos.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Caracteres de crescimento.....	15
4.2. Estimativas dos parâmetros genéticos.....	22
5 CONCLUSÕES.....	29
6 REFERÊNCIAS .....	30

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Esquema da estrutura da análise de variância individual. ....	14
<b>Tabela 2.</b> Médias e amplitudes de variação das progênes de pinhão manso e médias das testemunhas para a característica altura de plantas (cm). ....	15
<b>Tabela 3.</b> Médias e amplitudes de variação das progênes de pinhão manso e médias das testemunhas para a característica diâmetro do colo (cm). ....	17
<b>Tabela 4.</b> Análise de variância para altura em famílias de meios-irmãos de <i>Jatropha curcas</i> . ....	23
<b>Tabela 5.</b> Análise de variância para diâmetro em famílias de meios-irmãos de <i>Jatropha curcas</i> . ....	23
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância para numero de ramos em famílias de meios-irmãos de <i>Jatropha curcas</i> ....	23
<b>Tabela 7.</b> Estimativas de parâmetros genéticos para características altura, em progênes de <i>Jatropha curcas</i> em 4 épocas. ....	25
<b>Tabela 8.</b> Estimativas de parâmetros genéticos para características diâmetro, em progênes de <i>Jatropha curcas</i> em 4 épocas. ....	26
<b>Tabela 9.</b> Estimativas de parâmetros genéticos para características nº de ramos, em progênes de <i>Jatropha curcas</i> aos 24 meses. ....	27

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<p><b>Figura 1.</b> Panorama com a média das alturas das 28 progênes nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Em destaque as duas testemunhas (■) para efeitos de comparação com as médias das famílias. ....</p>	16
<p><b>Figura 2.</b> Panorama com a média do diâmetro das 28 progênes nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Em destaque as duas testemunhas (■) para efeitos de comparação com as médias das famílias. ....</p>	18
<p><b>Figura 3.</b> Comportamento da altura das plantas nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Visualização da tendência uniforme de crescimento das progênes. Nas diferentes idades as progênes mantêm uma uniformidade do crescimento em altura. ....</p>	19
<p><b>Figura 4.</b> Comportamento do diâmetro das plantas nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Visualização da tendência uniforme de crescimento das progênes. Nas diferentes idades as progênes mantêm uma uniformidade do crescimento em diâmetro. ....</p>	20
<p><b>Figura 5.</b> Média da quantidade de ramos por progênie de pinhão manso. Destaque das testemunhas (■) para fins de comparação. ....</p>	21

## RESUMO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie perene com grande potencial para produção de biodiesel, pois apresenta rápido crescimento e de fácil cultivo e com capacidade de adaptação às diversas condições edafoclimáticas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de teste de progênies, a variabilidade genética de progênies de pinhão manso para as características de crescimento: altura, diâmetro do colo e número de ramos. Foi implantado um teste de progênies na Fazenda São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu. O espaçamento utilizado foi de 4,0 x 2,5 m, em blocos casualizados. Foram analisadas altura, diâmetro da base e número de ramos das plantas de 28 progênies, procedentes principalmente da EPAMIG, e obtidas as estimativas de parâmetros genéticos. As médias de altura e diâmetro foram aos seis meses de 52,38 e 2,91, aos 12 meses 68,87 e 3,98, aos 18 meses 82,31 e 4,23 e aos 24 meses 108,78 e 5,04, respectivamente. Detectou-se diferença estatística pelo Teste F, em nível de 5% de probabilidade, indicando haver variabilidade entre as progênies. As estimativas dos coeficientes de variação genética individual ( $CV_{gi}$ ) e coeficiente de variação genética de progênies ( $CV_{gp}$ ) aos 24 meses foram de 26,7 e 13,4% para altura; 15,1 e 7,5% para diâmetro e 21,2 e 10,6% para número de ramos, respectivamente. As estimativas de herdabilidade média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) aos 24 meses foi de 0,36 para altura; 0,35 e para diâmetro e 0,42 para número de ramos, respectivamente. Os resultados obtidos indicam que as progênies de pinhão manso apresentam variabilidade genética para os caracteres avaliados, mostrando potencial para serem utilizadas em programas de melhoramento genético.

**Palavras chave:** teste de progênies, parâmetros genético, planta perene.

**GENETIC VARIABILITY FOR GROWTH TRAITS IN PROGENIES OF JATROPHA CURCAS.** Botucatu, 2010. 39p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author:** KAIRO HENRIQUE PEREIRA FERNANDES

**Adviser:** EDSON SEIZO MORI

### **ABSTRACT**

The jatropha (*Jatropha curcas* L.) is a perennial species with a great potential for biodiesel production, as it offers rapid growth, moreover it is easy to be cultivated and it has a high capacity of adaptability to various soil and climatic conditions. The objective of this research is to evaluate, by progeny test, the genetic variability for the following characteristics of jatropha's progenies; growth, height diameter and number of branches. It has been implanted a progeny test, at São Manoel's farm, located in São Manoel - São Paulo, belonging to the Faculdade de Ciências Agrômicas, UNESP, Botucatu. The experimental design was random blocs 4,0 x 2,5 m. The project analyzed height, diameter, number of branches of 28 progenies of plants, coming mainly from EPAMIG, and as a result the project obtained estimates of genetic parameters. The average height and diameter in the first six months were 52.38 and 2.91, at twelfth month were 68,87 and 3,98, at eighteenth month were 82,21 and 4,23 and at twenty-fourth month were 108,78 and 5,04. Statistical difference was detected by a F test at 5% level of probability, it indicates variability among the progenies. The coefficient estimates of individual genetic variation and genetic variation of progenies at twenty-fourth months were 26.7 and 13.4% for height, 15,1 and 7,5% for diameter 21.2 and 10.6% for number of branches, respectively. Estimates of heritability at twenty-fourth months were 0.36 for height, 0.35 for diameter and 0.42 for number of branches, respectively. The results obtained indicate that the progenies of jatropha present genetic variability for traits showing potential to be used in breeding programs.

**Key words:** progeny test, genetic parameters, perennial plants.

## 1. INTRODUÇÃO

Depois de provocar uma verdadeira revolução energética, ao construir uma cadeia em torno da conversão de cana-de-açúcar em etanol, o Brasil tem a chance de repetir o mesmo com o biodiesel. Este novo combustível renovável, a começar pelos méritos ambientais, é produto alternativo ao petróleo e ajuda a reduzir o aquecimento global, diminuindo os bilhões de toneladas de gás carbônico lançados na atmosfera diariamente (NUNES, 2007).

Nesta corrida pela substituição dos derivados de petróleo devido à dimensão continental do Brasil e da sua diversidade de espécies, clima e solo estima-se que existam mais de 200 espécies oleaginosas com potencial produtivo de óleo para matéria prima do biodiesel. Dentre elas, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é um destaque no setor (BELTRÃO; CARTAXO, 2006).

*Jatropha curcas* pertence à família Euphorbiaceae, apresenta rápido crescimento e consegue se adaptar a condições edafoclimáticas diversas, inclusive às semi-áridas (BRASIL, 1985). Estima-se que ele produz por aproximadamente 35 anos duas toneladas de óleo por hectare e o mesmo encontra-se dentro das novas especificações para produção de biodiesel da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biodiesel (WHITE, 2007).

Uma das principais vantagens sobre as oleaginosas anuais é que o pinhão manso é perene. Plantas perenes diluem o custo de implantação da cultura ao longo dos anos. Apresenta boa conservação da semente colhida podendo ser armazenada por longos períodos sem os inconvenientes da deterioração do óleo (PURCINO; DRUMOND, 1986).

Entretanto, há uma grande apreensão dos técnicos que vêm trabalhando com pinhão manso no Brasil, pois é uma cultura sobre a qual o conhecimento técnico é extremamente limitado. Assim, características como plantios desuniformes, falta de sistema de produção minimamente validado, associados à falta de um programa de melhoramento genético bem estabelecido, têm sido apontados como um dos principais fatores que limitam sua expansão (EMBRAPA, 2007).

Sendo assim, o cultivo do pinhão manso depende de sua domesticação, a fim de obter maior produtividade e homogeneização na produção (SATURNINO et al, 2006). Uma das formas de contribuir para a sua domesticação é o desenvolvimento de novas tecnologias, que visem aperfeiçoar seu manejo, como, por exemplo, a obtenção de mudas selecionadas de matrizes superiores.

Para isso, além de conhecer a fundo a espécie com a qual está trabalhando o melhorista deve fazer uso de estratégias que possibilitem a obtenção de resultados satisfatórios. Os testes de progênies, instrumentos importantes para o trabalho do melhorista, tem sido usado na estimação de parâmetros genéticos e seleção de indivíduos, quando se procura avaliar a magnitude e a natureza da variância genética disponível com vistas a quantificar e maximizar os ganhos genéticos, utilizando procedimentos de seleção adequados (COSTA et al.,2008; CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Em função do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de teste de progênies, a variabilidade genética de progênies de meios irmãos de *Jatropha curcas* para as características de crescimento visando sua caracterização e subsídio ao processo de seleção para vigor e arquitetura de copa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos gerais da espécie

#### 2.1.1. Classificação e características botânicas

Descrito por Carl Linnaeus em 1753, o pinhão manso pertence ao Reino Plantae, Divisão Embryophyta, Classe Spermatoporida, Ordem Malpighiales, Família Euphorbiaceae, Gênero *Jatropha* e Espécie *Jatropha curcas* (BIODIESELBR, 2010).

Essa espécie é conhecida popularmente, também, como pinhão da índia, pinhão de purga, pinhão de cerca, pinhão dos barbados, pinhão branco, pinhão paraguaio, pinhão bravo, purgante de cavalo, figo do inferno, mandobi guaçu, medicineira, pinhão croá, purgueira ou, simplesmente purga (TOMINAGA et al, 2007); e é amplamente distribuída em áreas tropicais e subtropicais, sendo uma espécie perene e monóica (SUJATHA et al., 2008).

*J. curcas* é um arbusto grande, de crescimento rápido, caducifólio, que pode atingir mais de 5m de altura. As folhas são decíduas, alternadas e subopostas, filotaxia em espiral, sendo que cada folha dista 105° da próxima. Os pecíolos são longos e esverdeados, dos quais partem as nervuras divergentes, e no final da época seca ou durante a estação fria, as folhas caem, em parte ou totalmente (SATURNINO et al, 2006).

O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm e possui poucas ramificações. O caule é liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente. Apresenta raízes curtas e pouco ramificadas. O floema é formado por longos canais que se estendem até as

raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que ocorre em abundância em qualquer ferimento da planta.

A espécie é monóica e as flores são pequenas, de cor amarelo-esverdeadas. Os frutos são do tipo cápsula ovóide (com 1,5 a 3,0 cm de diâmetro), trilocular, contendo, via de regra, três sementes escuras e lisas, sendo uma semente por lóculo. As sementes do pinhão manso pesam de 0,48 a 0,72 g (BRASIL, 1985) e têm de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura, apresentando um teor de óleo que varia entre 33 e 38 % e representam entre 53 e 79 % do peso do fruto (SATURNINO et al., 2006; DIAS et al., 2007).

O gênero *Jatropha* apresenta polinização entomófila (SATURNINO et al., 2006), o que aumenta a probabilidade de ocorrência de variabilidade genética dentro das espécies.

### **2.1.2. Origem e ocorrência**

A família Euphorbiaceae, com cerca de 320 gêneros e 8.000 espécies, distribui-se principalmente nos trópicos e subtropicais (SUJATHA; DHINGRA, 1993).

De acordo com a “Society for Rural Initiatives for Promotion of Herbals” o pinhão manso é uma espécie originária da América Central, com relatos de mais de 70 milhões de anos atrás (CUNHA, 2009). Beltrão (2005) coloca também que a espécie é originária da América Central, mas vegeta espontaneamente em diversas regiões da América do Sul.

Peixoto (1973) julga que o pinhão manso seja oriundo da América do Sul ou ainda das Antilhas, e que foi introduzido em 1783, nas Ilhas do Arquipélago de Cabo Verde, alcançando depois a África e a Índia, e posteriormente disseminada por todas as regiões tropicais e temperadas e, em menor proporção, nas regiões frias.

Entretanto, Heller (1996) alega que o pinhão manso é originado do México e América Central, mas que foi disseminado para os outros países latino-americanos, africanos e asiáticos por ser usado como cerca viva. Afirma que o pinhão manso foi um importante produto de exportação na Ilhas de Cabo Verde durante a primeira metade do século passado. Porém, este mesmo autor relata que as informações sobre o país de sua origem ainda não são totalmente claras, visto que vários trabalhos relatam origens diferentes da espécie e que apesar de diversos cientistas terem tentado definir a origem do *J. curcas* L., a sua fonte continua bastante controversa.

Arruda et al (2004) afirmaram ainda que o pinhão-manso é uma espécie possivelmente nativa do Brasil. O fato é que o pinhão manso é encontrado em quase todas as regiões intertropicais, estendendo sua ocorrência da América Central Índia, Filipinas, e Timor, até mesmo as zonas temperadas (EPAMIG, 2008). Segundo este mesmo autor, a espécie ocorre praticamente em todas as regiões do Brasil, sempre de forma dispersa e adaptando-se à condições edafoclimáticas variadas, sendo encontrada desde o Maranhão até o Paraná, propagando-se com mais facilidade nos estados do Nordeste, assim como em Goiás e Minas Gerais. Povoam áreas de solos arenosos e pouco férteis e encontra dificuldade em áreas com vegetação densa, pois não consegue competir com a mesma.

Apresenta crescimento mais rápido em regiões de clima quente (ARRUDA et al., 2004). Embora se adapte facilmente a variadas condições de clima e solo, não tolera fortes geadas, mas pode sobreviver a fracas, com queda de folhas e redução na produção de sementes (SATURNINO et al., 2006).

### **2.1.3. Utilizações e importância econômica**

Em uma revisão sobre bicompostíveis Höring (2008) relata que segundo Sluzz; Machado (2006) para a produção de bicompostíveis devem-se levar em consideração aspectos industriais, econômicos, ambientais e sociais; sendo importante o aproveitamento das potencialidades e características específicas de cada região brasileira para produção de combustível alternativo. São várias as motivações para a produção e uso de biodiesel. Os benefícios ambientais e sociais podem ser citados como os mais importantes. (AMORIM, 2005;).

O biodiesel é definido com um éster de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com álcool de cadeia curta (metanol ou etanol). A transesterificação consiste na reação química do óleo vegetal com um álcool, na presença de um catalisador ácido ou básico. Como resultado obtém-se o éster (biodiesel) e a glicerina (BIODIESEL TECNOLOGIA, 2010; TAPANES et al., 2009).

As perspectivas favoráveis da implantação racional da cultura do pinhão manso decorrem não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das mensagens anunciadas, mas, sobretudo porque ele é uma planta perene e os custos

de implantação são diluídos com o passar dos anos, o que não acontecem com as plantas anuais que todos os anos apresentam gastos com a implantação.

Quando plantado no princípio da estação chuvosa, o pinhão-manso inicia a produção de frutos no primeiro ano de cultivo, atingindo seu clímax produtivo a partir do quarto ano, com capacidade produtiva potencial por mais de 35 anos. A planta produz em média 0,1; 0,5; 2,0 e 4,0 kg de semente por planta no primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de cultivo, respectivamente (TOMINAGA et al., 2007).

De acordo com este mesmo autor, dependendo do espaçamento, a produtividade pode passar dos 6.000 kg por hectare de sementes. Com essa produtividade, é possível produzir mais de 2.000 kg por hectare de óleo. Acredita-se que com o melhoramento genético e aprimoramento do sistema de produção, o pinhão-manso possa produzir acima de 4.000 kg por hectare de óleo.

Com o incentivo criado pelo governo Federal Brasileiro a partir do Programa de Biodiesel, o plantio de áreas com essa espécie vem crescendo, tanto por pequenos agricultores como por grandes empresas agrícolas. Deve-se a isso, principalmente, as vantagens que o pinhão-manso apresenta em relação à mamona (oleaginosa indicada pelo governo como primeira escolha para projetos relacionados à agricultura familiar), entre elas a menor exigência hídrica e nutricional e por ser uma espécie perene (TEIXEIRA, 2005).

Em 1939, o óleo de pinhão manso era utilizado principalmente na produção de sabão e de estearina. Era, também, utilizado na indústria de fiação de lã, de tinta para escrever, tinta de impressão e tintas para pintura. Era utilizado como óleo de lustrar e quando cozido e misturado com óxido de ferro era utilizado para envernizar móveis (PENIDO FILHO; VILLANO, 1984).

Além de produzir óleo, o pinhão manso também pode ser utilizado para outros fins. Na medicina doméstica, o látex da planta pode ser utilizado como cicatrizante e purgante. As raízes são consideradas diuréticas pela medicina popular. As sementes são utilizadas como purgativo e podem ser perigosas e fatal se ingeridas em excesso (PEIXOTO, 1973).

Seu plantio é tradicionalmente utilizado como cerca viva para pastos no norte de Minas Gerais, com a vantagem de não ocupar áreas importantes para outras culturas e pastagens (PURCINO e DRUMMOND, 1986).

## 2.2. Teste de progênies

Os testes de progênies, instrumentos muito importantes para o melhoramento de plantas, têm sido usado na estimação dos parâmetros genéticos e seleção de indivíduos, quando se busca avaliar a magnitude e a natureza da variância genética disponível, com vista a quantificar os ganhos e predizer os melhores genótipos (KRAS *et al.*, 2007).

A avaliação das progênies permite estimar os parâmetros fenotípicos e genéticos, predizer os valores genéticos em cruzamentos, as relações entre os caracteres, bem como, avaliar a eficiência dos métodos de seleção e estimar os progressos genéticos pela seleção (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2002).

A utilização de técnicas usuais de genética quantitativa no delineamento de métodos de seleção e estratégias de melhoramento genético depende da instalação e avaliação de testes de progênies (RESENDE *et al.*, 1996). A maioria dos testes de progênies é instalada em delineamentos estatísticos (blocos casualizados ou látice), utilizando-se progênies de meios irmãos, devido aos aspectos práticos que esse tipo de experimentação apresenta (KAGEYAMA, 1980).

Estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos a partir dos testes de progênies têm sido utilizadas como subsídio na definição de estratégias de melhoramento mais adequadas para melhor conhecerem o potencial genético de indivíduos, famílias e clones, entre outros, a serem selecionados e, ou, recombinados para um novo ciclo de seleção. (RESENDE, 1991).

Talvez essa seja uma das mais significativas contribuições da genética quantitativa para o melhoramento genético de plantas: a possibilidade de estimar os componentes de variação genética, fornecendo subsídios para a tomada de decisões durante o planejamento e condução de programas de melhoramento. (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1998).

As estratégias de melhoramento são baseadas em estimativas de parâmetros genéticos populacionais que permitem inferir sobre o controle genético dos caracteres, a comparação entre métodos de seleção e a estimação do progresso genético esperado com a seleção. No caso de plantas perenes, a obtenção destas estimativas é ainda mais importante do que em plantas anuais, porque, devido ao longo ciclo dessas espécies, a decisão dos melhoristas deve ser a mais acertada possível. Por isso, é necessário que os experimentos de campo sejam bem delineados e bem conduzidos, a fim de se obter estimativas confiáveis (BISON, 2004).

De acordo com Falconer (1987), testes de progênies consistem na avaliação de um determinado indivíduo por meio do desempenho de seus descendentes. Estes testes de progênies, quando realizados para espécies vegetais perenes, possibilitam a comparação dos progenitores em suas várias gerações, sem que se percam as árvores matrizes e, assim, selecionar aquelas superiores e promover a sua recombinação (OLIVEIRA, 1998).

Namkoong et al. (1966) propõe a utilização de um pomar de sementes por mudas a partir da seleção dos melhores indivíduos das melhores famílias nos ensaios dos testes de progênies, não sendo necessário retornar às árvores matrizes, que originaram as progênies. Este autor destaca ainda que a maior contribuição dos testes de progênies seria a determinação do valor genotípico dos melhores indivíduos, dando continuidade ao processo por meio da seleção recorrente.

A variabilidade genética pode ser quantificada com base em diferentes métodos que possibilitam a obtenção de diferentes parâmetros para realizar a sua caracterização. As características quantitativas, frequentemente, são utilizadas como bons indicadores para a determinação da variação entre e dentro de procedências. Esses marcadores podem ser utilizados porque os indivíduos diferem fenotipicamente entre si, mesmo quando comparados dentro de progênies (SOBIERAJSKI et al., 2006; CORNACCHIA, 1994).

É importante destacar que para se obter sucesso nos programas de melhoramento, seja ele referente a qualquer caráter, deve ocorrer, obrigatoriamente, variação na população onde se pratica a seleção, de modo que apareçam diferenças significativas entre os indivíduos envolvidos. Ao se planejar um programa de melhoramento genético, o primeiro problema que surge para o melhorista é o conhecimento da variabilidade existente na população a ser melhorada. Essa é a condição básica para a condução do programa, tendo em vista que a variação existente nos caracteres avaliados constitui a matéria-prima de seu trabalho (BORGES, 1980). As técnicas de seleção devem ser direcionadas para o desenvolvimento de genótipos superiores, porém sem a total exaustão da variabilidade genética. Essa variabilidade é indispensável ao melhorista, estando entre os principais fatores que favorecerão a obtenção dos ganhos genéticos (CRUZ, 2005).

Muitos programas de melhoramento genético têm apresentado, de modo geral, grande variabilidade genética, evidenciando a grande possibilidade de ganhos desses materiais

(PAULA et al., 2002). As evidências de ganhos são mais expressivas quando se manipulam materiais genéticos que ainda se encontra em estágio silvestre (PIRES, 1996).

De acordo com Moraes (1987), o desdobramento da variação total e a estimativa dos seus componentes possibilitam ao melhorista o conhecimento da estrutura genética do material em estudo.

### **2.3. Estimativa de Parâmetros Genéticos**

Souza (2010) relata que o conhecimento dos componentes da variabilidade fenotípica, resultado da ação conjunta dos efeitos genéticos e do ambiente, é de grande importância para a escolha dos métodos de melhoramento, dos locais para a condução dos experimentos, do número de repetições e para a predição dos ganhos com seleção. Os efeitos ambientais mascaram o mérito genético dos indivíduos, assim, quanto maior a proporção da variabilidade decorrente dos efeitos de ambiente em relação à variabilidade total, maior esforço deverá ser despendido na seleção dos genótipos superiores (BORÉM, 1998).

O conhecimento de parâmetros genéticos é de grande importância para o melhorista, uma vez que orienta a escolha do método de melhoramento mais adequado à cultura, maximizando ganhos com seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; CRUZ; REGAZZI, 2001). O principal uso das estimativas de parâmetros genéticos, além do tradicional como subsídio para o planejamento de eficientes estratégias de melhoramento, está na própria predição de valores genéticos (RESENDE et al., 2001).

A variabilidade fenotípica pode ser conhecida por meio das estimativas de herdabilidade, dos coeficientes de correlação fenotípicas, genotípicas e ambiental, das variâncias genotípicas e fenotípicas, entre outros parâmetros genéticos, que refletem a natureza do material genético e a ação do ambiente, permitindo assim, a predição dos ganhos decorrentes da seleção e a definição das estratégias de melhoramento que devem ser adotadas (ROSSMANN, 2001).

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos auxiliam os melhoristas na tomada de decisão a respeito do método de melhoramento a ser empregado e como melhorar sua eficiência. Essas estimativas podem ser obtidas utilizando-se componentes de médias e ou variâncias. O emprego da variância é preferido, uma vez que o uso de médias pode conduzir a conclusões errôneas, já que neste caso, se os alelos dominantes atuarem em sentidos opostos

em dois locos quaisquer, o efeito final é nulo. Quando se utiliza a variância, os efeitos de cada loco são elevados ao quadrado, não havendo possibilidade de eles se anularem, como no caso de uso de médias, apesar de possuir um maior erro associado à sua estimativa. A variância permite, ainda, que sejam estimadas a herdabilidade e o ganho esperado com a seleção (RAMALHO et al., 1993).

As estimativas das variâncias genéticas são realizadas, em grande parte, utilizando-se progênes de meios-irmãos, de onde estimam-se a variância genética aditiva, a herdabilidade e o ganho por seleção (CARVALHO et al., 2003).

O conceito de herdabilidade, introduzido para separar as diferenças genéticas e não-genéticas entre indivíduos é de fundamental importância para a estimação dos ganhos genéticos e para a escolha do método de seleção a serem aplicados (REIS, 2000).

A herdabilidade constitui-se em um caráter de grande importância para o melhorista, pela estimação da porção herdável da variação fenotípica, deste modo o sucesso no melhoramento de qualquer caráter requer, obrigatoriamente, que ele seja herdável e que exista variação na população onde se pratica a seleção (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Apenas o valor fenotípico de um indivíduo pode ser mensurado, porém, é o valor genotípico que influenciará a próxima geração. Sendo assim, é importante o conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída a variação genética e este é medido pela herdabilidade (FALCONER; MACKAY, 1996).

Quanto menor o coeficiente de herdabilidade do caráter maior deverá ser a porcentagem de plantas a serem selecionadas numa população segregante, contrabalanceando o fato de ser difícil reconhecer as plantas superiores (FERREIRA, 2006).

É importante ressaltar que os componentes de variância e herdabilidade estimados somente se aplicam à população que lhes deu origem e às condições de ambientes estudadas, qualquer generalização, além desses limites pode resultar em erro (BORÉM, 2005).

Um outro parâmetro é o coeficiente de variação genética, que expressa o grau de variabilidade entre progênes e tem enorme importância, que indica a possibilidade de se obter progresso genético satisfatório com a seleção (SEGOVIA, 1979).

Segundo Vencovsky (1978), a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, representa uma informação a mais para o melhorista. Na experimentação com progênies de meios-irmãos, quando atinge o valor 1 ou mais, indica uma situação muito favorável para a seleção (FERREIRA, 2006).

O coeficiente de variação genético é outro parâmetro importante que permite inferir sobre a magnitude da variabilidade presente na população em diferentes caracteres, possibilitando comparar os níveis de variabilidade genética presentes nos diferentes genótipos, ambientes e caracteres (FERRÃO et al., 2008).

Outra medida de grande importância para o melhorista é a estimativa das correlações genéticas e fenotípicas entre características, por meio delas pode-se conhecer quanto uma característica pode influenciar na expressão de outras (BASSO, 2006).

Para o melhoramento genético, as correlações de natureza genética são mais importantes, principalmente quando os caracteres envolvidos possuem herança complexa, ou seja, governados por vários genes, cada gene com pequeno efeito no caráter e alta participação do ambiente. No estudo destes caracteres, a herdabilidade tem elevada importância, porque representa o efeito cumulativo de todos os locos que afetam determinado caráter. Sendo assim, a utilização da herdabilidade associada às correlações genéticas, pode auxiliar o melhorista a maximizar seus ganhos no processo de seleção de caracteres quantitativos (MARCHIORO et al., 2003).

A correlação fenotípica pode ser diretamente mensurada, a partir de dois caracteres, em certo número de indivíduos de uma população. Essa correlação tem causas genéticas e ambientais, porém, só a genética envolve uma associação de natureza herdável, podendo esta ser utilizada em programas de melhoramento. As correlações genéticas e ambientais para um mesmo caráter são freqüentemente muito diferentes em magnitude e eventualmente diferentes de sinal. Isto indica que as causas da variação genética e de ambiente afetam os caracteres por meio de mecanismos fisiológicos diferentes (FALCONER; MACKAY, 1996).

O conhecimento da correlação entre caracteres é de extrema importância para os programas de melhoramento genético de plantas, principalmente quando é desejável exercer seleção simultânea de caracteres, ou quando um caráter de interesse evidenciar reduzida herdabilidade, problemas de aferição e/ou identificação. Nesse caso, quando a seleção é aplicada sobre um caráter de expressiva herdabilidade e que apresenta alta correlação com

outro caráter de interesse, o melhorista poderá obter ganhos significativos usando exclusivamente a seleção direta sobre o caráter de alta herdabilidade (MARCHIORO et al., 2003).

Uma das grandes contribuições da genética quantitativa é, sem dúvida, a possibilidade de o melhorista estimar o ganho genético esperado com a seleção antes mesmo que seja realizada. É certo que tal estimativa nem sempre pode ser exata, pois os modelos em que se baseia, frequentemente não explicam a totalidade de fenômenos envolvidos. Mesmo assim, a estimação do ganho genético tem dado resultados satisfatórios, não muito discrepantes dos ganhos genéticos reais (FERREIRA, 2006).

O ganho genético para o melhorista tem grande importância, pois com os valores desse parâmetro o melhorista pode efetuar alterações no critério seletivo adotado, visando adequar a população selecionada aos objetivos do programa de melhoramento. Assim, a conexão entre o ganho e o diferencial de seleção expresso provém diretamente do significado de herdabilidade (RAMALHO et al., 1996).

Da maior importância é o fato de que as expressões do ganho genético esperado permitem comparar diferentes processos de seleção, o que dificilmente se pode fazer na prática. Assim, o melhorista tem condições de julgar, com base em critérios essencialmente objetivos e técnicos, que método deve ser mais eficiente nas condições de seu trabalho (FERREIRA, 2006).

Pelas expressões do ganho genético pode-se, ainda, saber quanta variação genética será explorada, aplicando-se certo processo de seleção, e esclarecer, com rapidez, certas situações como, por exemplo, saber o que é mais eficiente para testar as progênes S1 e recombinar as de meios-irmãos ou viceversa (FERREIRA, 2006).

O ganho na seleção é uma função apenas da porção genética da variabilidade total. A obtenção de informações a respeito dos parâmetros do complexo genótipo ambiente é, portanto, de grande importância para o melhorista. Nas espécies cultivadas, quanto mais precisas forem essas estimativas, melhores serão as previsões do melhoristas. Possibilitando assim, antever melhor o ganho esperado com a aplicação de diferentes tipos e intensidades de seleção (ALLARD, 1974).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes obtidas das progênies de *Jatropha curcas* L. utilizadas no experimento foram selecionadas fenotipicamente de plantios experimentais e comerciais da EPAMIG, no município de Janaúba, Minas Gerais, sob responsabilidade da pesquisadora Heloisa Mattana Saturnino; e de fazendas do município de Jales, São Paulo, assessoradas pela CATI. Estas sementes foram obtidas por meio de polinização aberta de matrizes.

Foi instalado um teste de progênie na Fazenda Experimental São Manoel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu.

O teste foi instalado em abril de 2008 com 28 progênies, sendo 25 da região de Minas Gerais, três da região de Jales e duas variedades comerciais utilizadas pela empresa BioCapital. O delineamento experimental utilizado neste teste foi o de blocos casualizados, com 28 tratamentos, três repetições e oito plantas por parcela, no espaçamento de 4,0 x 2,5 m.

A área de implantação do experimento foi esquadrejada, as linhas de plantios subsoladas e o plantio realizado em covas de aproximadamente 70 cm de profundidade e 40 cm de diâmetro. Os tratos culturais, adubação de plantio e cobertura e o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas de acordo com a necessidade.

Foram avaliados a altura, o diâmetro de colo e o nº de ramos das plantas (ramificações), características que permitiram acompanhar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

### Estimativa dos parâmetros genéticos

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros foram obtidas a partir dos dados de altura, diâmetro e número de ramos. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, em progênies de meios irmãos, e várias plantas por parcela.

### Análise de variância individual

A estrutura da análise de variância individual utilizada pelo programa computacional para obtenção das estimativas das variâncias, ao nível de média de parcelas, foi conforme a **Tabela 1**, para as análises do experimento em delineamento em blocos casualizados. O modelo matemático foi:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

**Tabela 1.** Esquema da estrutura da análise de variância individual.

Fator de Variação	G.L.	SQ	QM	E (QM)
Blocos	r - 1	SQb	SQ b / (r - 1)	-----
Progênies	t - 1	SQp	SQp / (t - 1)	$(1/n)\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$
Erro	(r-1) (t-1)	SQe	SQe / (r-1) (t-1)	$(1/n)\sigma_d^2 + \sigma_e^2$
TOTAL	(r t) - 1	SQ total	-----	-----
Dentro			$\sum$ variâncias / (r n) = $\sigma_d^2$	

Coma base nos valores das médias e das variâncias é possível obter estimativas de parâmetros genéticos úteis para a avaliação da potencialidade de populações para fins de melhoramento, bem como estabelecer estratégia eficazes de seleção (CRUZ, 2005).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados os resultados obtidos para as características das plantas: altura, diâmetro do colo e nº de ramos. Assim, apresentaremos os valores médios e amplitudes de variação das características avaliadas, valores referentes às análises individuais, e os resultados referentes aos parâmetros genéticos e a seguir as considerações finais.

### 4.1. Caracteres de crescimento

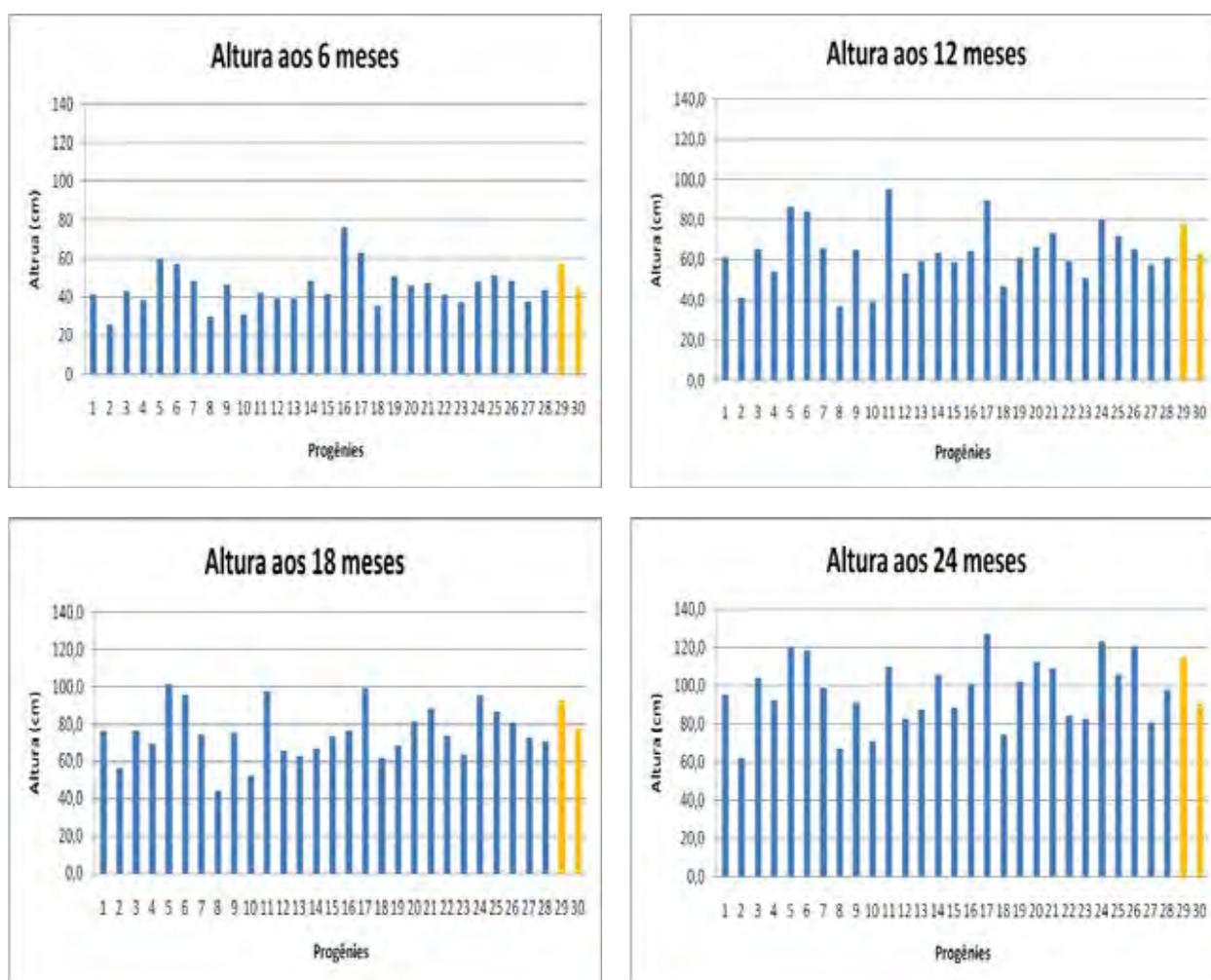
#### *Altura*

As médias e amplitudes de variação das progênies e médias das testemunhas para a característica altura de plantas (m) são apresentadas na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Médias e amplitudes de variação das progênies de pinhão manso e médias das testemunhas para a característica altura de plantas (cm).

Idade	Altura		
	Média (cm)	Amplitude (cm)	Testemunha (cm)
6 meses	52,38	25,60 – 76,10	50,89
12 meses	68,87	36,75 – 95,45	70,67
18 meses	82,31	44,40 – 101,35	85,67
24 meses	108,78	62,00 – 127,00	103,72

A **Figura 1** mostra a média das alturas (cm) das 28 famílias e duas testemunhas. Nota-se uma considerável diferença entre as médias de altura. Aos 24 meses a família que apresenta a maior média é a família 17 com 127 cm e a família que apresenta menor média é a família 2 com 62 cm. No entanto a maior planta em campo apresenta 205 cm e pertence à família 6 que apresenta uma boa média de alturas, 118,55 cm.



**Figura 1.** Panorama com a média das alturas das 28 progênes nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Em destaque as duas testemunhas (■) para efeitos de comparação com as médias das famílias.

A **Figura 3** mostra a tendência de crescimento e superioridade de algumas famílias em todas as idades avaliadas. As famílias 17, 11 e 5 por exemplo, apresentam o maior crescimento em altura em quase todas as idades. Já as famílias 18, 8 e 2 apresentam os menores crescimentos.

### ***Diâmetro***

As médias e amplitudes de variação das progênes e médias das testemunhas para a característica diâmetro do colo (cm) são apresentadas na Tabela 3.

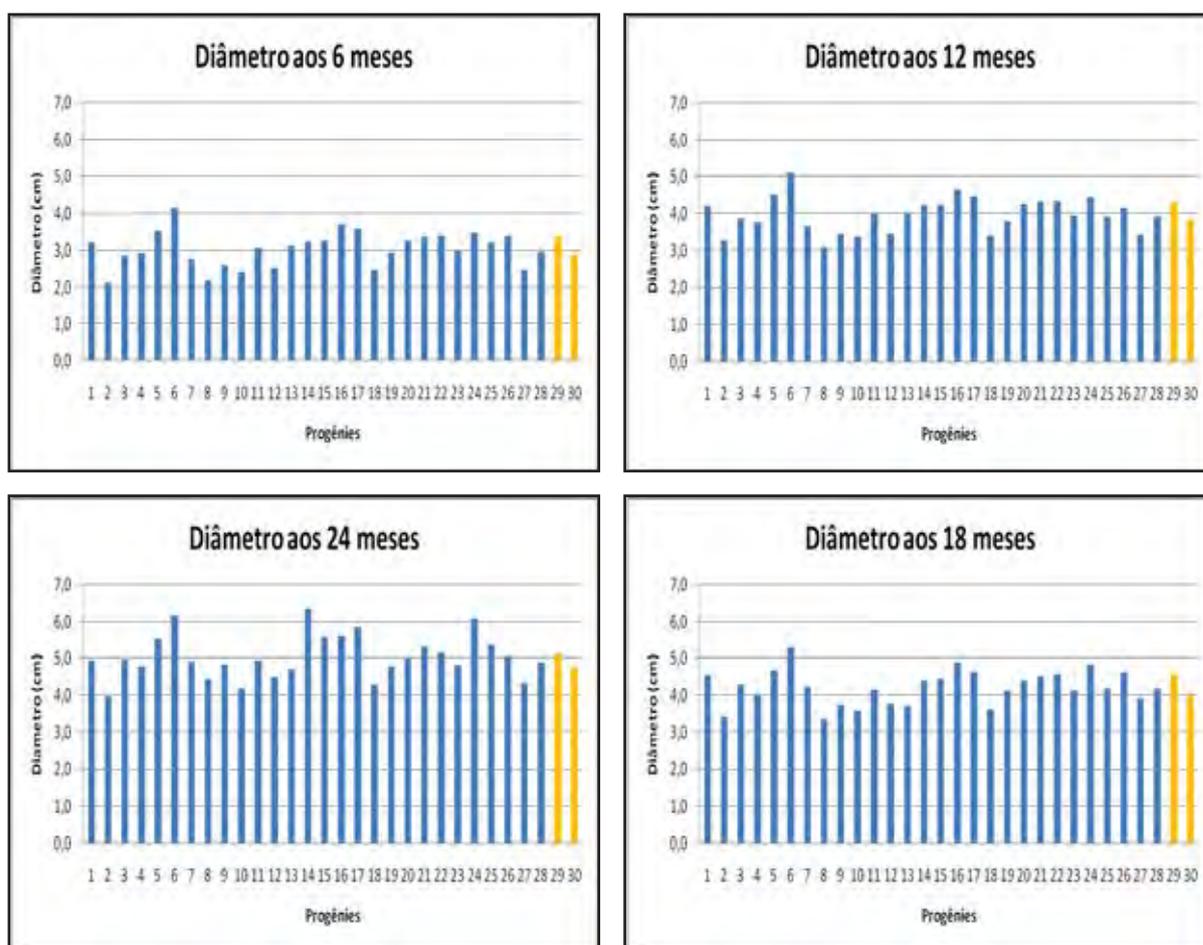
**Tabela 3.** Médias e amplitudes de variação das progênes de pinhão manso e médias das testemunhas para a característica diâmetro do colo (cm).

Idade	Diâmetro		
	Média (cm)	Amplitude (cm)	Testemunha (cm)
6 meses	2,91	2,10 – 4,40	2,95
12 meses	3,98	3,09 – 5,10	4,11
18 meses	4,23	3,36 – 5,30	4,29
24 meses	5,04	3,98 – 6,32	4,95

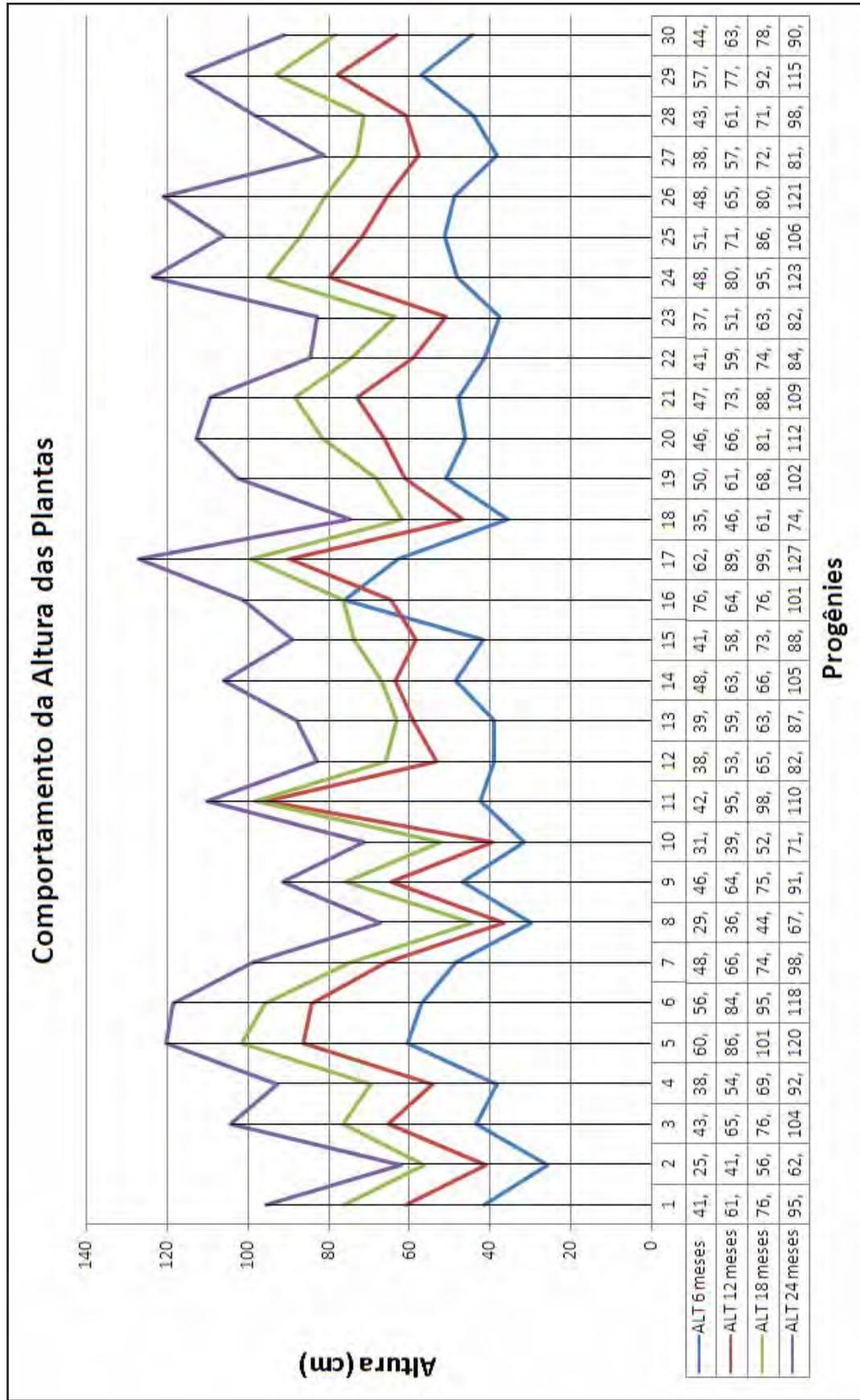
A **Figura 2** mostra a média do diâmetro (cm) das 28 famílias e duas testemunhas para a característica diâmetro do colo. Aos 24 meses a família que apresenta a maior média de diâmetro é a família 14 com 6,3 cm. As famílias que apresenta menor média são a 18 e 27, ambas com 4,3 cm.

A **Figura 4** mostra a tendência de um comportamento similar no que se refere a crescimento em diâmetro das famílias. Tanto diâmetro e altura mostram o mesmo comportamento. Isso pode vir a ser interessante para seleção precoce de características, visto que estas variável obedecem a certo comportamento comum.

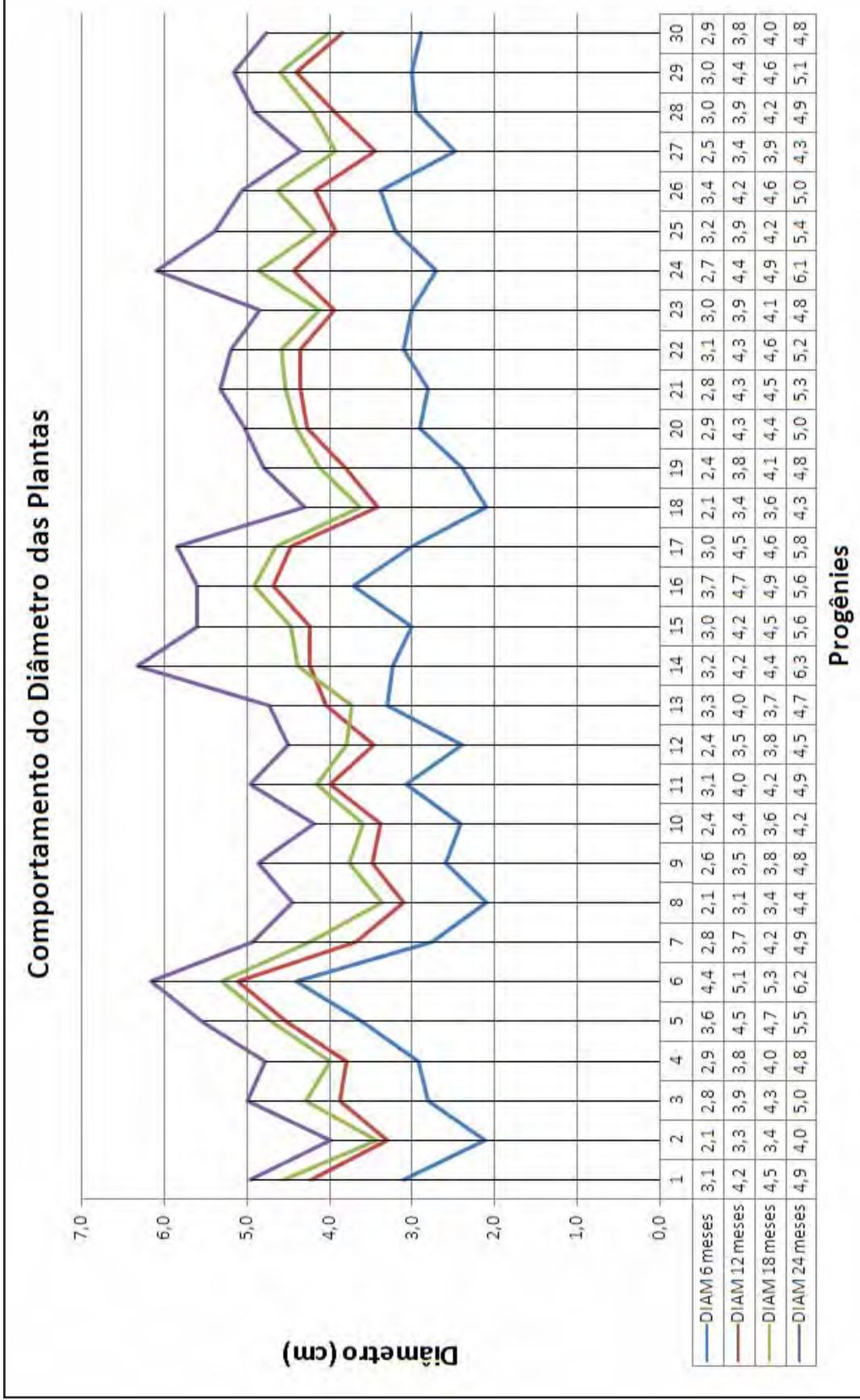
A importância da caracterização precoce dos acessos subsidiaria a distinção entre materiais e as principais características morfológicas a serem utilizadas no melhoramento deste cultivo.



**Figura 2.** Panorama com a média do diâmetro das 28 progênis nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Em destaque as duas testemunhas (■) para efeitos de comparação com as médias das famílias.



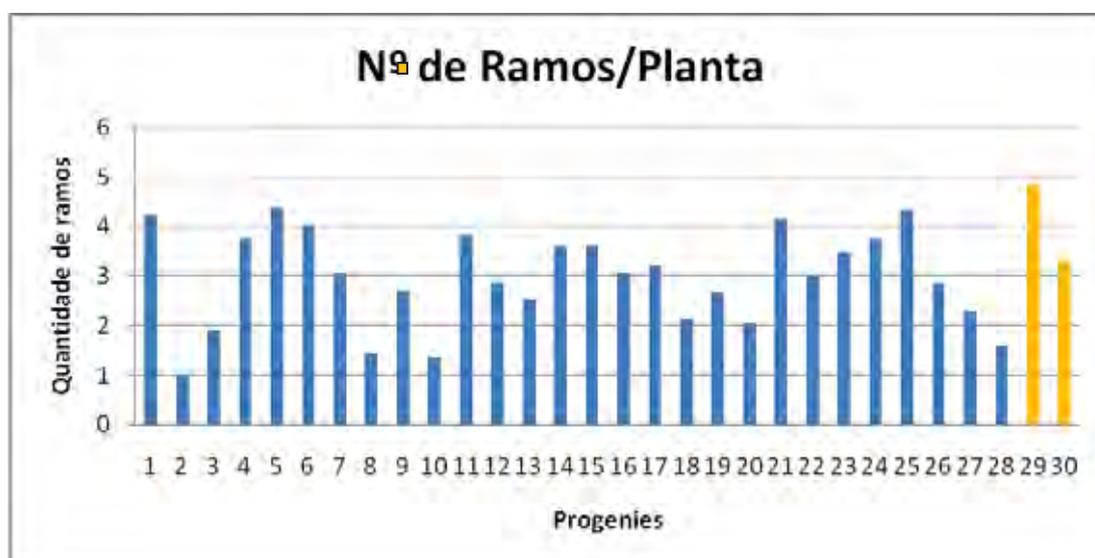
**Figura 3.** Comportamento da altura das plantas nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Visualização da tendência uniforme de crescimento das progenies. Nas diferentes idades as progenies mantêm uma uniformidade do crescimento em altura.



**Figura 4.** Comportamento do diâmetro das plantas nas idades de 6, 12, 18 e 24 meses. Visualização da tendência uniforme de crescimento das progenies. Nas diferentes idades as progenies mantêm uma uniformidade do crescimento em diâmetro.

### *Nº de Ramos*

A **Figura 5** mostra a média do nº de ramos das 28 famílias e duas testemunhas das progênes de pinhão manso. A média geral do nº de ramos no experimento é de 4,08. O número de ramos não apresentou grandes variações, mas é uma característica que vem sendo usada em pinhão manso, visto que o mesmo só floresce nas extremidades dos ramos. Sendo assim quanto mais ramos, maior será o número de flores por arbusto e conseqüentemente maior será sua produção.



**Figura 5.** Média da quantidade de ramos por progênie de pinhão manso. Destaque das testemunhas ( ) para fins de comparação.

Mello et. al (2007) testam por meio de caracteres morfológicos procedência de pinhão manso em Planaltina – DF. A média de altura de 2,20 m obtidas por eles aos 12 meses de idade nesse experimento evidencia a adaptação e/ou preferência da espécie por climas mais tropicais. Aos 12 meses de idade a altura média das famílias no experimento foi de 68,87 e a amplitude máxima de 95,45 cm, menos da metade dos valores encontrados por eles. Isso possibilita e evidencia a necessidade de testes em diversas condições edafoclimáticas, na busca de materiais que apresentam um melhor desenvolvimento em regiões de clima frio.

No entanto, Silva et al (2009) testando genótipos elite de pinhão manso no Rio Grande do Sul afirmaram que as condições ambientais do local permitem o bom desenvolvimento de genótipos de pinhão manso.

Spinelli et. al. (2009) encontraram valores médios de 1,64 m para altura, 7,45 para diâmetro e 18,09 o nº de nós por planta em Porto Velho / Rondônia. Heller (1996) em avaliação de plantio de dez a quinze meses observou médias de altura das plantas e de diâmetro do caule de 1,29 m e 7,47 cm respectivamente. Alguns autores observaram em plantio de dezoito e dezenove meses a altura da planta variando entre 1,61 m e 2,5 m, (AVELAR, et al. 2007, MELO, et al. 2007), o diâmetro médio do caule, segundo (MELO, et al. 2007) de 4,79 cm e o número de brotações segundo (AVELAR, et al. 2007) de 33. Entretanto, provavelmente estes valores são encontrados em regiões de clima quente e com abundância de água.

#### **4.2. Estimativas dos parâmetros genéticos**

As análises de variância, **Tabela 4**, **Tabela 5** e **Tabela 6**, revelaram valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F para o efeito de altura, diâmetro e nº de ramos. Essas diferenças demonstram que existe variabilidade genética para o caráter em estudo, sendo uma população potencial para ganhos por seleção

**Tabela 4.** Análise de variância para altura em famílias de meios-irmãos de *Jatropha curcas*.

FV	GL	QM Altura			
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
Bloco	2	33,146*	36,066*	50,497*	58,590*
Progenie	29	3,262*	5,131*	5,577*	7,838*
Resíduo	58	2,250	3,414	3,620	4,979

\*Significativo a 5% de probabilidade

**Tabela 5.** Análise de variância para diâmetro em famílias de meios-irmãos de *Jatropha curcas*.

FV	GL	QM Diâmetro			
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
Bloco	2	0,795*	1,248*	1,416*	1,801*
Progenie	29	0,110*	0,143*	0,152*	1,198*
Resíduo	58	0,075	0,095	1,122	1,127

\* Significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Análise de variância para numero de ramos em famílias de meios-irmãos de *Jatropha curcas*

FV	GL	QM N° Ramos
Bloco	2	0,522*
Progenie	29	0,271*
Resíduo	58	0,155

\* Significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados referentes aos parâmetros genéticos para característica altura, diâmetro e nº de nós de progênies de meios irmãos de *Jatropha curcas* estão descritos na (Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9).

Os coeficientes de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) aos 24 meses para altura, diâmetro e nº de ramos apresentou um valor médio de 29,26%, 16,50% e 21,32% valores estes considerados alto. Abreu et al (2009) encontrou valores superiores a este, 25,11%; 39,59% e 63,37% para as mesmas características.

As estimativas das herdabilidades individuais, no sentido restrito (0,19; 0,19 e 0,25) e herdabilidade média de progênies (0,33, 0,33 e 0,48) estão de magnitude mediana para altura, diâmetro e nº de nós. Laviola et al (2009) encontram valores de herdabilidade média de (0,47; 0,14; 0,10) para altura, diâmetro e número de ramos.

O coeficiente de variação genética individual ( $CV_{gi}$ ) foram maiores que genético de progênies ( $CV_{gp}$ ) em todas as características avaliados e em todas as idades. Os resultados mostram que, existe variabilidade genética mediana para as características avaliadas.

Abreu et al. (2009) encontraram valores de ( $CV_{gi}$ ) e ( $CV_{gp}$ ) de 4,03% e 16,06% para altura. Os valores de ( $CV_{gi}$ ) e ( $CV_{gp}$ ) no presente estudo é de 22,20% e 11,10% para altura.

O coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ) foram medianos para todas as características e idades. Os baixos valores de  $CV_r$  indica que o controle genético da característica é baixo e muito influenciado pelo ambiente. Segundo Vencovsky (1978) é recomendável que  $CV_r$ , apresente estimativas próximas a 1.

As acurácias ( $\hat{r}_{aa}$ ) obtidas nos experimentos também foram medianas. Quanto maior a acurácia, maior a precisão da seleção e, conseqüentemente, maior o ganho genético.

**Tabela 7.** Estimativas de parâmetros genéticos para características altura, em progênes de *Jatropha curcas* em 4 épocas.

Parâmetros	Altura			
	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
$\hat{\sigma}_a^2$	0,703	2,289	2,609	2.719
$\hat{\sigma}_p^2$	1,627	2,312	2,447	3.663
$\hat{\sigma}_e^2$	5,538	7,100	7,424	11.295
$\hat{\sigma}_f^2$	7,870	11,703	12,481	17.678
$\hat{h}^2$	0,089+-0.065	0,195+-0,093	0,209+-0,096	0.153+-0.085
$\hat{h}_m^2$	0.181	0,334	0,350	0.276
$\hat{h}_{ad}^2$	0.086	0,194	0,208	0.152
$\hat{c}_p^2$	0.206	0,197	0,196	0.207
$\hat{r}_{aa}$	0.425	0,578	0,592	0.526
$CV_{gi}(\%)$	16.362	24,816	23,364	23.007
$CV_{gp}(\%)$	8.181	12,408	11,682	11.503
$CV_{exp}(\%)$	30.137	30,302	27,522	32.210
$CV_r$	0.271	0,409	0,424	0.357

$\hat{\sigma}_a^2$ : variância genética entre progênes;  $\hat{\sigma}_c^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\hat{\sigma}_e^2$ : variância residual;  $\hat{\sigma}_f^2$ : variância fenotípica individual;  $CV_{exp}(\%)$ : coeficiente de variação experimental;  $CV_{gi}(\%)$ : coeficiente de variação genética individual;  $CV_{gp}(\%)$ : coeficiente de variação genética de progênes;  $CV_r(\%)$ : coeficiente de variação relativa;  $\hat{c}_p^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $\hat{h}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito;  $\hat{h}_m^2$ : herdabilidade média de progênes;  $\hat{h}_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $\hat{r}_{aa}$ : acurácia da seleção de progênes.

**Tabela 8.** Estimativas de parâmetros genéticos para características diâmetro, em progênes de *Jatropha curcas* em 4 épocas.

Parâmetros	Diâmetro			
	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
$\hat{\sigma}_a^2$	0,046	0,063	0,066	0,049
$\hat{\sigma}_p^2$	0,051	0,064	0,069	0,070
$\hat{\sigma}_e^2$	0,162	0,202	0,210	0,217
$\hat{\sigma}_f^2$	0,250	0,330	0,347	0,337
$\hat{h}^2$	0,177+-0,088	0,191+-0,092	0,192+-0,092	0,145+-0,083
$\hat{h}_m^2$	0,313	0,330	0,328	0,263
$\hat{h}_{ad}^2$	0,175	0,189	0,191	0,144
$\hat{c}_p^2$	0,196	0,195	0,200	0,209
$\hat{r}_{aa}$	0,560	0,575	0,573	0,513
$CV_{gi}(\%)$	12,416	13,197	13,256	11,730
$CV_{gp}(\%)$	6,208	6,598	6,628	5,865
$CV_{exp}(\%)$	15,896	16,254	16,404	16,964
$CV_r$	0,390	0,405	0,404	0,345

$\hat{\sigma}_a^2$ : variância genética entre progênes;  $\hat{\sigma}_c^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\hat{\sigma}_e^2$ : variância residual;  $\hat{\sigma}_f^2$ : variância fenotípica individual;  $CV_{exp}(\%)$ : coeficiente de variação experimental;  $CV_{gi}(\%)$ : coeficiente de variação genética individual;  $CV_{gp}(\%)$ : coeficiente de variação genética de progênes;  $CV_r(\%)$ : coeficiente de variação relativa;  $\hat{c}_p^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $\hat{h}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito;  $\hat{h}_m^2$ : herdabilidade média de progênes;  $\hat{h}_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $\hat{r}_{aa}$ : acurácia da seleção de progênes.

**Tabela 9.** Estimativas de parâmetros genéticos para características nº de ramos, em progênies de *Jatropha curcas* aos 24 meses.

Parâmetros	Nº de Ramos
	24 meses
$\hat{\sigma}_a^2$	0.083
$\hat{\sigma}_p^2$	0.106
$\hat{\sigma}_e^2$	0.402
$\hat{\sigma}_f^2$	0.592
$\hat{h}^2$	0.141+-0.081
$\hat{h}_m^2$	0.275
$\hat{h}_{ad}^2$	0.134
$\hat{c}_p^2$	0.179
$\hat{r}_{aa}$	0.525
$CV_{gi}(\%)$	15.925
$CV_{gp}(\%)$	7.962
$CV_{exp}(\%)$	22.344
$CV_r$	0.356

$\hat{\sigma}_a^2$ : variância genética entre progênies;  $\hat{\sigma}_c^2$ : variância ambiental entre parcelas;  $\hat{\sigma}_e^2$ : variância residual;  $\hat{\sigma}_f^2$ : variância fenotípica individual;  $CV_{exp}(\%)$ : coeficiente de variação experimental;  $CV_{gi}(\%)$ : coeficiente de variação genética individual;  $CV_{gp}(\%)$ : coeficiente de variação genética de progênies;  $CV_r(\%)$ : coeficiente de variação relativa;  $\hat{c}_p^2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $\hat{h}^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito;  $\hat{h}_m^2$ : herdabilidade média de progênies;  $\hat{h}_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $\hat{r}_{aa}$ : acurácia da seleção de progênies.

Considerando-se que o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variabilidade genética para características de interesse agrônomo, os resultados mostraram que a espécie apresenta variabilidade. O pinhão manso é uma espécie pouco estudada, em termos de genética e melhoramento. Os resultados obtidos nesse estudo fornecem importantes informações sobre o controle genético dos caracteres avaliados. Essas informações são importantes subsídios em futuros programas de melhoramento.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados do trabalho concluímos que:

- Existe variabilidade genética entre as progênies para as características altura, diâmetro e número de ramos, sendo que a variabilidade entre progênies foi mais baixa do que a nível de planta.

- Os caracteres estudados apresentaram baixa herdabilidade. As herdabilidades estimadas para os caracteres são fortemente influenciados pelo ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. **Princípios de melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: Blücher, 1974. 381 p.

AMORIM, P. Q. R. **Perspectiva histórica da cadeia da mamona e a introdução da produção de biodiesel no semi-árido brasileiro sob o enfoque da teoria dos custos de transação**. 2005. 95 f. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, n. 8, p. 789-799, 2004.

AVELAR, R. C. et al. Avaliação de Acessos de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco de Germoplasma da UFLA. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABIPTI, 2007. 1 CD-ROM.

BASSO, K. C. **Estimação de parâmetros genéticos e índice de seleção em genótipos de *Brachiaria brizantha***. 2006. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2006.

BELTRÃO, N. E. M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, p. 44-78, 2005.

BELTRÃO, N. E. M; CARTAXO, W. V. Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 3., 2006, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2006. 1 CD-ROM.

BIODIESEL BR. **Pinhão manso (*Jatropha curcas*): uma planta de futuro**. Curitiba. Disponível em: <<http://www.pinhaomanso.com.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 453 p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BORGES, R. C. G. **Estimativas de herdabilidade e correlação entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex. Maiden**. 1980. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

BRASIL. Governo Federal. BIODIESEL: o novo combustível do Brasil. Brasília, DF: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Portal do Biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2010.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, DF, 1985. 364 p.

CARVALHO, J. O. M. et al. Desenvolvimento de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 525-533, jul./set. 2003.

CORNACCHIA, G. **Variabilidade genética em procedências de *P. caribea* var. *Hondurensis* Barr. & Golf., *P. oocarpa* Schiede e *P. tecunumanii* (Schw.) eguiluz na região oeste do estado da BA.** 1994. 155 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

COSTA, R. B. et al. Variabilidade genética e seleção para caracteres de crescimento da seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 299-305, jul. 2008.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. S. C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 2, 586 p.

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

CUNHA, P. C. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de *Jatropha curcas* L. cultivados sob estresse salino.** 2009. 60 p. Dissertação (Mestrado em Botânica/Fisiologia e Biotecnologia Vegetal)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

DIAS, L. A. S. et. al. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível.** Viçosa: UFV, 2007. v. 1, 40 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendação técnica sobre o plantio de pinhão manso no Brasil.** Campina Grande: Embrapa, 2007. 1 folder.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto pinhão-manso: relatório final relativo ao primeiro período encerrado a 31 de março de 1985.** Disponível em: <<http://www.epamig.br/informativo/pinhaomanso/.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2008.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to qualitative genetics.** Malaysia: Longman, 1996. 463 p.

FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas**. Maceió: Edufal, 2006. 855 p.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames Iowa: Iowa State University Press, 1998. 468 p.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas*): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 1996. 66 p.

HÖRING, C. F. **Influência do período de armazenamento na qualidade de sementes *Jatropha curcas* L.** 2008. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2008.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden., 1980**. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

KRAS, S. M. et. al. Vigor juvenil em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) nativas do estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência Floresta**, Santa Maria, n. 1, v. 17, p. 33-41, 2007.

LAVIOLA, B. G. et. al. Diversidade genética em banco de germoplasma de pinhão manso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2009. 1 CD-ROM.

MARCHIORO, V. S. et. al. Herdabilidade e correlações para caracteres de panícula em populações segregantes de aveia. **Revista Brasileira Agrociência**, Brasília, DF, v. 9, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2003.

MELO, M. F. V. de. et al. Caracterização morfológica de acesos der *Jatropha curcas* L. do Banco ativo de germoplasma da Universidade Federal de Sergipe In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: ABIPTI, 2007. 1 CD-ROM.

MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandes Hill ex Maiden* e suas relações com as características de crescimento.** 1987. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

NAMKOONG, G.; SNYDER, E.B.; STONECYPHER, R.W. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as Seedling Orchards. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 15, p. 76-84, 1966.

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

OLIVEIRA, K. A. K. B. **Variabilidade genética entre e dentro de populações de pequi (*Cariocar brasiliense Camb.*) do sudeste do Estado de Goiás.** 1998. 106 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, 2002.

PAULA, R. C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2002.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas.** São Paulo: Nobel, 1973. 284 p.

PENIDO FILHO, P.; VILLANO, F. O emprego éster da mamona nos motores dos veículos FIAT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 3., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1984.

PIRES, I. E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus spp.*** 1996. 116 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. 5. ed. São Paulo: Globo, 1996. 585 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

REIS, E. F. **Ganhos preditos e realizados, por diferentes estratégias de seleção, em diferentes populações de soja (Glycine Max (L.) Merrill)**. 2000. 120 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

RESENDE, M. D. V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 61-77, 1991.

RESENDE, M. D. V. et al. Estimativa de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 18- 45, 1996.

RESENDE, M. D. V. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 185-193, mar. 2001.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SATURNINO, H. M. et al. Cultura do pinhão-manso ( *Jatrofa curcas* L. ). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2006.

SEGOVIA, R. T. **Seis ciclos de seleção entre e dentro de familiar de meios irmãos no milho (Zea mays L.) Centralmex**. 1976. 98 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1976.

SILVA, S. D. A. et al. Avaliação de genótipos elite de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) cultivados no rio grande do sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Vitória: ICAPER, 2009. 1 CD-ROM.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. **Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar.** Porto Alegre: Agrener, 2006. 20 p.

SOBIERAJSKI, G. R.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Estimates of genetic parameters in *Mimosa scabrella* populations by random and mixed reproduction models reproduction models. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 6, p. 47-54, 2006.

SOUZA, F. F. de. **Produção, qualidade e estimativas de parâmetros genéticos em *Brachiaria ruziziensis* Germain et Everard.** 2010. 224 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SPINELLI, V. M. et al. Caracterização da diversidade entre acessos de pinhão manso (*Jatropha curcas*) estruturados em famílias e procedências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2009. 1 CD-ROM.

SUJATHA, M.; DHINGRA, M. Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima* – Hypocotyl culture, shoot culture, leaf culture and peduncule culture medium optimization for oilseed ornamental plant propagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 35, n. 3, p. 293-296, Dec. 1993.

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

TAPANES, N. O. et al. **Transesterificação dos glicerídeos de óleo de *Jatropha curcas* L.:** estudo teórico. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congressso2006/producao/Glice27.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 18-27, 2005.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa: CPT, 2007. 220 p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-199.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

WHITE paper internationally compatible biofuel standards: tripartite task force Brazil, European Union & United States of America. 2007. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/energy/res/biofuels\\_standards/doc/white\\_paper\\_icbs\\_final.pdf](http://ec.europa.eu/energy/res/biofuels_standards/doc/white_paper_icbs_final.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2008.