



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE UnB PLANALTINA**

**LORENA DA CONCEIÇÃO SANTOS**

**ESTUDO DA DIVERSIDADE GENÉTICA EM FAMÍLIAS  
SEGREGANTES DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*)**

**PLANALTINA - DF**

**2015**

LORENA DA CONCEIÇÃO SANTOS

**ESTUDO DA DIVERSIDADE GENÉTICA EM FAMÍLIAS  
SEGREGANTES DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação da Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tatiana Barbosa Rosado.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tatiana Barbosa Rosado

Planaltina - DF

2015

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos, ao meu companheiro de jornada Leonardo de Oliveira por sempre estar ao meu lado e à minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tatiana Barbosa por toda paciência, apoio e incentivo.

## RESUMO

A preocupação com o meio ambiente está ganhando força em âmbito mundial. Uma dessas preocupações está na emissão de gases poluentes para atmosfera, como o dióxido de carbono proveniente da combustão de combustíveis fósseis. Uma das soluções para esse problema é a produção de combustíveis derivados de óleos de plantas como a macaúba. A macaúba é uma palmeira que produz grandes quantidades de óleo/hectare, o que faz com que ela possua grande potencial de exploração. No entanto essa espécie ainda está em fase de domesticação, não existindo ainda cultivares melhoradas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi estimar parâmetros genéticos e a diversidade em progênies de Macaúba visando suporte para iniciar um programa de melhoramento da espécie. Para o estudo, foram avaliadas três características morfológicas em 15 progênies de macaúba, em delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições e três plantas por parcela. Foram analisados os dados coletados a partir da produção dos anos agrícolas 2012, 2014 e 2015. As características analisadas foram: altura da planta (m), projeção da copa na linha (m) e projeção da copa entre linha (m). Verificou-se variabilidade genética para os caracteres morfológicos avaliados. As famílias de macaúba agruparam-se em três grupos distintos quanto à diversidade genética, sendo a família CPAC-03 a mais divergente em relação às demais.

**Palavras-chave:** Macaúba – Biodiesel – Diversidade genética – Melhoramento genético

## ABSTRACT

Concern for the environment is gaining momentum worldwide. One such concern is the emission of polluting gases into the atmosphere as carbon dioxide from the combustion of fossil fuels. One solution to this problem is the production of fuels from plant oils such as macaúba. The macaúba is a palm tree that produces large amounts of oil / hectare, which means that it has great potential for exploitation. However this species is still under domestication phase, there has not yet improved cultivars. In this context, the aim of this study was to estimate genetic parameters and diversity in Macaúba of progenies support to start a species breeding program. For the study, were assessed three morphological traits in 15 progenies of macaúba in design in blocks with five replications and three plants per plot. The data were analyzed collected from the production of the crop years 2012, 2014 and 2015. The characteristics evaluated were: plant height (m), crown projection on the line (m) and canopy projection of line (m). There was genetic variability for morphological characters evaluated. Families macaúba grouped into three distinct groups according to genetic diversity, and the CPAC-03 family more divergent relative to the other.

**Keywords:** Macaúba - Biodiesel - Genetic diversity - Genetic improvement

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o tema preservação ambiental tem tido repercussão mundial. Uma das preocupações com o meio ambiente está na emissão de dióxido de carbono para a atmosfera. Algumas alternativas para a diminuição da emissão desse gás estão sendo debatidas e uma delas é o combustível proveniente de óleos vegetais (URQUIAGA et al., 2005).

Existem diversas plantas oleaginosas que servem para a fabricação do biodiesel como por exemplo a soja, a macaúba (DURÃES et al., 2011), o dendê e a mamona. Neste sentido, a macaúba apresenta alto potencial como matéria-prima para a produção de biodiesel, pois a planta possui, em média, uma produção de 4.000 litros/hectare/ano, enquanto a mamona produz cerca de 1.000 litros/hectare/ano e a soja cerca de 500 litros/hectare/ano (NUCCI, 2007), sendo a segunda planta com maior produção de óleo, ficando atrás somente do dendê que produz cerca de 6.000 litros/hectare/ano (PIMENTEL et al., 2009). Todavia, faz-se necessários estudos com a macaúba pois é válido acrescentar as possibilidades de plantas que contenham alta produção de óleo para produção de biodiesel.

O estudo com o óleo de plantas oleaginosas visando produção de biodiesel é favorável, tendo em vista que o Brasil possui grande potencial de produção dessas espécies, por suas condições de solo e clima. O Cerrado brasileiro - onde a macaúba também é encontrada além do Pantanal - é o segundo maior bioma do país, ocupando cerca de 22% do Brasil e possui cerca de 204 milhões de hectares. Desses 204 milhões de hectares, 137 milhões são agricultáveis e 90 milhões são disponíveis para produção de espécies oleaginosas como a macaúba (SILVA, 2007).

A busca pela variabilidade genética no banco de germoplasma de macaúba é de suma importância para se iniciar um programa de melhoramento da espécie. Para tanto, torna-se necessário estimar os parâmetros genéticos bem como mensurar a sua diversidade genética. (GOMES JUNIOR et al., 2014).

Apesar das potencialidades do cultivo de macaúba, a espécie está atualmente em processo de domesticação (TEIXEIRA et al., 2014). Neste contexto, avaliações da precisão de seleção em genótipos potencialmente promissores com base em dados fenotípicos são fundamentais para identificação de materiais para futuro lançamento de

cultivares melhoradas podendo fornecer informações e garantias do potencial de produção.

O interesse pela pesquisa visando a produção de biodiesel surgiu com o ingresso na universidade, onde pudemos ver mais afundo como funciona e quais as consequências das interações das atividades antrópicas com o meio ambiente. Neste contexto, começamos a nos preocupar com o meio ambiente e um dos problemas que se destacou foi a poluição da atmosfera pela emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono proveniente de combustíveis fósseis.

Tendo em vista o que foi exposto, os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar características morfológicas em 15 famílias de meios-irmãos de macaúba, (ii) estimar parâmetros genéticos e, ainda, (iii) estimar a diversidade genética das progênes por meio do uso combinado de informações morfológicas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A espécie *Acrocomia aculeata***

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Figura 1) é uma palmeira que pertence à família Arecaceae (MOURA, 2007). A planta pode ser encontrada nos biomas Cerrado e Pantanal e possui grande potencial de exploração devido ao seu alto teor de óleo e de aproveitamento de sua torta, (CICONINI, 2012) podendo ser utilizada na produção de ração de suínos e caprinos. Seu óleo pode ser utilizado na culinária, pode ser utilizado também como lubrificantes para máquinas, além da produção de biodiesel (PANORAMA BRASIL, 2006).

Acerca das características da planta, ela pode atingir até 15 m de altura; seu tronco ereto possui cerca de 30 cm de diâmetro; sua copa é aberta e rala; seus frutos são levemente ovais ou redondos (Figura 2); quando maduro, o fruto possui uma casca quebradiça e dura; a polpa é fibrosa e comestível; a amêndoa é oleaginosa e comestível (Figura 3) (SILVA, 2007).

Foto: Rafael Paranhos Martins



**Figura 1.** *Acrocomia aculeata*. Fonte: <https://cdieselbr.com.br>



**Figura 2.** Frutos da macaúba. Fonte: <https://cpt.com.br>



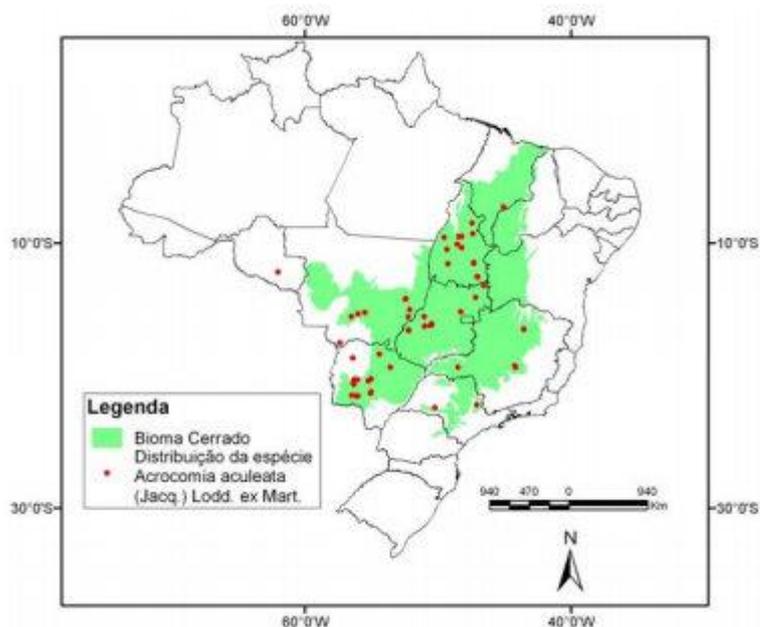
**Figura 3.** Casca, polpa e amêndoa do fruto. Fonte: <http://cdiesel.com.br>

Segundo Silva (2007), a produtividade da macaúba é influenciada pela idade da planta, por condições climáticas, por tipos de manuseio, entre outros. Portanto, isso faz com que ocorra variações de produção entre palmeiras. Além disso, existem variações de ano para ano, ou seja, a mesma planta pode conter variações de produção a cada ciclo de três anos, isto é, no primeiro ano a planta tem uma boa produção, no segundo já tem sua produção reduzida e no terceiro uma produção menor ainda e retoma sua boa produção no ano seguinte (SILVA, 2007).

Contudo, a planta é adequada para cultivo pois apresenta, ainda, resistência à secas, queimadas e pragas (SILVA, 2007). Além disso, a planta possui grande variedade de tamanhos, cores das folhas e tamanhos dos frutos. Essa variação pode estar ligada, também, a fatores genéticos da planta que permitem estudos aprofundados acerca da sua variabilidade genética (CICONINI, 2012).

## 2.2. Distribuição geográfica da *Acrocomia aculeata*

Segundo Ciconni et al. (2012, apud RATTER et al., 2003), a *Acrocomia aculeata* se estende por diversos estados brasileiros como Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Tocantins. Como dito anteriormente, sendo encontrada em boa parte do Brasil, principalmente no bioma Cerrado e no Pantanal (Figura 4).



**Figura 4.** Distribuição espacial da *Acrocomia aculeata* em 53 localidades entre 376 levantamentos realizados no bioma Cerrado. Fonte: Ratter et al., 2003 apud Aquino et al., 2008.

### **2.3. Parâmetros genéticos**

Estimar os parâmetros genéticos é essencial em melhoramento genético, pois permite selecionar as melhores características do indivíduo em questão e também, proporciona a escolha do melhor método de melhoramento (FEHR, 1987). Estimativas de parâmetros genéticos são importantes para o conhecimento acerca da estrutura genética da população, para a inferência sobre a variabilidade genética da população e para fornecer subsídios para prever os ganhos genéticos que podem ser adquiridos com a seleção de genótipos superiores.

Estimativa como herdabilidade é essencial para o sucesso das estratégias de melhoramento de plantas. Segundo Bernaldo et al. (2007), herdabilidade é um parâmetro genético medido pela variância genética sobre a variância fenotípica total, isto é, a proporção herdável da variabilidade total.

Alguns estudos verificaram valores altos nos parâmetros genéticos estimados em *Acrocomia aculeata* para características morfológicas. Domiciano et al. (2015) avaliando as características morfológicas altura da planta, comprimento da ráquis, largura das ráquis e número de ráquis, verificaram que as estimativas de herdabilidade variaram entre 50,24 e 71,9% (altura e comprimento da ráquis, respectivamente).

### **2.4. Diversidade genética**

O estudo da diversidade genética permite obter conhecimentos para ter um controle da biodiversidade (SANTOS et al., 2009). Além disso, o estudo da diversidade genética oferece subsídios para programas de melhoramento, pois o cruzamento entre genitores divergentes geneticamente, por exemplo, é melhor para produzir maior variabilidade genética nas gerações segregantes.

Alguns estudos verificaram a existência de variabilidade genética em *Acrocomia aculeata* para as características morfológicas. Domiciano et al. (2015) avaliando as seguintes características morfológicas: altura da planta; comprimento da ráquis; largura das ráquis; e número de ráquis, verificaram variabilidade genética para os caracteres morfológicos avaliados. As famílias avaliadas agrupam-se em três grupos distintos.

Já o estudo de Manfio et al. (2011) utilizando 15 progênies de macaúba e avaliando a altura da muda e número de folhas por muda, observaram presença de variabilidade genética para as características avaliadas entre as 15 progênies. Essa presença permitiu separar as 15 progênies em oito grupos pelo método de Tocher.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo com o banco de germoplasma de macaúba localizado na área da Embrapa Cerrados na cidade de Planaltina, Distrito Federal, Brasil.

O experimento foi conduzido com 15 famílias de meios-irmãos de *Acrocomia aculeata*, com 15 indivíduos por família (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco repetições, três plantas por parcela.

**Tabela 1.** Relação das famílias de *Acrocomia aculeata* avaliadas com suas respectivas origens.

Família	Acrônimo	Origem
1	CPAC-01	Paranoá – DF
2	CPAC-02	Planaltina – DF
3	CPAC-03	Formosa – GO
4	CPAC-04	Carmo do Paranaíba – MG
5	CPAC-05	Carmo do Paranaíba – MG, córrego Sossego.
6	CPAC-06	Matutina – MG
7	CPAC-07	Lagoa Formosa – MG
8	CPAC-08	Tiros – (MG, córrego Pimentas)
9	RP002	Rio Paranaíba-MG
10	RP003	Rio Paranaíba-MG
11	RP004	Rio Paranaíba-MG
12	Acesso 280	São Roque de Minas-MG
13	Acesso 283	Barroso-MG
14	EPAMIG 1	Itabaira-MG
15	EPAMIG 2	Itabaira-MG

O experimento foi implantado no ano de 2011, porém para o estudo foi considerados os anos agrícolas de 2012, 2014 e 2015. As características fenotípicas analisadas foram: altura da planta (m), projeção da copa na linha (m) e projeção da copa entre linha (m).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para verificar a existência de variabilidade genética entre as progênies pelo teste F a 5% de probabilidade.

Posteriormente foram estimados os parâmetros genéticos componente quadrático genótipo ( $\sigma^2g$ ); componente quadrático da interação genótipo x ano ( $\sigma^2ga$ ); variância residual ( $\sigma$ ); herdabilidade ( $h^2$ ); correlação interclasse (CI); coeficiente de variação genético (CVg); e razão CVg/CVa, seguindo o seguinte modelo:  $Y_{ijk} = m + G_i + B_k + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$ , onde  $Y_{ijk}$  é a observação no k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente;  $m$  é a média geral do ensaio;  $G_i$  é o efeito do tratamento (ou genótipo)  $i$ ;  $B_k$  é o efeito do bloco  $k$ ;  $A_j$  é o efeito do ambiente  $j$ ;  $GA_{ij}$  é o efeito da interação entre o genótipo  $i$  e o ano  $j$ ; e  $E_{ijk}$  que é o erro aleatório associado à observação  $ijk$ .

Os dados das características fenotípicas foram correlacionados entre si através da correlação de Pearson e importância dos caracteres em relação à divergência genética entre as famílias foi estudada por meio do método de Singh (SINGH, 1981).

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelos métodos de análise de variância (ANOVA), componentes principais com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV).

Para o estudo de diversidade foi utilizada a distância generalizada Mahalanobis ( $D^2$ ) para se estabelecer a matriz de dissimilaridade genética entre as famílias avaliadas. As famílias foram agrupadas por meio do método hierárquico Unweighted pair-group method using arithmetic averages (UPGMA).

No método UPGMA a construção do dendrograma é estabelecida pelo indivíduo de menor dissimilaridade. A distância entre um indivíduo  $k$  e um grupo, formado pelos

indivíduos  $i$  e  $j$ , é dada por:  $d_{(ij)k} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$ , ou seja, a média do conjunto das distâncias dos pares de indivíduos.

Foi realizada também o agrupamento pelo método de otimização de Tocher, que consiste na formação de grupos por adequação de algum critério. Esse método possui a peculiaridade de apresentar a distância média dentro do grupo menor que a distância média entre grupos (SILVA, 2012). E todas as análises foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2013).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No resultado da análise de variância, bem como nas estimativas dos parâmetros genéticos, foi constatada diferença significativa a 1% de probabilidade para todas as três

características avaliadas (Tabela 2), o que significa que há variabilidade entre as progênes. As estimativas de parâmetros genéticos para essas características são apresentadas na tabela 2. A existência de variabilidade genética entre as plantas avaliadas é fundamental para o progresso genético com a prática da seleção (CRUZ et al., 2011)

**Tabela 2.** Análise de variância (ANOVA) e parâmetros genéticos associados às características morfológicas de interesse de Macaúba. Grau de liberdade: GL; altura da planta; projeção da copa na linha: PNL; projeção da copa entre linha: PEL; componente quadrático genótipo ( $\sigma^2g$ ); componente quadrático da interação genótipo x ambiente ( $\sigma^2ga$ ); variância residual ( $\sigma^2r$ ); herdabilidade ( $h^2$ ); correlação interclasse (CI); coeficiente de variação genético (CVg); e razão CVg/CVa.

Fonte de variação	Quadrado médio			
	GL	ALTURA	PNL	PEL
Blocos	4	1,83	1,56	6,21
Tratamento	14	2,47 **	0,56 ns	6,47 ns
Ambiente	2	207,00 **	215,8 **	412,7 **
TratXAmb	28	0,76 **	0,34 ns	10,87 ns
Resíduo	176	0,39	0,36	57,15
Média		3,24	3,46	3,45
$\sigma^2g$		0,138	0,013	0,00917
$\sigma^2ga$		0,074	-0,0035	0,0127
$\sigma^2r$		0,397	0,359	0,3247
$h^2$ (%)		83,94	35,68	29,747
CI		25,84	3,567	2,7454
CVg		11,47	3,329	2,773
Razão		0,590	0,192	0,168
CVg/Cve				

\*\* significativo a 1% de probabilidade. ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

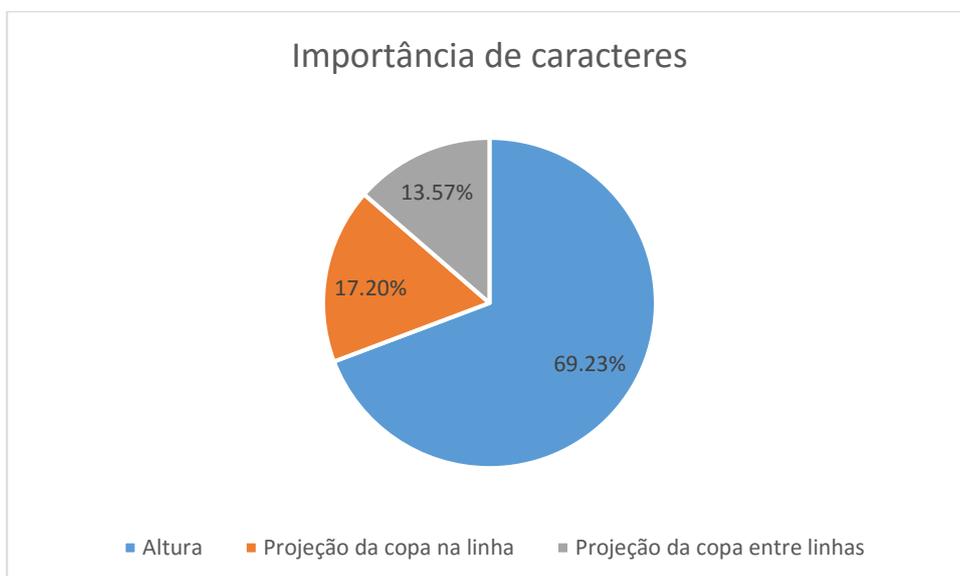
As estimativas de parâmetros genéticos para as características analisadas são apresentadas na tabela 2. As estimativas de herdabilidade variaram entre 83,94% para altura, 35,68% para projeção da copa na linha e 29,74% para projeção da copa entre linha. Verifica-se que a estimativa da herdabilidade foi alta para altura enquanto que para as demais características é visto maiores dificuldades de seleção principalmente em projeção da copa entre linha. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no trabalho de Domiciano et al. (2015) onde a estimativa de herdabilidade foi 50,24% para altura.

Quando as estimativas de herdabilidade são analisadas juntamente com os dados obtidos para os coeficientes de variação genético (CVg) e experimental (CVe) (cuja razão CVg/CVe na maioria dos casos se aproxima de 0,5), averigua-se que o melhoramento da macaúba para características morfológicas é possível de ser feito por meio da seleção de genótipos promissores.

O coeficiente de variação genético foi de magnitude mediana para o caráter altura (11,47%) e baixo para projeção da copa na linha (3,32%) e para projeção da copa entre linha (2,77%). Isso significa que o caráter altura expressou maior variação genética entre progênes, isto é, maior potencial para seleção.

A correlação intraclasse foi estimada em 0,25 para altura, 0,035 para PNL e 0,027 para PEL, indicando que os valores foram de magnitude baixa. O coeficiente de correlação intraclasse significa a tendência de manutenção da dominação fenotípica dos acessos, nos diferentes ambientes avaliados, sendo assim, quanto menor o coeficiente de correlação intraclasse, maior a interferência da interação genótipo x ambiente na população (LAVIOLA et al., 2014), como foi o caso apresentado.

Acerca da importância de caracteres, estudos desta para a diversidade são relevantes para selecionar caracteres que mais bem discriminam os acessos e descartar outros que contribuem pouco na discriminação de genótipos de uma determinada espécie (CRUZ et al., 2004). A figura 1 mostra a contribuição de cada característica analisada neste trabalho, obtidas pelo método de Singh.



**Figura 1:** Contribuição relativa de caracteres (%) para diversidade genética obtida pelo método de Singh (1981).

Com base nos resultados mostrados na figura 1, sugere-se o descarte da variável projeção da copa entre linha, pois contribuiu com apenas 13,57% na distinção quantitativa dos acessos.

A respeito das correlações genéticas das características avaliadas, pode-se dizer, com base nos dados deste estudo, que as características avaliadas são relacionadas entre si, sendo a maior correlação encontrada entre projeção da copa na linha e projeção da copa entre linha (Tabela 3).

Isso significa que nos programas de melhoramento da macaúba é possível selecionar indiretamente uma característica como por exemplo a projeção da copa na linha, que se correlaciona com projeção da copa entre linha. Isto é, se essa correlação se manter ao longo dos anos, a seleção de plantas com melhores projeções da copa na linha pode ser selecionada precocemente a partir da mensuração da projeção da entre linha.

**Tabela 3.** Estimativas de correlação de Pearson entre características morfológicas em Macaúba. Alt (altura), projeção da copa na linha (PNL) e projeção da copa entre linha (PEL).

Variáveis	Alt	PNL	PEL
Alt	1	-0,3321	-0,1101
PNL		1	0,8215**
PEL			1

\*\* Correlação significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

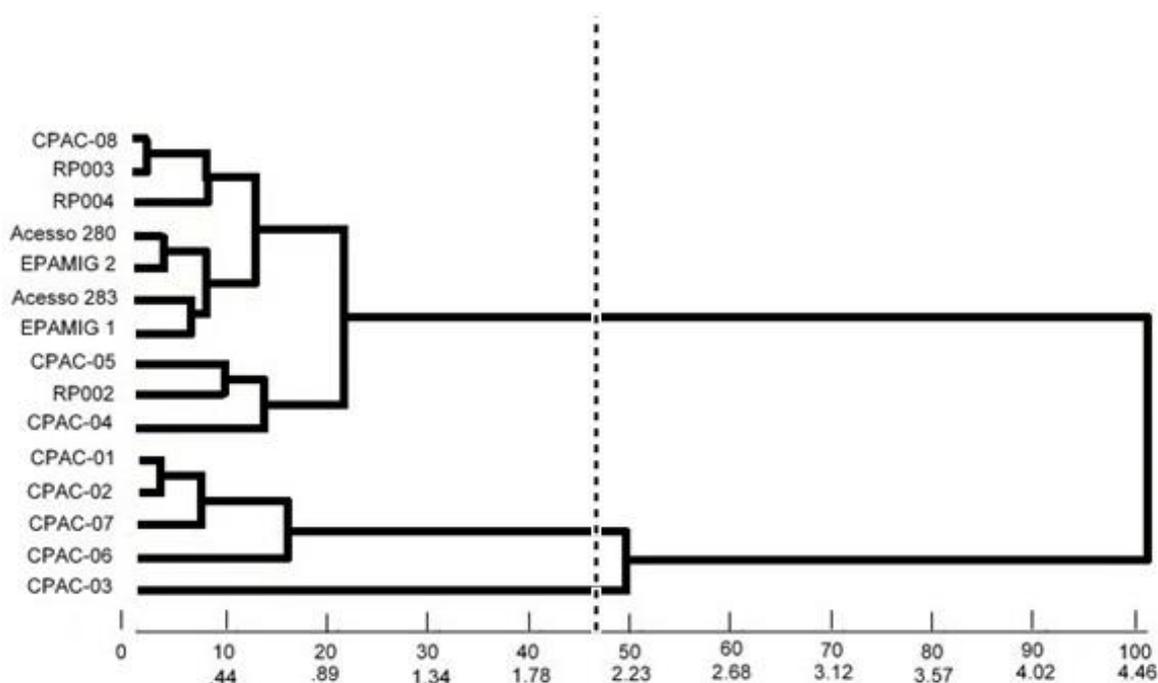
As estimativas de repetibilidade refletem a manutenção da superioridade ao longo dos anos. As estimativas foram de baixa a alta magnitude, variando de 0,0597 a 0,9218 pelos métodos ANOVA, CPC e CPCV. A macaúba é uma espécie de ciclo longo, assim, a repetibilidade das variáveis pode não ser alta em idade juvenil. Isso ocorre porque, com o desenvolvimento das plantas, é esperado que o metabolismo se altere.

Pelo estudo de diversidade foi verificado que nas medidas de dissimilaridade, a maior distância foi verificada entre a família do acrônimo CPAC-03 (Formosa-GO) e RP004 (Rio Paranaíba-MG). E as famílias menos distantes geneticamente foram CPAC-08 (Tiros – MG, córrego Pimentas) e CPAC-10 (Rio Paranaíba-MG), sendo ambas coletadas no mesmo estado, mas em municípios diferentes (Tabela 1).

Para uma melhor avaliação da diversidade genéticas das famílias, foi realizado o agrupamento hierárquico dessas pelo método UPGMA. O dendograma gerado por esse método apresenta agrupamentos homogêneos e serve para ter uma melhor avaliação da diversidade genética das famílias (Figura 5). É possível perceber uma tendência de agrupamento de famílias. As famílias denominadas pelo acrônimo “CPAC”, por exemplo, tenderam a se agrupar, com a exceção da família CPAC-4 - que se agrupou junto às famílias denominadas pelo acrônimo EPAMIG e aos demais acessos de Macaúba - e da família CPAC-03 que não se agrupou com as demais.

O dendograma gerado permitiu a separação das famílias em três grupos. O grupo 1 é composto pelas famílias do acrônimo RP (Rio Paranaíba) de MG, pelos acessos do banco de germoplasma de Minas Gerais (MG) e pelas as famílias da EPAMIG (MG). O grupo 2 é composto por quatro famílias do CPAC (duas de MG e duas do DF) e o grupo 3 por uma única família, a CPAC-03 (Goiás). O resultado apresentado faz coerência com o resultado determinado pelo agrupamento gerado pelo método de otimização de Tocher, que mostrou também existência de três grupos (Tabela 4).

Esses resultados indicam que algumas famílias do DF não são proximamente relacionadas com algumas famílias de MG.



**Figura 5.** Dendograma gerado pelo método de agrupamento UPGMA representando as relações genéticas entre 15 famílias de Macaúba (*Acrocomia aculeata*), baseadas na

matriz de dissimilaridade genética de Mahalanobis, obtida pela avaliação de três características morfológicas.

**Tabela 4.** Agrupamento das 15 famílias de Macaúba em três grupos pelo método de Tocher.

Grupos	Acessos									
1	8	10	14	15	11	12	13	9	5	4
2	1	2	7	6						
3	3									

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificada variabilidade para as características de macaúba que pode ser explorada para melhoramento genético da espécie.

As famílias avaliadas agrupam-se em três grupos distintos, sendo que a família CPAC-03 não se agrupou com as demais, podendo ser considerada a mais divergente, com base na análise combinada de características.

A característica altura da planta foi a que mais contribuiu para dissimilaridade das famílias avaliadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, F. G.; SILVA, M. R.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; VILELA, M. F.; OLIVEIRA, M. C. **Distribuição geográfica das espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. e *Caryocar brasiliense* Cambess. no bioma Cerrado.** In: IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional das Savanas Tropicais, 2008, Brasília, DF. Anais do IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional das Savanas Tropicais. Brasília, DF: Embrapa, 2008.

BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Noções de Genética Quantitativa.** In: BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoramento de Plantas. 2007. Disponível em: <[www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteudo](http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/conteudo)>. Acessado em: 17 novembro de 2015.

CICONINI, G.; FAVARO, S. P. **Caracterização de frutos e óleo de polpa da macaúba (*Acrocomia aculeata*) dos biomas cerrado e pantanal no Mato Grosso do Sul, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Católica Dom Bosco. 2012.

CRUZ, C. D. **GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Sci., Agron, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-86212013000300001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212013000300001&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 16 junho de 2015.

CRUZ CD; FERREIRA FM; PESSONI LA. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. de S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético - Volume I**. 3. ed. Viçosa: Editora Viçosa, 2004. v. 2. 480p.

DOMICIANO, G. P.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B.G.; CONCEICAO, L. D. H. C. S. **Parâmetros genéticos e diversidade em progênies de Macaúba com base em características morfológicas e fisiológicas**. Ciência Rural (UFSCar. Impresso), 2015.

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

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development - theory and technique**. 2.ed. New York Macmillan Publishing Co., 1987, 536 p.

GOMES JUNIOR, R. A.; GURGEL, F. de L.; PEIXOTO, L. de A.; BHERING, L. L.; DA CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; PINA, A. J. de A.; VEIGA, A. S. **Evaluation of interspecific hybrids of palm oil reveals great genetic variability and potential selection gain**. Industrial Crops and Products (Print), v. 52, p. 512-518, 2014.

LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A. E.; JUHASZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. P.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. **Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira (1977. Impressa), v. 49, p. 356-363, 2014.

MANFIO, C. E.; SATO, A. Y.; MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; LAVIOLA, B. G.; CONCEICAO, L. D. H. C. S. **Diversidade Genética ente Progênies de Macaúba na Fase de Muda**. In: 6º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2011, Buzios. 6º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Buzios: SBMP, 2011. v. 6.

MOURA, E. F. **Embriogênese somática em macaúba: indução, regeneração e caracterização anatômica.** Dissertação (Especialização em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2007.

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genéticas de populações de macaúba.** Dissertação Mestrado. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas – SP. 2007.

PANORAMA BRASIL – **Óleo de macaúba disputa mercado com o de soja.** Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/noticia/3660/12\\_08++%D3LEO+DE+MACA%DABA+DISPUTA+MERCADO+COM+O+DE+SOJA](http://www.todafruta.com.br/noticia/3660/12_08++%D3LEO+DE+MACA%DABA+DISPUTA+MERCADO+COM+O+DE+SOJA)>. Acessado em: 01 outubro de 2015.

PIMENTEL, L. D.; MOTOIKE, S. Y.; COSTA, E. W. de A.; MANFIO, C. E.; BRUCKNER, C. H. **Estimativa de custo de produção e viabilidade econômica do cultivo da palmeira macaúba (Acrocomia aculeata) para produção de óleo vegetal.** In: 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Gorduras e Biodiesel. Montes Claros – MG. 2009.

SANTOS, F. R.; LACERDA, D. R.; REDONDO, R. A.; NASCIMENTO, A. M. A.; CHARTONE-SOUZA, E.; BORBA, E. L.; RIBEIRO, R. A.; LOVATO, M. B.; LOVATO, M. B. **Diversidade genética.** In: DRUMOUND, G. M.; MARTINS, C. S.; GRECO, M. B.; VIEIRA, F. (Org.). Biot Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a diversidade no Estado de Minas Gerais - subsídio ao Programa Biota Minas. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009, v. 1, p. 389-410.

SILVA, J. C. **Macaúba: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial.** Viçosa, MG: CEDAF/DEF/UFV, 2007. 41p.

SILVA, A. R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho.** 2012. 67p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SINGH, D. **The relative importance of characters affecting genetic divergence.** The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding, v.41, p.237-245, 1981.

TEIXEIRA, C. M.; ANDRADE, A.T.; PAES, J. M. V.; ANDRADE, J. P. R.; MOTOIKE, S.Y.; PIMENTEL, L.D. **Crescimento da macaúba (Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.**

**Ex Mart.) sob diferentes doses pós-plantio de nitrogênio, fósforo e potássio.** In: I Minas. I Congresso Brasileiro de Macaúba: Consolidação da Cadeia Produtiva. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

URQUIAGA, S.; Alves, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Produção de biocombustíveis - A questão do balanço energético.** Revista de Política Agrícola. v.14, p.42-46. Brasília-DF. 2005.