



## Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de aroeira procedente de uma população antropizada

Silvelise PUPIN<sup>1\*</sup>, Walter Aparecido RIBEIRO JÚNIOR<sup>1</sup>, Ana Lilia ALZATE-MARIN<sup>2</sup>,  
Marcela Aparecida de MORAES<sup>1</sup>, Janaína Rodrigues da SILVA<sup>1</sup>, Mario Luiz Teixeira de MORAES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

\* E-mail: silvelise.pupin@gmail.com

Recebido em novembro/2016; Aceito em maio/2017.

**RESUMO:** Sementes florestais com qualidade genética são imprescindíveis para fundação de populações, assim como, a composição química é fundamental para manter o vigor e favorecer o estabelecimento das mudas no campo. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi estimar a variabilidade, divergência e correlações genéticas e fenotípicas para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) para estabelecer estratégias de conservação *ex situ*. Os parâmetros genéticos e estatísticos foram obtidos com base no procedimento REML/BLUP. As diferenças genéticas entre as árvores matrizes foram significativas para todos os caracteres. O coeficiente de variação genética foi superior a 15% (teor de carboidrato). A herdabilidade da média de genótipos (> 0,98) e acurácia (> 99%) foram altas para o amido. As correlações genéticas e fenotípicas entre os compostos bioquímicos foram de baixa magnitude (< 0,29 - amido e prolamina). Houve a formação de nove grupos heteróticos e a seleção de 50% das matrizes inferiu ganho de 15,84% para o índice de seleção de Mulamba-Mock. Portanto, a população natural de *M. urundeuva* apresenta ampla base genética e pode ser utilizada para estabelecer um teste de progênies como forma de conservação *ex situ*.

**Palavras-chave:** composição química, *Myracrodruon urundeuva*, parâmetros genéticos, sementes florestais.

### Genetic variation for biochemical traits in aroeira seeds derived in anthropized population

**ABSTRACT:** Genetic quality of forest seeds are essential for populations foundation, as well as, the chemical composition is essential to maintain the vigor and support the establishment of the seedlings in the plantation. The objective of this study was to estimate the variability, divergence and genetic and phenotypic correlations for biochemical traits in seeds of mother trees of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All) to establish *ex situ* conservation strategies. Genetic and statistical parameters were obtained based on the REML/BLUP procedure. The genetic differences were significant for all traits. The genetic variation coefficient was greater than 15% (carbohydrate). The heritability average of genotypes (> 0.98) and accuracy (> 99%) were high in starch. Genetic and phenotypic correlations between biochemical compounds were of low magnitude (< 0.29 - starch and prolamin). There was formation of nine heterotic groups and selection of 50% of the mother trees deduced a gain of 15.84% by Mulamba-Mock selection index. Therefore, the natural population of *M. urundeuva* has broad base genetic and can be used to establish a progeny test as a form of genetic conservation *ex situ*.

**Keywords:** chemical composition, genetic parameters, *Myracrodruon urundeuva*, forest seeds.

## 1. INTRODUÇÃO

A intensa exploração florestal, envolvendo a extração madeireira e a expansão das áreas agrícolas e urbanas, contribuiu para elevar a quantidade de fragmentos, dispersos e isolados em paisagens naturais. Quando a floresta se torna fragmentada ocorre diminuição no tamanho das populações e, conseqüentemente, redução na diversidade genética e no potencial adaptativo das populações arbóreas ali presentes, tornando-as vulneráveis a eventos ambientais, demográficos e genéticos (VIEGAS et al., 2011). A curto prazo, a perda

da variabilidade genética pode reduzir a aptidão individual e inviabilizar o remanescente populacional, enquanto que em longo prazo, a redução da riqueza alélica pode limitar a habilidade da espécie em reagir a seleção natural (SEOANE et al., 2000).

Nesse sentido, estudos para elucidar os níveis de variabilidade genética e a distribuição entre e dentro de populações naturais, têm se tornado importante para sustentar diretrizes e estratégias de conservação genética (MORAES et al., 2013; ARAÚJO et al., 2014; OTSUBO et al., 2015), principalmente para espécies sujeitas a forte pressão antrópica, como é o caso da

*Myracrodruon urundeuva* Fr. All, integrante da lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008), e atualmente, classificada na lista vermelha na categoria “menos preocupante” (BRASIL, 2014).

Popularmente conhecida como aroeira (Anacardiaceae), a *M. urundeuva* apresenta ampla distribuição no território brasileiro. Sua madeira exhibe características singulares, como imputrescibilidade, resistência mecânica e durabilidade, o que a torna uma raridade, muito valorada no mercado. Além disso, a aroeira possui potencial farmacológico para usos como anti-inflamatório e cicatrizante, sendo muito empregada na medicina popular (VIEIRA et al., 2015). Devido às características favoráveis e ao extrativismo, muitas populações naturais foram dizimadas, comprometendo os remanescentes e estoques genéticos.

A aroeira é uma espécie dióica, polinizada por abelhas e a dispersão dos diásporos é anemórica (NUNES et al., 2008). Seus frutos são do tipo drupa globosa ou ovóide, com cálice persistente, considerado um fruto-semente (FELICIANO et al., 2008).

Em ambientes antropizados apresenta o comportamento monodominante, onde verifica-se grande quantidade de indivíduos ocorrendo de forma agregada e altas probabilidades de cruzamentos correlacionados entre aparentados, resultando na elevação dos níveis de endogamia e redução da variabilidade genética.

Imprescindível para perpetuação e sobrevivência das espécies, as sementes desempenham funções ambientais e ecológicas, particularmente importantes para as espécies florestais, tendo em vista as obrigações com a recuperação ecológica e a necessidade de reter o avanço das alterações climáticas. No entanto, são raros os estudos que contemplam a variação genética para caracteres relacionados a morfometria e, principalmente, fisiologia de sementes florestais.

Durante a germinação das sementes, os compostos bioquímicos, principalmente, carboidratos, lipídeos e proteínas, são hidrolisados e desencadeiam processos metabólicos que fornecem energia para a retomada do crescimento do embrião. Determinada geneticamente e influenciada pelas condições ambientais experimentadas pela árvore matriz, a composição química é fundamental para inferências quanto ao vigor das plântulas e a disponibilidade de nutrientes em ambientes antropizados (MANOEL et al., 2015). Além disso, ela é variável entre as espécies em função das estratégias ecológicas para dispersão das sementes e estabelecimento das mudas no ambiente (SORIANO et al., 2011).

Diante da importância que as sementes florestais desempenham sobre a temática da recuperação ecológica, esse trabalho teve como objetivos: *i*) estimar a variação genética para compostos bioquímicos e as correlações genéticas e fenotípicas entre eles; *ii*) estudar a divergência genética entre as árvores matrizes; *iii*) selecionar árvores com base em um índice de seleção; *iv*) avaliar o potencial genético da população de aroeira, situada em uma região antropizada, visando estabelecer estratégias para conservação *ex situ*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes foram coletadas em uma população natural de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), localizada no município de Ribeirão Preto-SP e caracterizada pela distribuição dos

indivíduos no interior e ao redor da cidade, em terrenos e pequenos fragmentos florestais, sujeitos a perturbação antrópica, devido às atividades desenvolvidas na área urbana.

A coleta de sementes foi realizada em 26 árvores matrizes de polinização aberta, em setembro de 2010. As distâncias entre os indivíduos variaram de 5 m a 10 km, aproximadamente. A média e desvio-padrão das árvores matrizes para altura total foi de 11,5 m  $\pm$  3,9 m e para o diâmetro a altura do peito foi de 30,4 cm  $\pm$  17,9 cm.

As análises para determinação da composição bioquímica foram realizadas no Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

A composição bioquímica das sementes foi obtida por meio da determinação dos constituintes pelos métodos:

a) Teor de proteínas (albumina-ALB, globulina-GLO, prolamina-PRO e glutelina-GLU, em mg g<sup>-1</sup>): obtido pelo método descrito por Sturgis et al. (1952) e modificado de acordo com Garcia-Agustin; Primo-Millo (1989). As sementes maceradas foram homogeneizadas em água destilada (ALB), cloreto de sódio (GLO), etanol (PRO) e hidróxido de sódio (GLU) para extração. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 660 nm;

b) Teor de amido (AMI, mg g<sup>-1</sup>): determinado com base nos procedimentos de Thivend et al. (1972), utilizando-se de uma curva padrão fixa de glicose. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 505 nm;

c) Teor de carboidratos totais (CHO, mg g<sup>-1</sup>): obtido pelo método fenolsulfúrico, de acordo com Dubois et al. (1956), utilizando-se uma curva padrão de glicose. As sementes foram homogeneizadas com 80% de etanol. Em seguida, a mistura fria foi centrifugada e o sobrenadante usado para determinação. As leituras foram obtidas em espectrofotômetro a 490 nm.

As estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos foram obtidas pelo procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita / melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* de livre acesso SELEGEN, desenvolvido por Resende (2007a).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 26 tratamentos (árvores matrizes), quatro repetições e uma planta por parcela, utilizando-se o “modelo 96”, seguindo o procedimento proposto (Equação 1) por Resende (2007b):

$$y = Xr + Zg + e \quad (1)$$

em que: *y* é o vetor de dados; *r* é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; *g* é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), e; *e* é o vetor resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os parâmetros genéticos e estatísticos obtidos foram: média geral (*m*, mg g<sup>-1</sup>); coeficiente de variação experimental (*CV<sub>e</sub>*, %); coeficiente de variação genotípica (*CV<sub>g</sub>*, %); coeficiente de variação relativa (*CV<sub>r</sub>*, adimensional); herdabilidade da média de genótipo (*h<sup>2</sup><sub>mg</sub>*, adimensional); acurácia da seleção de genótipos (*r<sub>aa</sub>*, %) e teste de razão de verossimilhança (LRT).

As correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres bioquímicos foram obtidas pelo “modelo 102” e “105”, respectivamente, após submeter o arquivo de dados no “modelo

96”. A significância foi avaliada pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade, de acordo com Ferreira (2009). A matriz das distâncias estatísticas de Mahalanobis em nível genotípico para divergência genética foi processada pelo “modelo 104”, que também forneceu o agrupamento otimizado de Tocher das árvores matrizes. Para verificar se pares de árvores matrizes mais divergentes geneticamente também são os mais distantes geograficamente, utilizou-se a correlação de postos de Spearman. A obtenção do índice de seleção adaptado de Mulamba-Mock deu-se pelo uso do “modelo 101”, em que os valores genotípicos foram classificados para cada composto bioquímico e a média dos *ranks* de cada genótipo para todos os constituintes foram apresentados como resultado final, utilizando a direção de seleção “maior” para todos os caracteres.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Variação genética e correlação entre os caracteres

Dentre os compostos bioquímicos avaliados a glutelina e a prolamina apresentaram as maiores médias (Tabela 1). O teor

Tabela 1. Média (*m*) e coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ), para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de uma população natural de aroeira, localizada em Ribeirão Preto-SP.

Table 1. Averages (*m*) and coefficients of experimental variation ( $CV_e$ ) for biochemical traits in aroeira mothers tree in a natural population, located in Ribeirão Preto-SP.

Caracteres	<i>m</i> (mg g <sup>-1</sup> )	$CV_e$ (%)
ALB	36,38	8,96
GLO	6,48	5,50
PRO	49,62	9,51
GLU	161,81	15,58
AMI	3,96	8,22
CHO	45,44	7,15

ALB: albumina; GLO: globulina; PRO: prolamina; GLU: glutelina; AMI: amido; CHO: carboidrato.

Tabela 2. Parâmetros genéticos para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de uma população natural de aroeira, localizada em Ribeirão Preto-SP.

Table 2. Genetic parameters for biochemical traits in aroeira mothers tree in a natural population, located in Ribeirão Preto-SP.

Caracteres	$CV_g$ (%)	$CV_r$ (%)	$h^2_{mg}$	$r_{aa}$	LRT
ALB	20,59	2,30	0,95	97,71	106,33**
GLO	16,64	3,03	0,97	98,66	141,20**
PRO	17,91	1,88	0,93	96,65	83,48**
GLU	21,14	1,35	0,88	93,83	51,30**
AMI	31,08	3,78	0,98	99,14	171,12**
CHO	15,44	2,16	0,95	97,42	98,98**

$CV_g$ : coeficiente de variação genética;  $CV_r$ : coeficiente de variação relativa;  $h^2_{mg}$ : herdabilidade da média de genótipos;  $r_{aa}$ : acurácia; LRT: teste da razão de verossimilhança.

Tabela 3. Correlações genéticas (diagonal superior) e fenotípicas (diagonal inferior), para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de uma população natural de aroeira, localizada em Ribeirão Preto-SP.

Table 3. Genetic (upper diagonal) and phenotypic correlations (lower diagonal), for biochemical traits in aroeira mothers tree in a natural population, located in Ribeirão Preto-SP.

	ALB	GLO	PRO	GLU	AMI	CHO
ALB	–	0,06 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
GLO	0,06 <sup>ns</sup>	–	-0,14 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>
PRO	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	–	0,07 <sup>ns</sup>	0,29*	-0,21 <sup>ns</sup>
GLU	-0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	–	0,07 <sup>ns</sup>	-0,35*
AMI	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	–	-0,33*
CHO	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,27*	-0,30*	–

ALB: albumina; GLO: globulina; PRO: prolamina; GLU: glutelina; AMI: amido; CHO: carboidratos; <sup>ns</sup>: não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade.

de carboidrato (CHO) foi superior ao conteúdo de reservas compactas, indicando ser o principal componente de reserva nas sementes.

O coeficiente de variação experimental foi baixo, com exceção da glutelina que apresentou magnitude intermediária.

De acordo com o teste da razão de verossimilhança (LRT), foram encontradas diferenças significativas ao nível de 1% entre as árvores matrizes (Tabela 2), indicando diferenças genéticas entre os indivíduos.

Os coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) foram altos e apresentaram grande amplitude de variação (15,64%) (Tabela 2).

A herdabilidade da média de genótipos foi alta ( $h^2_{mg} > 0,88$ ), resultando em acurácias superiores a 93,83% (GLU), indicando bom controle genético e ressaltando a existência de variação genética, que poderá ser utilizada em futuros programas de melhoramento genético.

O coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ) foi superior a unidade em todos os casos ( $> 1,35$  - GLU), revelando que a variação genética se sobressaiu a variação ambiental. Considerando a seleção de caracteres para instalação do teste de progênies, o indicado seria optar por aquele com maior  $CV_r$  como AMI e GLO, que deverão resultar em respostas efetivas na qualidade fisiológica de sementes, com melhoria no fornecimento de energia e aminoácidos essenciais para retomada do desenvolvimento do embrião, favorecendo o estabelecimento e vigor das plântulas no campo.

Em termos de correlações genéticas, a maioria das associações entre os caracteres não foram significativas (Tabela 3). O maior grau positivo para correlação genotípica ocorreu entre AMI e PRO, indicando que a seleção para um desses caracteres poderá resultar em ganhos indiretos no outro.

As correlações genéticas e fenotípicas entre GLU e CHO, mostraram que quanto maior o teor proteico nas sementes, menor deve ser a reserva energética, devido ao moderado grau negativo das associações. O mesmo foi encontrado para AMI e CHO.

Não foram observadas correlações genéticas ou fenotípicas significativas entre os teores de proteínas (Tabela 3).

### 3.2. Divergência genética

As medidas de dissimilaridade genética apontaram a existência de considerável diversidade genética entre as árvores matrizes, por meio do amplo intervalo de variação (1,19 a 31,34) (Tabela 4). As maiores distâncias genéticas ficaram registradas entre as árvores 21 - 25 (31,34), 18 - 32 (31,03) e 9 - 18 (29,51). A distância geográfica entre as árvores matrizes variou aproximadamente de 15 m a 9,35 km. Entre os 21 pares distintos para as maiores distâncias de dissimilaridade, a distância geográfica média foi de 4018,65 m. Entre os pares 21 - 25, 18 - 32 e 9 - 18, a distância geográfica foi de aproximadamente 4320 m, 4454 m e 4499 m, respectivamente. A correlação de Spearman foi negativa e de baixa magnitude (-0,07) e não indicou associação significativa entre a distância geográfica linear e a distância generalizada de Mahalanobis, sugerindo que as árvores matrizes encontram-se distribuídas aleatoriamente na população natural, o que pode ser um indicativo de ausência de estrutura genética espacial.

Com relação as menores distâncias, elas foram verificadas entre as matrizes 32 - 33 (1,19), 3 - 24 (1,62) e 7 - 11 (1,90) (Tabela 4), indicando homogeneidade entre elas.

Devido a amplitude da divergência genética, houve a formação de nove grupos heteróticos pelo método de agrupamento de Tocher (Tabela 5). O maior grupo (II) foi formado por 13 matrizes (50%), indicando que a divergência genética dentro desse grupo foi pequena e, portanto, existe maior similaridade entre a progênie que a ele pertencem (Tabela 5). Apesar disso, o grande número de grupos confirmou a existência de ampla variabilidade genética, mesmo a população colonizando uma área sujeita a forte pressão antrópica, onde era

Tabela 5. Grupos com base no método de agrupamento de Tocher, para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de uma população natural de aroeira, localizada em Ribeirão Preto-SP.

Table 5. Groups based on the Tocher Grouping Method, for biochemical traits in aroeira mothers tree in a natural population, located in Ribeirão Preto-SP.

Grupos	Árvores matrizes	Total
I	32, 33	2
II	2, 3, 7, 9, 11, 12, 13, 16, 22, 23, 24, 30 e 31	13
III	26, 28, 29	3
IV	15 e 25	2
V	19 e 21	2
VI	14	1
VII	20	1
VIII	4	1
IX	18	1

esperado baixos níveis de variação genética para os caracteres, devido a possível formação de um gargalo genético.

Portanto, a importância para estabelecer estratégias para conservação *ex situ* da população natural de aroeira é ressaltada. Além disso, a heterogeneidade de grupos colabora com a identificação de parentais divergentes, possibilitando a formação de combinações de elevada heterose e notória contribuição para seleção de genótipos promissores, caso seja objetivo de um futuro programa de melhoramento genético.

### 3.3. Índice de seleção

O ganho de seleção foi de 15,84% para intensidade de 50% das árvores matrizes, representadas em cinco grupos heteróticos, o que contribuiu para manutenção de uma representatividade adequada da divergência genética observada na população natural de aroeira. Kageyama et al. (2003), recomendaram coletar sementes em pelo menos 13 árvores matrizes, afim

Tabela 4. Estimativas para medidas de dissimilaridade, obtidas pela Distância Generalizada de Mahalanobis, para compostos bioquímicos em sementes de árvores matrizes de uma população natural de aroeira, localizada em Ribeirão Preto-SP.

Table 4. Estimates for measures of dissimilarity, obtained by Mahalanobis Generalized Distance, for biochemical traits in aroeira mothers tree in a natural population, located in Ribeirão Preto-SP.

Matriz	Dist. Maior	Dist. Ma%	Matriz Distante	Dist. Menor	Dist. Me%	Matriz Próxima
2	22,09	70,49	14	2,33	7,43	13
3	23,77	75,85	18	1,62	5,17	24
4	29,4	93,81	26	4,8	15,32	2
7	20,95	66,85	2	1,9	6,06	11
9	29,51	94,16	18	2,62	8,36	31
11	19,15	61,10	21	1,9	6,06	7
12	21,15	67,49	20	2,34	7,47	22
13	21,26	67,84	14	2,32	7,40	2
14	26,05	83,12	28	8,29	26,45	23
15	22,01	70,23	21	3,8	12,13	16
16	18,71	59,70	18	2,49	7,95	23
18	31,03	99,01	32	6,61	21,09	30
19	23,00	73,39	18	2,76	8,81	16
20	22,38	71,41	25	5,42	17,29	11
21	31,34	100,00	25	6,61	21,09	13
22	15,83	50,51	20	2,04	6,51	23
23	18,51	59,06	32	2,04	6,51	22
24	24,69	78,78	18	1,62	5,17	3
25	31,34	100,00	21	5,79	18,47	16
26	29,4	93,81	4	6,53	20,84	28
28	26,05	83,12	14	4,18	13,34	29
29	28,5	90,94	32	4,18	13,34	28
30	18,2	58,07	25	3,76	12,00	11
31	20,53	65,51	32	2,62	8,36	9
32	31,03	99,01	18	1,19	3,80	33

Dist. Maior: distância maior; Dist. Menor: distância menor; Dist. Ma: distância maior em %; Dist. Me: distância menor em %.

de manter uma representatividade para produção de mudas e recomposição ecológica. Assim, a coleta em 13 árvores matrizes (50%) seria adequada. No entanto, Sebbenn et al. (2002) foram mais conservadores para garantir o potencial evolutivo por gerações, priorizando que a amostragem deve ser de pelo menos 30 árvores matrizes para espécies de cruzamento (como é o caso da aroeira), respeitando a quantidade mínima de 10 sementes por árvore matriz (progênie), afim de manter um tamanho efetivo adequado.

#### 4. DISCUSSÃO

O teor proteico se sobressaiu ao de amido e carboidrato, fornecendo um indicativo de qualidade fisiológica, uma vez que, proteínas armazenadas contribuem para o sucesso do processo germinativo. Abdala et al. (2002) encontraram tendência semelhante ao observado no presente estudo em sementes de aroeira (*M. urundeuva*), obtendo maior teor para glutelina (286,0 mg g<sup>-1</sup>) e prolamina (135,2 mg g<sup>-1</sup>). De acordo com Souza et al. (1993), a glutelina é uma proteína de boa qualidade nutricional e apresenta maior teor de aminoácidos essenciais que a prolamina. Para Baleroni et al. (2002) o teor proteico está relacionado a preferência dos dispersores e disseminação das sementes, fato importante para colonização e sobrevivência da espécie.

A superioridade do teor de carboidrato em relação ao conteúdo de reservas compactadas também foi observada por Berti et al. (2014), em sementes de aroeira procedentes de Aquidauna-MS (24,00 mg g<sup>-1</sup> de CHO e 2,61 mg g<sup>-1</sup> de AMI), afirmando que tal fato pode estar relacionado a abundância dos carboidratos nos vegetais. Compostos de reserva acumulada assumem importância crucial para sobrevivência nos estágios iniciais da plântula e para seu estabelecimento, fornecendo substratos para respiração durante o estágio de pré-germinação, enquanto o teor de reservas compactas serve como fonte de carbono reduzido para respiração e metabolismo da semente (ATAÍDE et al., 2013).

O baixo valor do  $CV_e$  revelou que a precisão experimental foi adequada, indicando que as estimativas dos parâmetros genéticos e a predição de valores genéticos tendem a ser acurados. Oliveira et al. (2009); Berti et al. (2014) encontraram, em geral, valores menores que 10% para os teores de proteínas.

Os altos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) e a amplitude, confirmam a existência de variabilidade genética para os compostos bioquímicos nas sementes da população natural. De acordo com Shimizu (2007), a recuperação de uma cobertura florestal implica na fundação de populações e para perpetuação e garantia do potencial evolutivo, é fundamental que essas populações sejam fundadas a partir de ampla base genética.

Assim, ressalta-se a importância em promover a conservação genética *ex situ* de espécies nativas e ameaçadas de extinção ou vulneráveis, como é o caso da aroeira, e particularmente da população estudada, exposta a intensas atividades antrópicas que ocorrem na área urbana.

Com o bom controle genético associado a existência de variação genética, os teores de AMI e GLO poderão responder à prática de seleção, com possibilidade para obtenção de ganhos genéticos satisfatórios.

O coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ), parâmetro que indica a razão entre o coeficiente genotípico e o coeficiente experimental utilizado para estimá-lo, permite afirmar que a amostragem realizada com a coleta de sementes foi eficiente

para preservar a variabilidade genética na população natural de aroeira, indicando que a instalação de um teste de progênies seria uma estratégia eficiente de conservação *ex situ* para resguardar esses genótipos sujeitos ao desaparecimento.

O baixo número de correlações genéticas e fenotípicas significativas também foram observados por Oliveira et al. (2009) e a PRO se correlacionou em maior grau com CHO (0,36); além disso, os autores afirmaram que essas proteínas de reserva apresentam características diferentes, pois, enquanto as albuminas e globulinas estão ativas, as prolaminas e glutelinas encontram-se inativas na semente. Assim, os teores de proteínas não apresentaram forte grau de associação entre si, sugerindo que esses caracteres são independentes.

A ausência de correlação fenotípica ou genética entre os teores de proteínas contrariam o que Oliveira et al. (2009) obtiveram em jenipapo (*Genipa americana*) e Berti et al. (2014) em aroeira (ALB-PRO), indicando que essas associações, além de variar entre espécies, podem variar também entre populações, devido as diferenças ambientais experimentadas pelas árvores matrizes.

A informação gerada a respeito da divergência entre progênies é de grande importância para nortear programas de melhoramento e conservação genética. Assim, é possível evitar a amostragem em árvores muito próximas ou dentro de um mesmo grupo, orientando a coleta de sementes para o estabelecimento de um banco de germoplasma.

Para resguardar a variabilidade genética e estabelecer um teste de progênies como estratégia de conservação *ex situ*, todas as árvores matrizes da população natural de aroeira, localizada no município de Ribeirão Preto-SP deveriam ser amostradas, visando a manutenção da base genética, e no futuro, seria possível avaliar outros caracteres de interesse, como altura, diâmetro a altura do peito e diâmetro de copa, propondo caso seja o objetivo, a seleção e desbaste no teste de progênies, para transformação em um pomar de sementes por mudas e fornecimento de sementes com qualidade genética.

#### 5. CONCLUSÕES

A população natural de aroeira apresenta variabilidade genética para os compostos bioquímicos de sementes e controle genético adequado;

As correlações genéticas e fenotípicas entre os compostos bioquímicos são de fraca magnitude;

Existe considerável divergência genética entre as árvores matrizes, o que ressalta a importância para conservar a ampla base genética dessa população, sujeita a eliminação na área urbana;

Apesar do ganho genético considerável com base no índice de seleção de 50% das árvores matrizes, recomenda-se que a coleta de sementes seja realizada em toda população para estabelecer um teste de progênies, como estratégia de conservação *ex situ* da população natural de aroeira.

#### 6. REFERÊNCIAS

- ABDALA, L.; MORAES, M. L. T.; RECHIA, C. G. V.; GIORGINI, J. F.; SÁ, M. E.; POLIZELI, M. L. T. M. Biochemical traits useful for the determination of genetic variation in a natural population of *Myracrodruon urundeuva*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 909-916, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000700003>

- ARAÚJO, D.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; ZANATA, M.; MORAIS, E.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolus* Jacq. (Anacardiaceae). **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 61-68, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602014000100008>
- ATAÍDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; GONÇALVES, J. F. C.; GUIMARÃES, V. M.; FLORES, A. V.; BICALHO, E. M. Alterations in seed reserves of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr All. ex Benth.) during hydration. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 56-63, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000100008>
- BALERONI, C. R. S.; MORAES, M. L. T.; MORAES, S. M. B.; SOUZA, C. S.; SÁ, M. E. Composição química de sementes das espécies florestais mamica-de-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec), marolo arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), marolo rasteiro (*Annona dioica* St. Hil.), chichá-do-cerrado (*Sterculia a* St. Hil. Ex Turpin) e imbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). **Revista Ciências Agrárias e da Saúde**, Andradina, v. 2, n. 1, p. 28-32, 2002.
- BERTI, C. L. F.; SILVA, J. R.; MORAES, M. A.; CORNACINI, M. R.; SANT'ANA, V. Z.; SILVA, M. P.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T. Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de população base de *Myracrodruon urundeuva* Allemão procedente de Aquidauana-MS. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 11, n. 1, p. 65-73, 2014.
- BRASIL, Centro Nacional de conservação da flora. **Projeto Lista Vermelha: lista vermelha**. 2014. Brasília. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/ANACARDIACEAE>>. Acesso: 24/04/17.
- BRASIL, **Instrução Normativa: Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção - Anexo I**. 2008. Brasília. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom\\_boletins/\\_arquivos/83\\_19092008034949.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/83_19092008034949.pdf)>. Acesso: 24/04/17.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>
- FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; HOLANDA, A. C. Morfologia de sementes, de plântulas e de plantas jovens de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 8, n. 1, p. 110-118, 2008.
- FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. 2009. Lavras: Editora UFLA, 664p.
- GARCIA-AGUSTIN, P.; PRIMO-MILLO, E. Ultrastructural and biochemical changes in cotyledon reserve tissues during germination of citrus seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 40, n. 3, p. 383-390, 1989. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.3.383>
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. F.; GANDARA, F. B. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 29-46.
- MANOEL, R. O.; ALVES, P. F.; MORAES, M. A.; SILVA, J. R.; CORNACINI, M. R.; SASAKI, J. L. S.; MORAES, M. L. T.; POLIZELI, M. L. T. M. Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de uma população natural de *Luehea divaricata* MART. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 24, n. 1, p. 53-62, 2015.
- MORAES, M. A.; MORAES, S. M. B.; SILVA, E. C. B.; KUBOTA, T. Y. K.; SILVA, A. M.; RESENDE, M. D. V.; MORAES, M. L. T. Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizando o delineamento sistemático tipo "leque". **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 175-183, 2013.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H. S.; VELOSO, M. D. M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão - Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 233-243, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000200006>
- OLIVEIRA, S. A.; BONJORNO, I. I.; ALVES, P. F.; MORAES, M. A.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; POLIZELI, M. L. T. M. Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de duas populações naturais de *Genipa americana* L.: análises individuais e univariadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 71-78, 2009.
- OTSUBO, H. C. B.; MORAES, M. L. T.; MORAES, M. A.; JOSÉ NETO, M.; FREITAS, M. L. M.; COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais em três espécies arbóreas da região do bolsão sul-mato-grossense. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 535-544, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521041317>
- RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 362p.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a, 359p.
- SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.
- SEOANE, C. E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Efeitos da fragmentação florestal na estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Guarantã). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 123-139, 2000.
- SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 7-35, 2007.
- SORIANO, D.; OROZCO-SEGOVIA, A.; MÁRQUEZ-GUZMÁN, J.; KITAJIMA, K.; GAMBOA-DE-BUEN, A.; HUANTE, P. Seed reserve composition in 19 trees species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. **Annals of Botany**, Exeter, n. 6, v. 107, p. 939-951, 2011. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr041>
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; SILVESTRE-FERNANDES, M. Teores e qualidade das proteínas de reserva do arroz em função da aplicação suplementar de N. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 575-583, 1993.
- STURGIS, F. E.; MIEARS, R. J.; WALKER, R. K. Protein in rice as influenced by variety and fertilizer levels. **Louisiana Experimental Station Technical Bulletin**, Louisiana, p. 1-466, 1952.
- THIVEND, P.; MERCIER, C.; GUILBOT, A. **Determination of starch with glucoamylase methods carbohydrate chemistry**. New York, Academic, v. 2, n. 6, p. 100-105, 1972.
- VIEGAS, M. P.; SILVA, C. L. S. P.; MOREIRA, J. P.; CARDIN, L. T.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Diversidade genética e tamanho efetivo de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., sob conservação *ex situ*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 769-779, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000500002>
- VIEIRA, L. M.; CASTRO, C. F. S.; DIAS, A. L. B.; SILVA, A. R. Fenóis totais, atividade antioxidante e inibição da enzima tirosinase de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 521-527, 2015. [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/13\\_033](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/13_033)