

Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de
Myracrodruon urundeuva F.F. & M.F. Allemão – AnacardiaceaeProductive, stability and adaptability in progenies of
Myracrodruon urundeuva F.F. & M.F. Allemão - AnacardiaceaeMarcela Aparecida de Moraes¹, Walter Veriano Valério Filho², Marcos Deon Vilela Resende³,
Alexandre Marques Silva⁴, Ricardo de Oliveira Manoel⁴, Miguel Luiz Menezes Freitas⁵,
Mario Luiz Teixeira de Moraes⁶ e Alexandre Magno Sebbenn⁵**Resumo**

A utilização de forma extrativista e inadequada dos recursos naturais vem restringindo a ocorrência da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão), constando, inclusive, na lista de espécies ameaçadas de extinção da FAO. Assim, a restrição da ocorrência, acarreta diminuição na base genética das populações de *M. urundeuva*, o que torna mais difícil encontrar genótipos com estabilidade e adaptabilidade para as diferentes condições de plantio. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo estimar a variação genética e estudar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de uma população natural de *M. urundeuva* em diferentes sistemas de plantio. Para tanto, avaliou-se o DAP (diâmetro à altura do peito) em quatro testes de progênies de *M. urundeuva*: i) consorciada com *Anadenanthera falcata* e *Guazuma ulmifolia* (TP-AMA); ii) a pleno sol (TP-ASO); iii) em consórcio com culturas anuais (TP-SAF) e iv) consorciada com *Corymbia citriodora* (TP-EUCA), instalados em Selvíria, MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e número variável de plantas por parcela em cada um dos quatro sistemas de plantio. A partir da análise conjunta dos sistemas de plantio estudados, verificou-se que: i) houve variação entre os sistemas de plantio com destaque para o TP-SAF; ii) apenas no TP-EUCA foi possível detectar variação entre as progênies; iii) os efeitos da interação genótipo x ambiente não foram significativos. A média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), o desempenho relativo dos valores genotípicos em relação à média de cada local (PRVG) e a média harmônica do desempenho relativo dos valores genotípicos (MHPRVG) para o caráter DAP evidenciaram, respectivamente, as progênies com maior estabilidade, adaptabilidade, e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente nos diferentes sistemas de plantio. Assim, a utilização destes critérios de seleção proporcionou um refinamento a mais na seleção das melhores progênies de *M. urundeuva* nos diferentes sistemas de plantios estudados.

Palavras-chave: base genética, estabilidade genética, adaptabilidade genética, produtividade.

Abstract

The use and inadequate exploitation of natural resources is restricting the occurrence of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão), which now is on the FAO list of endangered species. This exploitation causes a decrease in the genetic base of *M. urundeuva* populations, which makes it difficult to find genotypes with stability and adaptability to different growing conditions. This study aimed at estimating the genetic variation and productivity, stability and adaptability of progenies of a *M. urundeuva* natural population, from the Ecological Station of Paulo de Faria – SP, under different planting systems. DBH (diameter at breast height) was evaluated in four progeny tests of *M. urundeuva*: i) planted with *Anadenanthera falcata* and *Guazuma ulmifolia* (TP-AMA); ii) single (TP-ASO); iii) planted with annual crops (TP-SAF) and iv) planted with *Corymbia citriodora* (TP-EUCA), installed in Selvíria-MS. The experimental design consisted of complete randomized blocks with three replications and a variable number of plants per plot in each of the

¹Pós-graduanda em Agronomia, Faculdade de Engenharia / UNESP – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal: 31 - Ilha Solteira, SP - CEP15.385-000 - E-mail: ma_apmoraes@yahoo.com.br; rickom.is@gmail.com

²Professor Doutor, Departamento de Matemática, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP, Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000 - E-mail: wvfvf@mat.feis.unesp.br

³Pesquisador Doutor, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Florestas, CEP: 83411-000 Colombo(PR) - E-mail: marcosdeon@cnpgc.embrapa.br

⁴Mestre em Agronomia da Faculdade de Engenharia / UNESP – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal: 31 - Ilha Solteira (SP), CEP15.385-000 - E-mail: amsilva@agr.feis.unesp.br

⁵Pesquisador Doutor, Instituto Florestal de São Paulo - E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br; alexandresebbenn@yahoo.com.br

⁶Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira / FEIS/UNESP, Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000 - E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

four planting systems. From the joint analysis of the planting systems studied, it was found that: i) there were variations among planting systems particularly in TP-SAF; ii) only in TP-EUCA it was possible to detect variations among the progenies; iii) the effects of the genotype x environment interaction were not significant. Thereby, the harmonic mean of genotypic values (MHVG), the relative performance of genotypic values from the mean of each site (PRVG) and the harmonic mean of the relative performance of genotypic values (MHPRVG) for DBH showed, respectively: progenies with greater stability, adaptability, and stability and simultaneous adaptability within different planting systems. The use of these selection criteria provided a more refined selection of the best progenies of *M. urundeuva* under the different planting systems studied.

Keywords: genetic base, genetic stability, genetic adaptability, productivity.

INTRODUÇÃO

Em populações naturais de espécies arbóreas, a crescente fragmentação florestal aliada à exploração madeireira tem sido a principal ameaça à sustentabilidade dos ecossistemas florestais, aumentando as possibilidades de erosão genética, decorrente da drástica redução do tamanho populacional. Este fato, aliado ao isolamento das populações numa matriz pouco permeável, gera condições propícias para a manifestação dos efeitos da deriva genética, diminuição do fluxo gênico entre populações e aumento da endogamia.

Análises da estrutura genética das populações têm sido realizadas, buscando caracterizar os níveis de diversidade, a distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações isoladas e entender os padrões de autocorrelação espacial dos genótipos, a fim de subsidiar o delineamento de estratégias conservacionistas tanto *in situ* quanto *ex situ*. Dentre estas espécies arbóreas está a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão), da família Anacardiaceae. Trata-se de uma espécie arbórea tropical, cujas flores são unissexuais, polinizadas possivelmente por abelhas e suas sementes são dispersas pelo vento. Geralmente, o fruto contém apenas uma semente. A espécie tem ampla distribuição no Brasil, ocorrendo, também, na Argentina, Bolívia e Paraguai (3°30'S no Brasil a 25°S na Argentina). Sua madeira é utilizada para vigamento de pontes, postes, dormentes, carvão etc. A árvore tem valor, também, como ornamental, apícola, forrageira e para reflorestamentos ambientais (CARVALHO, 1994; LORENZI, 1992; RIZZINI, 1971; SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991). Contudo, *M. urundeuva* tem se tornada escassa na região sudeste do Brasil, especialmente no estado de São Paulo, onde não é encontrada em grande número, exceto em pequenas reservas privadas e do governo estadual. Um dos poucos lugares da região sudeste que ainda é possível encontrar populações naturais de *M. urundeuva* é a Estação Ecológica do Ins-

tituto Florestal de São Paulo (EEPF) localizada em Paulo de Faria-SP. A área da EEPF tem 435,7 ha, porém a espécie ocorre apenas na parte norte da Estação, onde ocupa uma área aproximada de 142 ha e existem 470 árvores adultas reprodutivas (GAINO *et al.*, 2010).

As populações naturais são importantes fontes de semente para instalação de testes de progênies em vários locais. Isto permite o estudo da interação genótipo x ambiente, que visa detectar se diferentes materiais genéticos têm mesmo ou diferente desempenho em diferentes ambientes. Contudo, embora estudos da interação genótipo x ambiente sejam de grande importância para seleção de materiais adaptados a diferentes condições edafoclimáticas, eles não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, com as quais é possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou ampla (CRUZ; REGAZZI, 1994). Resende (2004) apresentou um método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos (MHPRVG) para este tipo de estudo. A predição baseada na média harmônica permite selecionar progênies, simultaneamente, por produtividade e estabilidade, e pode ser feita pelo emprego dos mesmos preditores BLUP e das equações do modelo misto utilizados na tradicional seleção baseada na média aritmética. É uma metodologia estatística de fácil interpretação e com seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, e tem sido desenvolvida buscando-se a seleção de genótipos com elevados rendimentos em diferentes ambientes (BASTOS *et al.*, 2007).

Genericamente, o desempenho relativo do valor genotípico tem sido utilizado há muito tempo (WRIGHT *et al.*, 1966), em termos de dados fenotípicos e constitui a base do método de Annicchiarico (1992). No cálculo da MHPRVG, os valo-

res fenotípicos são expressos como proporção da média geral de cada local (MI) e, posteriormente, obtém-se BLUP contendo o valor médio dessa proporção entre os locais (RESENDE, 2004).

A estatística da MHPRVG é aplicada preferencialmente sobre dados originais e, posteriormente, obtendo-se BLUP para os valores genotípicos (média geral mais efeitos genotípicos), conforme recomenda Resende (2004). A recíproca destes, multiplicada pela média geral de todos os testes, fornece a MHPRVG na unidade de avaliação do caráter. Com esse procedimento, as diferentes precisões associadas aos valores genéticos preditos dos genótipos nos ambientes são automaticamente consideradas pelo procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor preditor linear não viciado).

A aplicação desse método, que permite selecionar indivíduos simultaneamente pelos três atributos (produtividade, estabilidade e adaptabilidade), deve-se às principais vantagens de considerar os efeitos genotípicos como aleatórios e, assim, fornecer valores da estabilidade e adaptabilidade genotípicas e não fenotípicas, como fornecem os outros métodos diferentemente dos demais métodos que não o fornecem, tais como o de Lin e Binns (1988) e de Annicchiarico (1992). Este último requer adicionalmente o estabelecimento de suposições para os valores da ordenada da curva normal padronizada, associada ao nível de significância; e de lidar com dados não balanceados e heterogeneidade de variâncias, de fornecer dados já descontados a instabilidade e de gerar resultados na mesma escala do caráter avaliado (RESENDE, 2004).

O presente trabalho teve por objetivos: a) estimar a variação genética a partir da utilização do procedimento REML/BLUP em progênies de polinização aberta de *M. urundeuva* e b) estudar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade dos genótipos da espécie e suas progênies em quatro sistemas de plantios, utilizando o método MHVG (média harmônica dos valores genéticos), PRVG (performance relativa dos valores genéticos) e MHPRVG (média harmônica da performance relativa dos valores genéticos) pre-

ditos por BLUP. Com base nesta metodologia é possível identificar genótipos com estabilidade e adaptabilidade para as diferentes condições de plantio em populações naturais, contribuindo assim, para conservação da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes originadas de polinização livre de *M. urundeuva* foram coletadas em 1996 aleatoriamente em 30 árvores matrizes, distantes entre si em pelo menos 100 m, na Estação Ecológica do Instituto Florestal em Paulo de Faria-SP (EEPF). A vegetação do local é a estacional semi-decidual na qual predominam espécies que perdem as folhas na estação seca e a dispersão de sementes é pelo vento. Em 1997 foram instalados quatro testes de progênies de *M. urundeuva*, em diferentes sistemas de plantio, no município de Selvíria – MS. O solo do local é um Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com 30 tratamentos (progênies), três repetições e várias plantas por parcela (6 a 10 plantas) (Tabela 1). Aos 11 anos de idade, foi avaliado o caráter diâmetro a altura do peito (DAP).

a) Variação genética

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método REML/BLUP, empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007a). Os diferentes testes de progênies (Tabela 1) foram avaliados individualmente.

b) Estimativa dos parâmetros genéticos

As estimativas de parâmetros genéticos para o DAP foram obtidas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado) – REML/BLUP, aplicado aos testes de progênies de polinização aberta, assumindo que as progênies eram de meios-irmãos, delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, um só local e uma única população, seguindo o procedimento proposto por Resende (2007b):

Tabela 1. Testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* procedentes da Estação Ecológica Paulo de Faria – SP.
Table 1. Progeny tests of *M. urundeuva* from the Ecological Station Paulo de Faria – SP.

TP	Instalação	Espécies consorciadas	Espaçamento	Rep	Prog	N
AMA	18/03/97	<i>Anandananthera falcata</i> e <i>Guazuma ulmifolia</i>	3,0 x 3,0 m	3	30	10
ASO	19/03/97	Plantio homogêneo	3,0 x 1,5 m	3	30	10
SAF	23/04/97	<i>Ricinus comunis</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Cajanus cajan</i> e <i>Coffea arabica</i>	3,0 x 1,6 m	3	30	10
EUCA	12/05/97	<i>Corymbia citriodora</i>	3,0 x 6,0 m	3	30	6

TP: Teste de progênies; Rep: número de repetições; Prog: número de progênies; N: número de plantas por parcela linear (TP: Progenies tests; Rep: Replications number; Prog: progenies number).

$y = Xr + Za + Wp + e$; em que: y é o vetor de dados; r é o vetor dos efeitos de repetição (presumidos como fixos) somados à média geral; a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios); p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios); e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Os seguintes componentes de variância e parâmetros foram estimados:

- a) Variância genética aditiva (σ_a^2);
- b) Variância ambiental entre parcelas (σ_c^2);
- c) Variância residual (ambiental + não aditiva) (σ_e^2);
- d) Variância da interação genótipo x ambiente (σ_i^2);
- e) Variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$): $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2$
- f) Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos (\hat{h}_a^2): $\hat{h}_a^2 = \hat{\sigma}_a^2 / \hat{\sigma}_f^2$
- g) Herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa (\hat{h}_m^2):

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2}{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n \cdot r}}$$

- h) Herdabilidade aditiva dentro de parcela (\hat{h}_{ad}^2): $\hat{h}_{ad}^2 = 0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 / (0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)$
- i) Coeficiente de variação genética aditiva individual (evolubilidade, HOULE, 1992) (CV_{gi}):

$$CV_{gi} (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

- j) Coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{gp}):

$$CV_{gp} (\%) = \frac{\sqrt{0,25 \cdot \hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

- k) Coeficiente de variação experimental (CV_e):

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{[(0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2) / n] + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

em que, n é o número de plantas por parcela.

- l) Coeficiente de variação relativa (CV_r): $CV_r = CV_{gp} / CV_e$

- m) Acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa (r_{aa}): $r_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$

- n) Correlação genotípica entre o desempenho das progênies nos vários ambientes (\hat{r}_g): $\hat{r}_g = \hat{\sigma}_a^2 / (\hat{\sigma}_a^2 + 4\hat{\sigma}_i^2)$

- o) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (\hat{C}_p^2): $\hat{C}_p^2 = \hat{\sigma}_c^2 / \hat{\sigma}_f^2$

- p) Coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente (\hat{C}_i^2): $\hat{C}_i^2 = \hat{\sigma}_i^2 / \hat{\sigma}_f^2$

c) Produtividade, estabilidade e adaptabilidade

A produtividade, estabilidade e adaptabilidade dos genótipos da população de aroeira da EEPF foram estudadas, envolvendo os quatro

testes de progênies desta população. Para tanto, foi utilizado o método MHPRVG (média harmônica da performance relativa dos valores genéticos) preditos por BLUP, tendo por base o trabalho de Resende (2004). Dessa forma, o modelo estatístico utilizado foi: $y = Xr + Za + Wp + Ti + e$; em que: y é o vetor de dados; r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados a média geral; a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); p é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios); i é o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor r contempla todas as repetições de todos os locais (ajusta combinações repetição-local). Nesse caso, esse vetor contempla os efeitos de locais e de repetições dentro de locais (RESENDE 2007a). Nessas estimativas utilizou-se o programa genético-estatístico SELEGEM REML/BLUP (RESENDE, 2007b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As progênies de aroeira da EEPF aos 11 anos de idade apresentaram valor médio de DAP de 7,42 cm, o que corresponde a um IMA (Incremento Médio Anual) de 0,67 cm (Tabela 2). Os testes de progênies (TP) em que a aroeira foi associada com eucalipto (TP-EUCA) e angico com mutambo (TP-AMA) ficaram abaixo desta média e os que foram estabelecidos em plantio homogêneo (TP-ASO) e em sistema agroflorestral (TP-SAF) ficaram acima da média. Dessa forma, verifica-se que, tanto o angico como o eucalipto exercem um efeito de competição à aroeira, afetando o desenvolvimento em diâmetro das plantas. O incremento médio anual (IMA) diminuiu ao passar dos anos. FREITAS *et al.* (2006a) observaram um IMA de 1,77 cm e 1,51 cm, respectivamente, para o diâmetro médio de colo aos 30 cm do solo, aos 3 e 4 anos de idade, respectivamente, na análise conjunta do AMA, EUCA e ASO para o mesmo teste do presente trabalho. O baixo IMA em comparação ao crescimento de outras espécies arbóreas tropicais pode ser observado em FREITAS *et al.* (2006b) com IMA no DAP de 1,32 cm, aos 19 anos de idade em louro (*Cordia trichotoma*); o mesmo valor foi observado por Sebbenn *et al.* (2001) em jequitibá (*Cariniana legalis*), aos 17 anos de idade. Porém, o presente IMA foi su-

perior ao encontrado em louro, com IMA de 0,51 cm, aos 23 anos de idade (SEBBENN *et al.*, 2007). Assim, verifica-se que o desenvolvimento da aroeira com espécies de rápido crescimento poderá ser comprometido.

A variação entre as progênies em DAP foi significativa no TP-EUCA. Nos demais arranjos, o CV_e foi maior que o CV_{gi} (Tabela 2). A variabilidade genética (CV_{gi}) variou de 1,96% (TP-SAF) a 18,82% (TP-EUCA). Este último arranjo apresentou a maior herdabilidade individual ($\hat{h}_a^2=0,55$) (Tabela 2). Oliveira *et al.* (2000) verificaram que, aos 24 meses de idade, o CV_e e o CV_{gi} nesses experimentos foram de 15,10% e 6,10% respectivamente, no arranjo TP-AMA e o CV_e de 14,80% para TP-ASO para o diâmetro à altura de 30 cm do solo.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) foi maior no TP-EUCA (0,74), conduzindo a altas estimativas de herdabilidade em nível de média (\hat{h}_m^2) de progênies (0,62) e alta acurácia seletiva (r_{aa}) (78,94%) (Tabela 3). Desse modo, a precisão na seleção, neste teste, foi alta em comparação aos outros testes: TP-SAF (0,07; 0,02 e 12,90%), TP-AMA (0,16; 0,07 e 26,90%) e TP-ASO (0,39; 0,32 e 56,27%), considerando o CV_r , a \hat{h}_m^2 e a r_{aa} , respectivamente. Portanto, para implementar um teste de progênies de segunda geração ou para conservação genética da espécie, a seleção de progênies no TP-EUCA e no TP-ASO será mais eficiente do que nos outros dois testes de progênies.

Oliveira *et al.* (2000) estimaram \hat{h}_m^2 de 0,33 para o TP-AMA e 0,0 para o TP-ASO, no diâmetro à altura de 30 cm do solo aos 24 meses de idade. Fonseca *et al.* (2003) observaram que a \hat{h}_m^2 do primeiro ano foi de 0,70 em diâmetro aos 30 cm do solo na população da Estação Ecológica de Seridó e 0,38 na população da Estação Ecológica Paulo de Faria. Freitas *et al.* (2006a), estudando a variação genética em DAP estimaram \hat{h}_m^2 de 0,14 (TP-AMA); 0,59 (TP-EUCA) e 0,03 (TP-ASO) aos três anos após os plantios, nos mesmos testes de progênies estudados neste trabalho. Os resultados deste parâmetro sugerem a necessidade de estimar a variabilidade genética desta espécie em diferentes idades e ambientes para definir as possíveis correlações em idades adultas ou de corte.

As herdabilidades para a seleção dentro de progênies (\hat{h}_{ad}^2) apresentaram magnitudes similares às das herdabilidades individuais (\hat{h}_a^2) nos quatro testes de progênies, destacando-se TP-EUCA com \hat{h}_{ad}^2 de 0,55, que foi a mais alta de todas. Na análise conjunta, envolvendo os quatro testes (Tabela 2), a herdabilidade individual foi de baixa magnitude (0,01), revelando uma situação desfavorável ao melhoramento por seleção massal no experimento, se a seleção for feita em um único teste. Por sua vez, a herdabilidade em nível de médias de progênies (0,41) e a acurácia seletiva (64%) da análise conjunta foi relativamente alta. Esses resultados indicam que há possibilidade de ganho com a seleção em nível de média de progênies com base na análise conjunta (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativa de parâmetros genéticos para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP) nos quatro testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, em diferentes sistemas de plantio, avaliados aos 11 anos de idade, em Selvíria-MS.

Table 2. Estimates of genetic parameters for diameter at breast height (DBH) in the four *Myracrodruon urundeuva* progeny tests under different planting systems evaluated at age 11 years, Selvíria-MS.

Estimativas	TP-AMA	TP-ASO	TP-SAF	TP-EUCA	Conjunta
\hat{h}_a^2	0,04	0,08	0,00	0,55	0,01
\hat{C}_p^2	0,2955	0,0302	0,0899	0,1246	0,1128
\hat{C}_i^2	-	-	-	-	0,0072
\hat{h}_m^2	0,07	0,32	0,02	0,62	0,41
r_{aa}	0,2690	0,5627	0,1290	0,7894	0,6366
\hat{h}_{ad}^2	0,04	0,06	0,00	0,55	-
\hat{r}_{ad}	-	-	-	-	0,6360
CV_g (%)	6,71	8,70	1,96	18,82	3,57
CV_{gi} (%)	3,35	4,35	0,98	9,41	-
CV_{gp} (%)	20,79	11,06	13,05	12,67	14,21
CV_e	0,16	0,39	0,07	0,74	-
\hat{m} (cm)	5,42	8,49	9,11	6,60	7,42
χ^2	0,06 ^{ns}	1,41 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	8,93**	-

TP: Teste de progênies; AMA: consórcio = angico + mutambo; ASO: plantio homogêneo; SAF: mamona + milho + guandu + café; EUCA: eu-calipito; \hat{h}_a^2 herdabilidade individual dos efeitos aditivos; \hat{C}_p^2 coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; \hat{C}_i^2 coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente; \hat{h}_m^2 herdabilidade da média de progênies; r_{aa} acurácia; \hat{h}_{ad}^2 herdabilidade aditiva dentro de parcela; \hat{r}_{ad} correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; CV_g coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; \hat{m} média geral; χ^2 qui-quadrado da deviance.

O coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (\hat{C}_p^2) foi de baixa magnitude para TP-ASO (3,02%), TP-SAF (8,99%) e TP-EUCA (12,46%). Desse modo, nestes testes, não foi constatada heterogeneidade ambiental dentro dos blocos. Porém, o mesmo não ocorreu com TP-AMA que acusou um \hat{C}_p^2 de 29,55%. Neste caso, o delineamento experimental não foi o mais adequado. Este resultado indica que para futuros ensaios, é recomendável a redução no número de plantas por parcela e o aumento no número de blocos para aumentar a precisão ambiental. Dessa forma, os erros poderiam ser minimizados e diminuiria as estimativas de \hat{C}_p^2 , tornando o TP-AMA mais adequado para a seleção de progêneses.

O coeficiente de determinação da interação genótipo x ambiente ($\hat{C}_i^2 = 0,72\%$) não foi significativo. A correlação genotípica por ambientes (\hat{r}_g) foi de 0,64, indicando que a interação é simples. Assim, em um programa de melhoramento, este tipo de interação é mais prático do que o de natureza complexa, conforme conceito apresentado por Vencovsky e Barriga (1992).

Os efeitos da interação genótipos x ambientes não foram significativos (Tabela 3). Entretanto, foram significativos entre as progêneses e entre as parcelas, para os diferentes sistemas de plantios.

As progêneses mais produtivas em todos os ambientes não sofrem influência significativa do ambiente e, conseqüentemente, não apresentam interação genótipo x ambiente. Foram selecionadas as nove progêneses de maior DAP - 30% do total das progêneses - na análise conjunta de todos os ambientes. Progenies 27, 23, 19, 30 e 10 estão entre as nove de maior DAP nos quatro testes de progêneses. Portanto, se estas forem selecionadas na análise global de todos os ambientes, cada teste, em particular, estará bem representado, geneticamente (Tabela 4). As progêneses 29, 25, 9 e 21 foram exclusivas, entre as nove de maior DAP em TP-AMA, TP-ASO, TP-SAF e TP-EUCA, respectivamente.

A estabilidade é a variação no desempenho genotípico nos diferentes ambientes (RESENDE, 2007b). Com a média harmônica dos valores genéticos preditos (MHVG), é possível selecionar os materiais genéticos em nível global dos quatro testes. As progêneses de maior DAP indicadas para a seleção foram: 27, 23, 19, 30, 10, 13, 24, 3 e 7. As progêneses que apresentaram o maior sinergismo adaptativo, nos quatro ambientes analisados, com base no DAP, foram: 27, 23, 19, 30, 10, 13, 24, 3 e 7. Este resultado foi semelhante ao da estabilidade.

Tabela 3. Análise de deviance (ANADEV) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP) para os quatro testes de progêneses de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes sistemas de plantio, avaliados aos 11 anos de idade, em Selvíria-MS.

Table 3. Analysis of deviance (ANADEV) for the trait diameter at breast height (DBH) for the four progenies tests *Myracrodruon urundeuva* under different planting systems evaluated at age 11 years, Selvíria-MS.

Efeito	Deviance	χ^2	Comp. Var.	Coef. Determ.
Progêneses	7962,10	3,08*	$\hat{\sigma}_a^2 = 0,0699^*$	$\hat{h}_a^2 = 0,01^*$
Parcela	8032,69	73,67**	$\hat{\sigma}_c^2 = 0,6282^{**}$	$\hat{C}_p^2 = 0,1128^{**}$
Prog x TP	7959,28	0,26 ^{ns}	$\hat{\sigma}_i^2 = 0,0400^{ns}$	$\hat{C}_i^2 = 0,0072^{ns}$
Resíduo	-	-	$\hat{\sigma}_e^2 = 4,8330$	$\hat{C}_{res}^2 = 0,8800$
Modelo Completo	7959,02	-	-	$\hat{C}_{total}^2 = 1,00$

*significativo a 5%, com 0,5 grau de liberdade; ^{ns} não significativo.

Tabela 4. Resultado das progêneses selecionadas de *Myracrodruon urundeuva* com base na análise individual, conjunta, na estabilidade genotípica (MHVG), na adaptabilidade genotípica (PRVG), e simultaneamente por produtividade, estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG).

Table 4. Result of *Myracrodruon urundeuva* progenies selected in each progeny test, in all tests and also for genotypic stability (MHVG), genotypic adaptability (PRVG) and simultaneously for productivity, stability and adaptability (MHPRVG).

Ordem	TP-AMA	TP-ASO	TP-SAF	TP-EUCA	Conjunta	MHVG	PRVG	MHPRVG
1	27	30	27	27	27	27	27	27
2	23	23	19	19	23	23	23	23
3	19	19	10	30	19	19	19	19
4	13	27	23	23	30	30	30	30
5	30	13	9	7	10	10	10	10
6	3	10	3	10	13	13	13	13
7	10	24	13	24	24	24	24	24
8	24	7	30	3	3	3	3	3
9	29	25	7	21	7	7	7	7

Na seleção simultânea pelo DAP e os parâmetros de estabilidade e adaptabilidades genéticas, destacaram-se nove progênies. Foi confirmada a manutenção do ordenamento dos valores destes materiais pelos três métodos aplicados. Isto se deve à correlação positiva envolvendo o comportamento genotípico ao longo dos ambientes, indicando que os métodos MHVG, PRVG e MHPRVG apresentaram certo grau de concordância no ordenamento dos materiais (Tabela 4). Portanto, as progênies selecionadas com base na análise conjunta de todos os testes (locais) são as mais produtivas, as mais estáveis e de grande adaptabilidade. Tanto para um programa de melhoramento genético quanto de conservação genética da espécie, essas progênies devem ser priorizadas por apresentar características genéticas que auxiliarão na manutenção desta em condições adversas, contribuindo para conservação da variabilidade genética dessa população natural.

CONCLUSÕES

A população de *Myracrodruon urundeuva*, procedente da Estação Ecológica de Paulo de Faria, tem variação genética substancial, o que permite a seleção de indivíduos em várias condições de plantio. Dessa forma, a preservação deste fragmento florestal é fundamental para manter esta variabilidade genética no tempo.

A ocorrência de progênies que apresentem estabilidade e adaptabilidade possibilita a adoção de uma estratégia de melhoramento para várias condições de plantio. Assim, como garantirá a conservação da variabilidade genética dessa população natural em diferentes ambientes.

REFERÊNCIAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, Slezská, v.46, p.269-278, 1992.

BASTOS, I.T.; BARBOSA, M.H.P.; RESENDE, M.D.V.; PETERNELLI, L.A.; SILVEIRA, L.C.I.; DONDA, L.R.; FORTUNATO, A.A.; COSTA, P.M.A.; FIGUEIREDO, I.C.R. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.37, n.4, 2007.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira*. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 640p.

CRUZ C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1994. 390p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FONSECA, A.J.; MORAES, M.L.T.; AGUIAR, A.V.; LACERDA, A.C.M.B. Variação genética em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em sistema agroflorestal. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.15, n.2, p.97-107, 2003.

FREITAS, M.L.M., AUKAR, A.P.A., SEBBENN, A.M., MORAES, M.L.T., LEMOS, E.G.M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. alemão em três sistemas de cultivo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.3, p.319-329. 2006a.

FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; MORAIS, E.; ZANATTO, A.C.S.; VERARDI, C.K.; PINHEIRO, A.N. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Cordia trichotoma* (Vell.) ex Steud. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.18, p.95-102, 2006b.

GAINO, A.P.S.; SILVA, A.M.; MORAES, M.A.; ALVES, P.F.; MORAES, M.L.T.; FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M. Understanding the effects of isolation on seed and pollen flow, spatial genetic structure and effective population size of the dioecious tropical tree species *Myracrodruon urundeuva*. *Conservation Genetics*. Arlington, v.11, n.5, p.1631-1643, 2010.

HOULE, D. Comparing evolvability and variability of quantitative traits. *Genetics*, Austin, n.30, p.195-204, 1992.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.

OLIVEIRA, S.A., MORAES, M.L.T., KURAMOTO, C.M., SIQUEIRA, A.C.M.F., KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.12, n.2, p.155-166, 2000.

- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEM – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 359p.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 362p.
- RESENDE, M.D.V. **Métodos Estatísticos Ótimos na Análise de Experimentos de Campo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. v.1. 57p.
- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil- Manual de dendrologia brasileira.** São Paulos, Editora Edgard Bücher; EDUSP, 1971. 294p.
- SANTIN, D.A.; LEITÃO FILHO, H.F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon freire* Allemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.14, p.133-145, 1991.
- SEBBENN, A.M.; BOSCHER, D.H.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; SATO, A.S.; ETTORI, L.C.; MORAES, E. Results of an international provenance trial of *Cordia alliodora* in São Paulo, Brazil at five and 23 years of age. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.56, p.110-117, 2007.
- SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S; ETTORI, L.C.; DIO JUNIOR, O.J.D. Ex situ genetic conservation of tree species at the São Paulo Forest Institute, Brazil. **Forest Genetic Resources**, Roma, v.29, p.27-33, 2001.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- WRIGHT, J.W.; PAULEY, S.S.; POLK, R.B; JOKELA, J.J. Performance of Scotch pine varieties in North Central Region. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.15, p.101-110, 1966.

Recebido em 23/02/2011
Aceito para publicação em 16/09/2011