

Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva LegalSelection of *Myracrodruon urundeuva* progenies based on phenological traits and growth for reconstitution of legal reserve areasLaerte João Bertonha¹, Miguel Luiz Menezes Freitas², José Cambuim³,
Mario Luiz Teixeira de Moraes⁴ e Alexandre Magno Sebbenn⁵

Resumo

O reflorestamento com espécies arbóreas nativas de áreas destinadas à Reserva Legal é uma maneira de se atender à legislação. Esta atividade pode ser aliada ao uso de espécies geneticamente melhoradas, potencializando o uso sustentável das propriedades rurais e, conseqüentemente, incentivando os proprietários a recompor tais áreas. Este estudo aborda o uso da espécie *Myracrodruon urundeuva* na recomposição de áreas degradadas, com orientações de como obter sementes com certo grau de melhoramento genético. O objetivo é transformar dois testes de progênies, implantados em diferentes sistemas de plantio, em pomares de sementes. Para tanto, avaliou-se a razão sexual, a variação genética dos caracteres diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (HT), altura de inserção de copa (HI), altura da copa (HC), diâmetro médio da copa (DMC), volume da copa (VCO) e a produção de diásporos em dois testes de progênies com 16,5 anos de idade, instalados no município de Selvíria (MS). Em ambos os sistemas de plantio, a razão sexual de machos e fêmeas foi de aproximadamente 5:1. Nos dois sistemas de plantio foram selecionadas as melhores 45 plantas masculinas e as melhores nove plantas femininas, para o caráter DAP, resultando no ganho genético de 11,1% no sistema de plantio homogêneo e de 24,3% no sistema de plantio intercalado. Os resultados validam a proposta de melhoramento desta espécie e qualquer um dos sistemas de plantio selecionados pode ser utilizado com sucesso na produção de sementes para recomposição de reserva legal. O método pode ser adaptado para outras espécies.

Palavras-chave: Conservação genética *ex situ*; Reserva legal; Uso sustentável.

Abstract

Reforestation of legal reserve areas with native tree species is a way to follow legal requirements. This activity can be combined with the use of genetically improved species, increasing the sustainable use of the farm and, consequently, encouraging rural landowners to recovery such areas. This paper discusses the use of *Myracrodruon urundeuva* in the recovery of degraded areas, with guidelines on how to obtain seeds with a certain genetic improvement. The aim is to turn two progeny tests established in two planting systems, into seedling seed orchards. Therefore, we evaluated the sex ratio, genetic variation of traits diameter at breast height (DBH), total height (TH), height of canopy insertion (IC), canopy height (HC), mean canopy diameter (ACD), canopy volume (CV) and the production of diaspores in two progeny tests with 16.5 years-old, installed in Selvíria (MS). In both planting systems, the sex ratio of males and females was approximately of 5:1. In both planting systems the best 45 male plants and the best nine female plants were selected for DBH, resulting in a genetic gain of 11.1% in the homogenous planting system and 24.3% in the intercalated planting system. The results validate the proposed improvement of this species and any of the selected planting system can be successfully used in the production of seeds for reforestation of a legal reserve. The method can also be adapted to other species.

Keywords: *Ex situ* genetic conservation; legal reserve; sustainable use.

¹Mestrando em Sistemas de Produção. UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Campus Ilha Solteira. Avenida Brasil, 56, Centro - 15385-000 - Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: laertebertonha@hotmail.com

²Pesquisador Científico. IF - Instituto Florestal de São Paulo, Secretaria Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Rua do Horto, 931, Horto Florestal - 02377000 - São Paulo, SP, Brasil. E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br

³Doutorando em Agronomia. UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Campus Ilha Solteira. Avenida Brasil, 56, Centro - 15385-000 - Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: josecambuim@yahoo.com.br

⁴Professor Titular do Departamento de Fitotecnia e Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia. UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Campus Ilha Solteira. Avenida Brasil, 56, Centro - 15385-000 - Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

⁵Pesquisador Científico. Instituto Florestal de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Estação Experimental de Tupi - Rodovia Luiz de Queiroz, Km 149,5 - Tupi - 13400-970 - Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: alexandresebbenn@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A reserva legal é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação da biodiversidade e a reabilitação dos processos ecológicos, servindo, em muitos casos, de corredores ecológicos interligando as áreas de preservação permanente com as unidades de conservação (PREISKORN et al., 2009).

Atualmente poucas são as propriedades rurais que dispõem de áreas florestais para a instituição da reserva legal. A recomposição florestal de áreas destinadas à reserva legal é uma maneira de se atender às exigências legais, aliada à proposta de uso de espécies nativas melhoradas com potencialidade de uso sustentável, tornando-se modelo atrativo aos proprietários rurais. No contexto de sustentabilidade se encaixa o uso de espécies arbóreas nativas melhoradas, visto a possibilidade das reservas produzirem sementes, frutos, madeira, fármacos, cosméticos, bem como a fixação de carbono e/ou de produção de mel, entre outras possibilidades de aproveitamento. A recomposição das áreas de reserva legal com adoção de espécies nativas melhoradas daria a esses espaços a figura de área de conservação *ex situ*, contribuindo para a conservação das espécies nativas e com possibilidade de uso sustentável.

Dentre as muitas espécies arbóreas nativas que podem ser utilizadas na recomposição das áreas de reserva legal, destaca-se a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), que é uma espécie arbórea de reconhecido valor econômico e ampla distribuição geográfica (RIZZINI, 1971; LORENZI, 1992). A espécie tem reconhecido potencial para a produção de madeira em plantações, pois apresentam características similares às das madeiras de populações naturais (FLÖRSHEIM; TOMAZELLO, 1994).

A origem genética das sementes é fundamental nos trabalhos de recomposição de áreas de reserva legal, quando da adoção de plantio de mudas. Para isso é de grande importância o estudo da variação genética de caracteres de crescimento e forma em testes de progênies, pois permite determinar a proporção da variação genética adaptativa que pode responder a alterações ambientais ou pode ser explorada em programas de melhoramento florestal (FREITAS et al., 2007). Assim, a estimativa de parâmetros genéticos como os coeficientes de variação genética e de herdabilidade é fundamental para conhecer o potencial evolutivo de uma população, tanto para a conservação como para o melhoramento genético (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; HAMRICK, 2004; FREITAS et al., 2007).

Nesse trabalho aborda-se a recomposição da reserva legal com adoção de espécies nativas dotadas de potencialidades para fins de uso sustentável e aproveitamento econômico, as quais já passaram ou estão em vias de algum trabalho de melhoramento. Objetivou-se também dar uma orientação de como proceder na obtenção de sementes a partir de uma população, ou ensaio de testes de progênies, ou mesmo de áreas de reserva legal já existentes, considerando aspectos ambientais e econômicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em de dois testes de progênies de *M. urundeuva*, implantados em Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul (22° 22'S, 51° 22'O), com altitude de 335 m. O clima da região é classificado segundo Köppen, como do tipo Aw (HERNANDEZ et al., 1995). O solo local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, típico argiloso, A moderado, hipidistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (EMBRAPA, 2006). Um dos testes de progênies é homogêneo de *M. urundeuva*, plantado a pleno sol em março de 1997 (sistema de plantio ASO). O segundo teste é misto de *M. urundeuva*, intercalado com *Corymbia citriodora* e foi também plantado em maio de 1997 (sistema de plantio AEU). O delineamento experimental utilizado em ambos os testes foi o de blocos casualizados (DBC). O teste ASO é composto por 30 progênies originadas de polinização livre, três blocos, com parcelas lineares de 10 plantas, estabelecidas no espaçamento de 3 x 1,5 m. O teste AEU é também composto por 30 progênies, três blocos, com parcelas lineares de seis plantas, obedecendo o espaçamento de 6 x 3 m, com as plantas de *C. citriodora* plantadas no espaçamento de 6 x 1,5 m. As árvores de *C. citriodora*, intercaladas no sistema de plantio AEU foram plantadas na mesma época que *M. urundeuva* e cortadas em maio de 2011, não havendo mais rebrota. Em ambos os testes, as progênies tiveram a mesma origem da seleção aleatória de 30 árvores matrizes localizadas na Estação Ecológica de Paulo de Faria.

Os caracteres silviculturais foram medidos no final de agosto e início de setembro de 2013, sendo estes: i) sexo da planta com base na identificação visual das flores masculinas e femininas; ii) diâmetro a altura do peito (DAP, em cm); iii) altura total da planta (HT, em m); iv) altura de inserção da copa (HI, em m); v) altura da copa (HC, em m), obtida pela diferença entre a altura total da planta e a altura de inserção da copa, $HC = HT - HI$; vi) diâmetro médio da copa das árvores (DMC, em m), obtido a partir das medições do diâmetro da copa na linha (DL) e diâmetro da copa transversal à linha de plantio (DT). Os valores de DMC foram calculados pela média dos diâmetros cruzados da copa: $DMC = (DL + DT) / 2$; vii) volume da copa (VCO, em m³): $VCO = \pi (DMC / 2)^2 HC$; viii) produção de sementes das plantas selecionadas (PRS, em kg). A avaliação da produção de diásporos foi feita no sistema de plantio AEU, com coleta em setembro e no início de outubro de 2013, em oito árvores femininas com nota 5 e selecionadas. Para as árvores femininas foram estabelecidas arbitrariamente notas conforme a produção de diásporos: nota 1 de 0 a 20%; nota 2 de 21 a 40%; nota 3 de 41 a 60%; nota 4 de 61 a 80%; nota 5 de 81 a 100%. Esquemáticamente as notas foram estabelecidas para as árvores femininas conforme diagrama representativo da produção de diásporos, em quantidade de panículas ou porções da copa com ocorrência dos frutos (Figura 1).

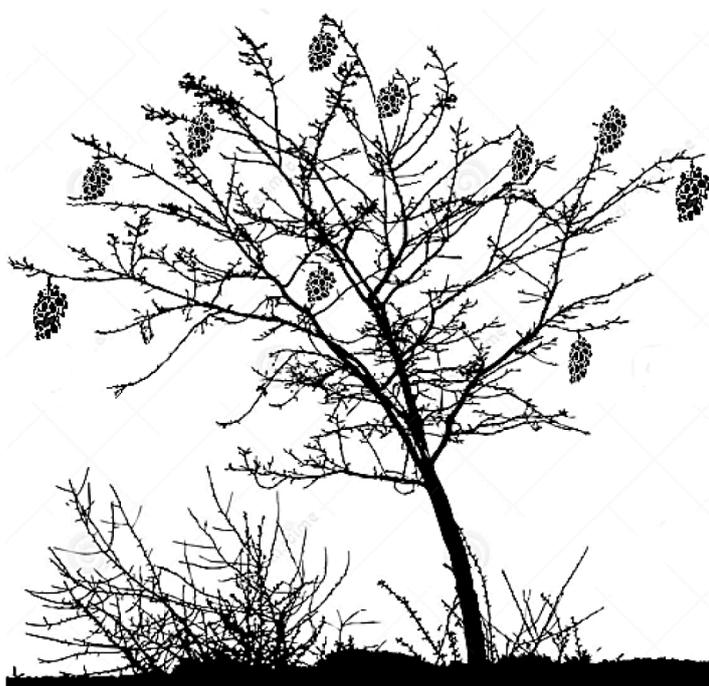


Figura 1. Diagrama esquemático – Planta feminina de *Myracrodruon urundeuva* nota 5. De 81 a 100% produção de diásporos.

Figure 1. Schematic diagram - Grade 5 female plant *Myracrodruon urundeuva*. From 81 to 100% production of seeds disposed.

Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos

As estimativas dos componentes de variância dos parâmetros genéticos e a estimativa do ganho na seleção das melhores progênies foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança REML/BLUP (restrita/melhor predição linear não viciada) empregando-se o software genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, modelo 93 (RESENDE, 2007). Adotou-se o modelo linear misto, assumindo as progênies como sendo meias irmãs, no delineamento em blocos casualizados, com várias plantas por parcela, descrito por Resende (2007), como sendo:

$$y = Xr + Za + Wp + e;$$

em que: y , r , a , p e e são os vetores de dados, repetição, genéticos aditivos, parcelas e erros, respectivamente. As matrizes de incidência para os referidos efeitos são representadas pelas letras maiúsculas (X , Z e W). Os seguintes componentes de variância e parâmetros foram estimados: variância genética entre progênies (σ_p^2); variância genética aditiva (σ_a^2); variância residual ambiental (σ_e^2); variância fenotípica dentro de progênies (σ_d^2); variância fenotípica: $\sigma_f^2 = \sigma_p^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2$. Dos componentes de variância foram estimadas as herdabilidades: individual no sentido restrito (h_a^2),

média de progênies, assumindo sobrevivência completa (h_m^2) e aditiva dentro de parcela (h_d^2) e os coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), variação genotípica entre progênies (CV_{gp}), variação experimental (CV_e), variação relativa (CV_r) e de determinação dos efeitos de parcela (C_p^2) pelas expressões:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_f^2},$$

$$h_{aj}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2},$$

$$h_m^2 = \frac{(1/4)\sigma_a^2}{(1/4)\sigma_a^2 + \frac{\sigma_c^2}{r} + \frac{(0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2)}{nr}},$$

$$h_d^2 = \frac{0,75\sigma_a^2}{0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2},$$

$$CV_{gi}(\%) = 100\left(\sqrt{\sigma_a^2 / m}\right),$$

$$CV_{gp}(\%) = 100\left(\sqrt{0,25\sigma_a^2 / m}\right),$$

$$CV_e(\%) = 100\left[\frac{\sqrt{[(0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2) / n] + \sigma_e^2}}{m}\right],$$

$$CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_{gi}} e,$$

$$C_p^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_f^2},$$

em que, r é o número de blocos, n é o número de plantas por parcela e m é a média geral dos caracteres.

Com base nas estimativas dos parâmetros genéticos para o DAP, foi realizada a seleção dos 54 melhores indivíduos, em ambos os testes de progênies. Assim, no sistema de plantio ASO e AEU foram selecionadas 6 e 10% dos indivíduos, respectivamente, com base na razão sexual de 5 machos : 1 fêmea. Dessa forma, o total de plantas selecionadas em cada teste foi de 45 machos : 9 fêmeas.

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi estimado com base no método descrito por Vencovsky et al. (2012) para espécies dióicas, assumindo o controle gamético materno, ou que mesmo número de sementes serão coletadas de cada árvore feminina:

$$N_e = 4t / D_2,$$

em que, $t = N_f + N_m$, sendo N_f e N_m o número de fêmeas e número de machos, respectivamente, e

$$D_2 = \frac{1}{r(1-r)} \left(\frac{N_f}{2N_f - 1} + \frac{N_m}{2N_m - 1} \right) - 2 \left(\frac{N_f}{2N_f - 1} + \frac{1}{2N_m - 1} \right),$$

sendo $r = N_f / (N_f + N_m)$ e $1-r = N_m / (N_f + N_m)$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência foi alta em ambos os sistemas de plantio, com mortalidade máxima de 11%, indicando alta adaptação das progênies ao local de ensaio e sistema de plantio (Tabela 1).

No sistema de plantio ASO o florescimento foi maior (80,9%) do que no sistema AEU (41,8%). Contudo, constatando-se a predominância de plantas com florescimento masculino em ambos sistemas de plantio (ASO = 83,9%, AEU= 82,2%) sobre as plantas com florescimento feminino (Tabela 1). Assim, a razão sexual entre machos e fêmeas foi assimétrica, sendo de 5,2:1 no sistema de plantio ASO e 4,6:1 no sistema de plantio AEU, ou seja, aproximadamente de 5 indivíduos masculinos para cada indivíduo feminino, em ambos os sistemas de plantio. Em contraste, estudos com espécies dióicas de ocorrência no Cerrado tem mostrado mesmas proporções entre os sexos, o

1:1 (LENZA; OLIVEIRA, 2006). A assimetria entre os sexos nos testes de progênies de *M. urundeuva* foram provavelmente causadas por pressões ambientais, como sugerem Amorim e Oliveira (2006). Assim rejeita-se a hipótese da razão sexual 1:1 entre os morfos sexuais em ambos os sistemas de plantio, e percebe-se uma expressiva superioridade no número de indivíduos masculinos. Contudo, *M. urundeuva* é espécie longeva e a razão sexual observada poderá se alterar com o avanço da idade, devido a seleção natural, mudando para relações próximas a 1:1 devido a endogamia que pode ter origem no cruzamento entre parentes, como detectado por Gaino et al (2010) em uma população da espécie. Aos 16,5 anos de idade eventuais genes deletérios podem ainda não ter se manifestado, assim como modificações epigenéticas também não tenham atuado.

Tabela 1. Composição da população formadora dos testes de progênies com plantio homogêneo de *Myracrodruon urundeuva* (ASO) e intercalado com *Corymbia citriodora* (AEU).

Table 1. Composition of forming population of progeny tests with homogeneous planting of *Myracrodruon urundeuva* (ASO) and intercalated with *Corymbia citriodora* (AEU).

Categorias	ASO	AEU
Numero total inicial de plantas	900	540
Numero total de plantas mortas	71 (8%)	57 (11%)
Numero de plantas que não manifestaram sexo	158	281
Porcentagem total de plantas florescendo	80,9%	41,8%
Plantas com florescimento masculino: N_m (%)	563 (83,9%)	166 (82,2%)
Plantas com florescimento feminino: N_f (%)	108 (16,1%)	36 (17,8%)

Volume de copa (VCO) das plantas com florescimento feminino

A determinação do volume de copa (VCO) das plantas com florescimento feminino é importante para a determinação da correlação entre esse caráter e a produção de diásporos. No sistema de plantio ASO a média dos valores para o caráter VCO (m^3) das plantas femininas nota 5 foi de $33,28 m^3$ e a média geral de todas as plantas femininas foi de $25,19 m^3$, diferindo significativamente a 5% de probabilidade pelo teste "t". Estes resultados indicam que os volumes de copa das plantas femininas nota 5 é maior. Em contraste, no sistema de plantio AEU a média de VCO das plantas femininas nota 5 foi de $23,80 m^3$ e a média geral de todas as plantas femininas foi de $19,46 m^3$, não diferindo estatisticamente pelo teste "t". Comparando as médias ASO e AEU de plantas femininas nota 5 (ASO) não foram encontradas diferenças significativas.

Produção de diásporos pelas plantas com florescimento feminino

A massa dos diásporos úmidos colhidos nas oito plantas femininas nota 5 do sistema de plantio AEU variou de 0,665 a 5,730 kg (Tabela 2), o que indica uma variação de 66,6% entre as árvores, caracterizando uma produção desuniforme de produção de sementes em *M. urundeuva*.

Tabela 2. Relação das oito plantas femininas nota 5 selecionadas no sistema de plantio de *Myracrodruon urundeuva* intercalada com *Corymbia citriodora* (AEU), identificando a progênie, bloco e árvores, com respectivos volumes de copa e produção de diásporos.

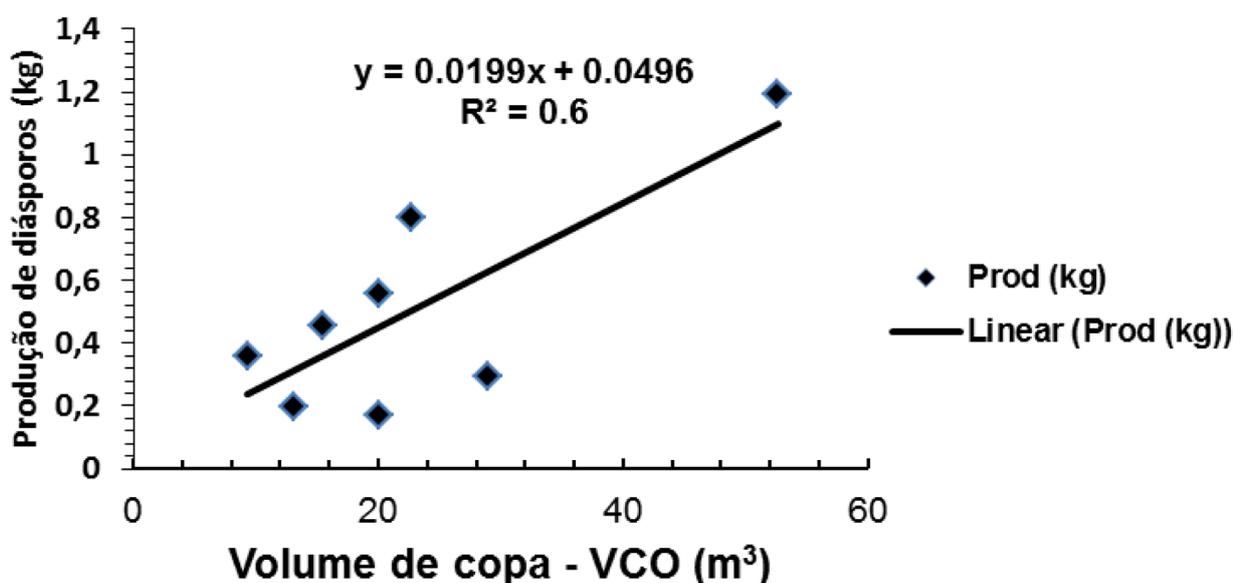
Table 2. Relationship of the eight grade 5 female plants selected among planting system of *Myracrodruon urundeuva* intercalated with *Corymbia citriodora* (AEU), identifying the progeny, block and tree, with their canopy volumes and production of diaspores.

Progênie	Bloco	Árvore	Volume de copa (m^3)	Massa diásporos úmidos (kg)	Massa diásporos secos (kg)	Massa diásporos beneficiados (kg)
29	3	4	20,04	0,6650	0,1750	0,1702
2	3	3	13,07	1,1000	0,2250	0,1953
19	2	5	29,04	1,8600	0,6300	0,2929
24	2	6	9,35	2,3400	0,4550	0,3580
24	1	6	15,46	1,8250	0,5150	0,4566
9	1	1	20,08	3,5950	0,6300	0,5579
17	2	6	22,72	5,0800	1,0000	0,7970
19	2	2	52,65	5,7300	1,5150	1,1933
15*	1	3	31,76	-	-	-

*Não houve coleta dos diásporos da árvore 3, progênie 15 e bloco 1, com florescimento feminino e nota 5, por ter havido queda antecipada dos diásporos.

A correlação linear (Figura 2) entre as variáveis VCO e a produção de diásporos (PRS), para as oito plantas femininas nota 5 selecionadas no sistema de plantio AEU estão correlacionadas positivamente (0,78, $P < 0,01$), o que indica a associação entre as variáveis VCO e PRS. Logo, maior VCO indica maior PRS. Tonini et al. (2008), estudando a relação da produção de sementes de *Bertholetia excelsa* com caracteres morfométricos de copa e índice de competição, constataram que somente as árvores dominantes e codominantes produziram frutos, e a produção foi superior para as árvores dominantes. Encontraram também correlação significativa entre o DAP e a produção de sementes ($r = 0,349$; $p < 0,001$). Os autores observaram que o DAP foi a variável de maior importância e explicou 56,5% da variação da produção de frutos.

Produção de diásporos em função do volume de copa - plantas femininas nota 5 - AEU



Regressão linear: $y = bx + a + \varepsilon$; (b) coeficiente angular; a) coeficiente linear e ε erro aleatório.

Figura 2. Correlação linear das variáveis volumes de copa (VCO) e produção de diásporos para as oito plantas femininas nota 5 selecionadas no sistema com plantio de *Myracrodruon urundeuva* intercalada com *Corymbia citriodora* (AEU).

Figure 2. Linear correlation of varying canopy volumes (CV) and production of diaspores to eight grade 5 female plants selected among planting system of *Myracrodruon urundeuva* intercalated with *Corymbia citriodora* (AEU).

Análise de variância e estimativa de parâmetros genéticos para o sistema de plantio ASO

O valor dos testes do qui-quadrado da deviance do genótipo LRT (χ^2) para o sistema de plantio ASO foi significativo entre progênies apenas para o caráter DAP, cuja média foi de 9,32 cm e amplitude de variação de 1,85 a 23,40 cm (Tabela 3). O DAP apresentou também o maior coeficiente de variação relativa ($CV_r = 0,51$), o que indica a escolha desse caráter na seleção de progênies e indivíduos dentro de progênies. Outras associações importantes em relação a esse caráter é o fato de ter apresentado o menor coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (1,8%), a maior herdabilidade individual dos efeitos de parcela (0,12), herdabilidades da média de progênies (0,44).

A variação genética para um caráter, estimada pelo coeficiente de variação genética, que expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter (RESENDE et al., 1991) ficou acima de 7% para o DAP, o que é considerada alta por Sebbenn et al. (1998). A maior variação genética entre as progênies para o DAP do que para os outros caracteres está relacionada ao fato de que nos outros caracteres o coeficiente de variação experimental foi de alta magnitude (GARCIA, 1989), sendo maior do que o genético, propiciando assim herdabilidades individuais de baixa magnitude. Desse modo, os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais e dentro das parcelas foram relativamente baixos (entre 0,02 e 0,12), sugerindo que o controle genético é fraco, mostran-

do poucas possibilidades de sucesso na seleção massal no experimento ASO, podendo resultar em baixos ganhos genéticos (FREITAS et al., 2002; SENNA et al., 2012). Em geral, herdabilidades individuais de baixa magnitude são comuns para os caracteres quantitativos e, via de regra conduzem a moderadas magnitudes das herdabilidades em nível de médias de progênes (RESENDE, 2002). A estimativa de h_m^2 foi maior que h_{aj}^2 , e que h_d^2 para todos os caracteres avaliados, menos para o caráter HI. Esses valores estão de acordo com os resultados encontrados pelos autores Sebbenn e Etori (2001) em *M. urundeuva*, Sebbenn et al. (2003) em *Araucaria angustifolia*, Souza et al. (2003) em *Astronium fraxinifolium* e Costa et al. (2005) em *Ilex paraguariensis*.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para caracteres de quantitativos para o sistema de plantio homogêneo de *Myracrodruon urundeuva* (ASO) e intercalada com *Corymbia citriodora* (AEU).

Table 3. Estimation of statistical and genetic parameters for quantitative traits in the homogeneous planting system of *Myracrodruon urundeuva* (ASO) and intercalated with *Corymbia citriodora* (AEU).

Estimativa	ASO						AEU					
	DAP (cm)	HT (m)	HI (m)	HC (m)	DMC (m)	VCO (m ³)	DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	HC (m)	DMC (m)	VCO (m ³)
h_a^2	0,12± 0,07	0,06± 0,05	0,01± 0,03	0,06± 0,05	0,02± 0,03	0,07± 0,06	0,31± 0,14	0,23± 0,12	0,27± 0,13	0,04± 0,05	0,27± 0,13	0,28± 0,14
h_{aj}^2	0,12	0,07	0,02	0,07	0,02	0,07	0,41	0,31	0,34	0,05	0,34	0,34
C_p^2	0,0178	0,1114	0,4261	0,2418	0,0487	0,0184	0,2438	0,2672	0,2155	0,2512	0,2058	0,1676
h_m^2	0,44	0,19	0,02	0,12	0,09	0,32	0,40	0,31	0,38	0,07	0,38	0,42
h_d^2	0,09	0,05	0,02	0,06	0,02	0,06	0,34	0,25	0,28	0,04	0,28	0,28
CV_{gi} (%)	11,9	6,7	2,1	9,2	6,8	55,5	25,5	17,7	18,8	9,8	21,25	56,03
CV_{ep} (%)	5,9	3,3	1,1	4,6	3,4	27,7	12,7	8,9	9,4	4,9	10,62	28,01
CV_e (%)	11,68	11,8	12,7	22,0	18,3	70,6	27,3	22,8	21,0	30,7	23,45	57,37
CV_r	0,51	0,28	0,08	0,21	0,19	0,39	0,5	0,39	0,45	0,16	0,45	0,49
m	9,32	9,44	8,07	2,16	3,13	22,69	6,87	5,27	3,25	2,06	2,56	15,50
LRT (χ^2)g	3,22*	0,44	0,00	0,13	0,06	1,04	2,25	1,21	1,95s	0,05	1,99	2,49

Diâmetro a altura do peito (DAP); altura total (HT); altura de inserção de copa (HI); altura de copa (HC); diâmetro médio de copa (DMC); volume de copa (VCO); * $P < 0,05$, com 0,5 grau de liberdade; herdabilidade individual dos efeitos aditivos (h_a^2); herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela (h_{aj}^2); coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (C_p^2); herdabilidade da média de progênes (h_m^2); herdabilidade aditiva dentro de parcela (h_d^2), coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), coeficiente de variação genotípica entre progênes (CV_{ep}), coeficiente de variação experimental (CV_e), coeficiente de variação relativa (CV_r); média geral (m); teste do qui-quadrado da deviance do genótipo LRT (χ^2).

Analise de variância e estimativa de parâmetros genéticos para o sistema de plantio AEU

Os valores de LRT para o sistema de plantio AEU não foram significativos para os caracteres (Tabela 2). No entanto para o caráter VCO, cuja média foi de 15,50 m³ e amplitude de variação de 0,01 a 121,24 m³, o valor obtido (2,49) foi o maior. Apesar do coeficiente de variação genética individual (56,0%) ser inferior ao coeficiente de variação experimental (57,4%), o caráter VCO apresentou o maior coeficiente de variação relativa (0,49), o que indica que esse caráter pode ser adotado na seleção dos indivíduos e progênes nesse sistema de plantio. Outras associações importantes em relação a esse caráter é o fato de ter apresentado o menor coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (16,8%).

O caráter DAP apresentou uma média de 6,78 cm, e amplitude de 0,80 a 14,55 cm. A presença de variabilidade genética para este caráter pode ser confirmada pela magnitude do coeficiente de variação genética individual (25,5%), apresentando coeficiente de variação relativa de 0,47, pouco inferior ao caráter VCO (0,49), uma situação favorável também para a seleção baseada no caráter DAP. Outras associações importantes em relação a esse caráter é o fato de ter apresentado a maior herdabilidade individual dos efeitos de parcela (0,41), herdabilidades da média de progênes (0,40) e aditiva dentro de parcela (0,34). O coeficiente de variação genética ficou também acima de 7% para o DAP, o que pode ser considerada alta (SEBBENN et al., 1998).

Os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais e dentro das parcelas foram relativamente altos (entre 0,31 e 0,41), sugerindo bom controle genético, mostrando boas possibilidades de sucesso na seleção no experimento AEU, podendo resultar em ganhos genéticos (FREITAS et al., 2002; SENNA et al., 2012). A estimativa de h_m^2 foi maior que h_{aj}^2 , e que h_d^2 para todos os caracteres avaliados, menos para o caráter DAP. Esse resultado está de acordo com os encontrados por outros autores (SEBBENN; ETTORI, 2001; SEBBENN et al., 2003; SOUZA et al., 2003; COSTA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2004).

Ganho na seleção das melhores progênies

Este estudo visou à seleção das melhores progênies para transformar os dois sistemas de plantio em pomares de produção de sementes. Com base em Vencovsky e Barriga (1992), que recomendam que o caráter com o maior coeficiente de variação relativa (CV_p) é o mais indicado para a seleção e com base nas herdabilidades obtidas aqui neste estudo, optou-se pelo caráter DAP para a seleção.

No presente estudo a seleção foi realizada sem restrição no número máximo de indivíduos selecionados por progênies. Como resultado da seleção com base no DAP no sistema de plantio ASO, 11 progênies com 54 plantas representariam a população melhorada, obedecendo a razão sexual encontrada (45 machos : 9 fêmeas). Isso conduzirá a um ganho genético de 1,04 cm sobre a média geral (DAP= 9,32 cm), resultando em nova média da população melhorada de 10,36 cm. O ganho genético será de 11,1%. Os 54 indivíduos selecionados estão associados a um tamanho efetivo de população (N_e) calculado de 33 indivíduos não aparentados e não endogâmicos, menor do que o número físico de 54 porque foram selecionados vários indivíduos de mesma progênie, logo parentes (Tabela 4). Com base nesse valor de N_e , o coeficiente de endogamia esperado por cruzamento entre parentes nas sementes produzidas no pomar ASO é de $F = [1 / (2 N_e)] 100 = 1,5\%$ (WRIGHT, 1965), caso a população se encontrasse no equilíbrio de endogamia.

Tabela 4. Numero de plantas masculinas, numero de plantas femininas e tamanho efetivo populacional antes e após a seleção nos testes de progênies do plantio homogêneo de *Myracrodruon urundeuva* (ASO) e intercalado com *Corymbia citriodora* (AEU).

Table 4. Number of male and female individuals and effective population size before and after selection in the progeny tests with homogeneous planting of *Myracrodruon urundeuva* (ASO) and plantation intercalated with *Corymbia citriodora* (AEU).

Índice	ASO		AEU	
	Antes	Após	Antes	Após
Numero de machos: N_m	563	45	166	45
Numero de fêmeas: N_f	108	9	36	9
Tamanho amostral: n	671	54	202	54
Tamanho efetivo: N_e	419	33	139	34
Relação N_e/n	0,62	0,63	0,69	0,63

No sistema de plantio AEU, 18 progênies selecionadas representariam a população melhorada. A seleção dos 54 melhores indivíduos para estabelecimento de um pomar de sementes proporcionará um ganho genético de 1,67 cm sobre a média geral (DAP= 6,87 cm), resultando em nova média da população melhorada na próxima geração de 8,55 cm de DAP. O ganho genético será de 24,3%. Os 54 indivíduos selecionados estão associados a um tamanho efetivo populacional (N_e) de 34 indivíduos não endogâmicos e não aparentados (Tabela 4). Este valor de N_e resultará em um coeficiente de endogamia devido a cruzamento entre parentes nas sementes produzidas igualmente como na seleção em ASO de $F = [1 / (2 N_e)] 100 = 1,5\%$ (WRIGHT, 1965).

Estimativa de produção de sementes a partir das plantas femininas selecionadas

As nove plantas femininas selecionadas do sistema de plantio ASO totalizam 419,36 m³ de VCO e as nove plantas femininas do sistema de plantio AEU totalizam 242,13 m³ de VCO. Aplicando-se a equação de regressão encontrada no presente estudo,

$$y = 0,0199x + 0,0496$$

em que γ é o valor da produção de sementes beneficiadas em kg e x é o VCO da plantas femininas selecionadas para produção de sementes, então pode-se conseguir produção de diásporos para as nove plantas femininas do sistema de plantio ASO de aproximadamente 8,40 kg de sementes e para as nove plantas femininas do sistema de plantio AEU aproximadamente 4,87 kg de sementes beneficiadas.

CONCLUSÕES

O caráter DAP apresenta variabilidade genética no sistema de plantio ASO, logo este pode ser transformado em um pomar de produção de sementes com genótipos superiores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dióica de formações florestais de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2006.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Avaliação genética de indivíduos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FLÖRSHEIM, S. M.; TOMAZELLO FILHO, M. Dendrologia e anatomia da madeira de aroeira - *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae): *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 6 (único), p. 75-85, 1994.

FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) em diferentes sistemas de plantio. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 133-141, 2002.

FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E. Pomar de sementes por mudas a partir da seleção dentro em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 65-72, 2007.

GAINO, A. P. S. C.; 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.

GARCIA, C. H. **Tabela para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 10 p. (Circular Técnica, 171).

HAMRICK, J. L. Response of forest trees to global environmental changes. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 197, n. 1-3, p. 323-335, 2004.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP, 1995. 45 p.

LENZA, E.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva e fenologia de *Virola sebifera* Aubl. (Myristicaceae) em mata mesofítica de Uberlândia, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 29, n. 3, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1.ed., Nova Odessa: Plantarum, 1992. 340 p.

OLIVEIRA, V. R.; RESENDE, M. D. V.; NASCIMENTO, C. E. S.; DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F. S. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 53-56, 2004.

PREISKORN, G. M.; PIMENTA, D.; AMAZONAS, N. T.; NAVE A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; BELLOTO, A.; CUNHA, M. C. S. Metodologia de restauração para fins de aproveitamento econômico (Reserva legal e Áreas Agrícolas). In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ – Instituto BioAtlântica, 2009. p. 162-179.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP - sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 360 p.

RESENDE, M. D. V.; SOUZA, S. M.; HIGA, A. R.; STEIN, P. P. Estudo da variação genética e métodos de seleção em teste de progênies de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 45-59, 1991.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 294 p.

SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum* em teste de progênies misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.

SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; GIANNOTTI, E.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* (L.F. Allemão). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SENNA, S. N.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E.; ZANATA, M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação e parâmetros genéticos em teste de progênies de polinização livre de *Peltophorum dubium* (Sprengel) taubert em Luiz Antonio – SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 345-352, 2012.

SOUZA, C. S.; AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T. Variação genética em progênies de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) em dois sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 137-145, 2003.

TONINI, H., KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1509-1516, 2008.

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R., CHAVES, L. J.; CROSSA, J. Variance effective size for dioecious species. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 1, p. 79-90, 2012.

WRIGHT, S. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to system of mating. **Evolution**, Lancaster, v. 19, n. 3, p. 395-420, 1965.

Recebido em 24/01/2015

Aceito para publicação em 31/07/2015