

Estratégias de seleção dentro de progênies em
duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.Selection strategies within progenies of two
Myracrodruon urundeuva Fr. All. populations.Carla Renata Silva Baleroni Guerra¹, Mario Luiz Teixeira de Moraes²,
Cristina Lacerda Soares Petrarolha da Silva³, Daniela Silvia de Oliveira Canuto⁴,
João Antonio da Costa Andrade⁵, Miguel Luiz Menezes Freitas⁶ e Alexandre Magno Sebbenn⁷**Resumo**

Myracrodruon urundeuva Fr. All. é uma espécie ameaçada por pressões antrópicas. Considerando esta situação, este estudo objetivou avaliar o comportamento de duas populações de *M. urundeuva* em plantios heterogêneos como suporte para a conservação genética *ex situ*. Foram avaliados dois testes de progênies de *M. urundeuva*. Os testes estão localizados em Selvíria, MS e foram estabelecidos em 1992 como plantios heterogêneos, compostos por 25 progênies de Aramina, SP e 25 de Selvíria, MS. Os seguintes caracteres silviculturais foram avaliados: DAP (diâmetro a altura do peito), DMC (diâmetro médio da copa), altura (ALT), forma do fuste (FOR) e sobrevivência (SOB). Os resultados baseados no método REML/BLUP sugerem que as populações de *M. urundeuva* originadas de Aramina e Selvíria tem boa adaptação às condições ambientais de Selvíria, o que é evidente pela alta taxa de sobrevivência. A variação genética foi alta na população Selvíria quando comparada à de Aramina. Pelo uso do índice multi-efeitos (IME) foi possível a seleção de progênies, o que promoveu altos ganhos e variação genética. Neste caso, um máximo Kf deve ser estabelecido. Estas condições produziram maiores ganhos genéticos na população Selvíria do que na Aramina.

Palavras-chave: Aroeira, Índice multi-efeito, Parâmetros genéticos, Genética quantitativa

Abstract

Myracrodruon urundeuva Fr. All. is a tree species threatened by human pressure. For this reason, this research aimed at evaluating the behavior of two populations of *M. urundeuva* in a heterogeneous plantation as a support for genetic *ex situ* conservation. Two progeny tests of *M. urundeuva* were evaluated. The tests were established in Selvíria, MS in 1992 as a heterogeneous plantation, composed of 25 families from Aramina, SP and 25 from Selvíria, MS. The following silvicultural traits were evaluated: DBH (Diameter at breast height), DMC (average diameter of crown), height (ALT), stem form (FOR) and survival (SOB). The results based on the REML/BLUP method, suggest that populations of *M. urundeuva* from Aramina and Selvíria have a good adaptation to environmental conditions of Selvíria. This became evident by the high survival rate. Genetic variation was higher in the Selvíria population when compared to the Aramina population. By using multi-effect index (IME), it is possible to select progenies that can provide a good selection gain and high variation. In that case, a maximum Kf must be established. This condition yields a higher genetic gain in the Selvíria than in the Aramina population.

Keywords: Aroeira, Multi-effect index, Genetic parameter, Quantitative genetics

¹Doutoranda em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: crsbguerira@yahoo.com.br

²Professor Adjunto do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

³Pós-doutoranda Prodoc CAPES da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: cristina@agr.feis.unesp.br

⁴Doutoranda em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: dsocanuto@aluno.feis.unesp.br

⁵Professor Doutor da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 - E-mail: jandrade@bio.feis.unesp.br

⁶Pesquisador Doutor da Estação Ecológica de Ribeirão Preto do Instituto Florestal de São Paulo – ENDEREÇO – Ribeirão Preto, SP - CEP – E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br

⁷Pesquisador Doutor do Instituto Florestal de São Paulo - Rua do Horto, 931 – Caixa Postal 1322 - Horto Florestal - São Paulo, SP - 02377-000 – E-mail: alexandresebbenn@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Devido à intensa expansão da agropecuária no Cerrado brasileiro ao longo dos últimos anos, a demanda por espaço físico para a implantação dessa atividade cresceu consideravelmente. Aliado a este fato tem ocorrido uma crescente demanda por matéria prima florestal, seja ela destinada à energia, construções rurais ou para outras aplicações. Esses fatores tem provocado uma exploração predatória, resultando no desaparecimento desenfreado de maciços florestais, e na extinção de espécies florestais de importante valor econômico e ecológico. O intenso desmatamento do ecossistema cerrado tem levado à perda de populações ou isolamento de indivíduos e populações em pequenos fragmentos, possivelmente ocasionando a perda de alelos que conferem adaptação a ambientes específicos de colonização das espécies.

Dentre as espécies que vem sofrendo este tipo de ação antrópica está a *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira). Na tentativa de minimizar estes efeitos, populações e indivíduos isolados em campos e pastagens e ao longo de rodovias tem sido utilizados para a coleta de sementes, as quais vem sendo plantadas em bancos de conservação *ex situ*.

A conservação dos recursos genéticos, mesmo para aquelas populações que apresentam alta taxa de variabilidade genética e estão fora da lista de espécies ameaçadas de extinção é fundamental para as futuras gerações, no que diz respeito ao melhoramento da espécie e ao aproveitamento de genes específicos de interesse (FREITAS *et al.*, 2006).

No entanto, estratégias conservacionistas pautam-se no conhecimento da estrutura genética das populações retidas nos bancos que é possível, dentre outros métodos, através da genética quantitativa, estimar parâmetros genéticos para caracteres silviculturais.

A conservação *ex situ* visa manter amostras representativas das populações fora de seu ambiente de origem, retendo alelos e combinações gênicas que, após caracterizadas, avaliadas e multiplicadas, possam ser utilizadas no melhoramento genético ou em pesquisas correlatas (LLEIRAS, 1992; HAYAWARD e HAMILTON, 1997).

Para os melhoristas, a variabilidade genética existente em uma população é ferramenta básica, assim como o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de progênies e a proporção da variação fenotípica devido aos efeitos genéticos

e ambientais. Esse entendimento é de fundamental importância para se definir as estratégias de melhoramento a serem aplicadas de modo a preservar o máximo da variabilidade das populações naturais, sendo necessária à estimativa de parâmetros genéticos e não genéticos (DIAS e KAGEYAMA, 1991; SEBBENN *et al.*, 1999).

O período em que a variabilidade genética pode ser conservada *ex situ* está diretamente relacionado ao tamanho efetivo da amostra retido no banco que, por sua vez, depende das características genéticas, demográficas e reprodutivas da população alvo de conservação, do tamanho amostral retido e dos níveis de endogamia e co-ancestria dentro das progênies. Pequenas amostras sofrem perdas de variabilidade por deriva genética, em poucas gerações, reduzindo o tamanho efetivo (FRANKEL e SOULÉ, 1981).

No melhoramento genético, a seleção combinada baseia-se em um índice que considera, simultaneamente, o comportamento do indivíduo e sua progênie (FALCONER, 1981). Dessa forma, mediante os pesos de ponderação do indivíduo e da progênie, é possível selecionar indivíduos com características favoráveis dentro das progênies de melhor desempenho. No caso de espécies arbóreas, uma seleção combinada aperfeiçoada deve incluir no índice o efeito da parcela. Este método de seleção é denominado Índice Multi-efeitos (RESENDE e HIGA, 1994), e equivale à melhor predição linear não viciada, para o caso de dados balanceados (RESENDE e FERNANDES, 1999).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo quantificar a estrutura genética de duas populações de *M. urundeuva* provenientes de áreas com perturbação antrópica e instaladas em sistema de plantio heterogêneo, na região de Selvíria, MS. Os objetivos específicos foram estudar o comportamento silvicultural destas populações no sistema de plantio heterogêneo; quantificar a variabilidade genética dentro das populações; e comparar diferentes métodos de seleção baseados no índice multi-efeitos.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes utilizadas para o teste de procedências e progênies de *M. urundeuva*, consorciado com candiúva (*Trema micrantha*), foram obtidas de 25 árvores de polinização livre na região de Aramina, SP (20° 03' S e 47° 48' W; altitude média 605 m) e outras 25 na região de Selvíria, MS (20° 19' S e 51° 26' W; altitude média 372 m).

A coleta ocorreu em setembro de 1991 e os testes foram implantados em fevereiro de 1992, com 25 progênies da população de Aramina, SP e 25 da população de Selvíria, MS. Adicionalmente, em cada procedência foram acrescentadas mais três progênies provenientes de outra população.

O delineamento experimental utilizado em cada teste de progênies foi o de blocos casualizados, com 28 tratamentos e seis repetições. As parcelas do experimento foram instaladas na forma linear, com oito plantas, no espaçamento 3 x 3 m, sendo que todas as plantas de *M. urundeuva* foram colocadas no centro de quatro plantas de *T. micrantha*, espécie tida como pioneira, conforme Carvalho (1994), o que pode conferir à *M. urundeuva* um sombreamento e, conseqüentemente, proporcionar uma melhor forma ao tronco, visto o tutoriamento do crescimento pela espécie pioneira.

Os caracteres silviculturais avaliados foram: a) forma do tronco (FT), utilizando-se uma escala de notas, variando de 1 a 5, tanto para bifurcação (B) como para retidão (R), sendo que a nota final foi dada, utilizando-se da expressão: $FT = (B + R)/2$; b) altura total (ALT); c) diâmetro à altura do peito (DAP); d) diâmetro médio da copa (DMC), $(DMC = (L_1 + L_2)/2)$, em que L_1 : leitura do diâmetro da projeção da copa na linha e L_2 : leitura do diâmetro da projeção da copa na entrelinha; e) sobrevivência (SOB).

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita / melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2002b), considerando as progênies como sendo 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 (2002a): $y = Xb + Za + Wc + e$; em que: y = vetores de dados; b = vetores dos efeitos de blocos (fixos); a = vetores dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios); c = vetores dos efeitos de parcela (aleatórios); e = vetores dos efeitos de erros aleatórios. X , Z e W são as matrizes de incidência para b , a e c , respectivamente.

Neste trabalho, estudou-se o IME selecionando-se os 36 melhores indivíduos corresponde ao número de plantas que seriam selecionadas por uma seleção entre (24 %) e dentro (12,5 %) em três diferentes condições: a primeira considerou os 36 melhores indivíduos selecionados pelo IME, independente do número de indivíduos

por progênie (k_f , variável); na segunda aplicou-se IME aos indivíduos, que seriam selecionados pela seleção entre e dentro de progênies (k_f igual a 6 para todas as progênies); na terceira foi feita a seleção dos 36 melhores indivíduos para o IME, sendo que o número de indivíduos por família era no máximo igual a 3 ($1 \leq k_f \leq 3$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das progênies dentro de populações

Como pode ser observado na Tabela 1 as variáveis DMC, forma do tronco, DAP, na população de Selvíria apresentaram diferenças significativas, evidenciando variabilidade, uma condição essencial para o estabelecimento de um programa de melhoramento. As demais variáveis não apresentaram diferença significativa pelo teste F.

A população de Aramina apresentou médias superiores à população de Selvíria, principalmente para as variáveis altura e DAP, que estão mais relacionadas com a importância econômica. Quanto à sobrevivência, as duas populações apresentaram taxas de sobrevivência superior a 90%, indicando boa adaptação ao local de instalação do teste de progênies/procedências.

Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) para as variáveis analisadas ficaram entre 10,74 % e 17,46 %, para a população de Aramina e de 11,58 % a 19,14 % para a população de Selvíria. Essas estimativas podem ser consideradas de média magnitude (GARCIA, 1989). Porém, verifica-se que com CV_{exp} , não foi possível detectar variação genética, nesse momento, na população de Aramina. Freitas *et al.* (2006), trabalhando com *M. urundeuva* após 4 anos de plantio obtiveram um CV_{exp} médio de 15 % para as variáveis analisadas. Em trabalhos realizados com *Pterogyne nitens*, Sebbenn *et al.* (1998) obtiveram um CV_{exp} da ordem de 21,76 % para a variável altura, enquanto para o DAP o valor de CV_{exp} foi 27,38 % após 15 anos de plantio. Os resultados obtidos nestes dois trabalhos foram próximos aos obtidos para as populações de Aramina e Selvíria.

Valores de CV_{exp} na ordem de 10% e 20% podem ser considerados baixos para experimentos onde ocorre competição. Assim os resultados obtidos indicam boa precisão nas estimativas dos parâmetros genéticos.

O parâmetro \hat{C}^2 (coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas) quantifica a variabilidade dentro dos blocos. Um coeficien-

te alto significa alta variabilidade ambiental entre parcelas, e ao contrário, baixa variabilidade. As populações analisadas apresentaram estimativas de 11,72 % a 33,26 % nas populações de Selvíria e Aramina. Portanto, 22 % em média, da variação fenotípica total das duas populações são devidos à variação ambiental entre parcelas. Segundo Resende (2002a), para estimativas de \hat{C}^2 o ideal são valores iguais ou inferiores a 10%. Simeão *et al.*

(2002), trabalhando com erva mate, obtiveram estimativas de 16 %, dados que apresentam consonância com os obtidos neste trabalho.

Varição genética

As estimativas de h^2 (herdabilidade), CV (coeficiente de variação genética) e CVr (coeficiente de variação relativa) Ac (acurácia) são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1. Estimativas de média (\hat{m}), coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), teste-F (F) e da correlação devida ao ambiente comum da parcela (\hat{C}^2), para as variáveis: altura total (ALT), diâmetro médio da copa (DMC), forma do tronco (FT), diâmetro a altura do peito (DAP) e sobrevivência (SOB) em progênies de *M. urundeuva*, procedentes de Selvíria, MS e Aramina, SP, aos 15,5 anos, em Selvíria, MS.

Table 1. Estimates of means (\hat{m}), coefficient of experimental variation (CV_{exp}), F values (F) and the correlation due to the common environment of the plot (\hat{C}^2), for the following variables: total height (ALT), average diameter of the canopy (DMC), stem form (FT), diameter at breast height (DAP) and survival (SOB) in progenies of *M. urundeuva*, originating from Selvíria, MS and Aramina, SP, at 15,5 years of age and planted in Selvíria, MS.

Teste de Progenies	\hat{m}	CV_{exp} (%)	F	\hat{C}^2
ALT (m)				
Selvíria – MS	6,02	15,65	1,40ns	0,3326
Aramina – SP	6,27	14,56	1,06ns	0,3295
DMC (m)				
Selvíria – MS	2,99	11,58	2,599**	0,1266
Aramina – SP	2,98	13,28	1,445ns	0,2119
FT				
Selvíria – MS	3,15	12,50	1,937*	0,1172
Aramina – SP	3,38	12,33	1,858*	0,1156
DAP (m)				
Selvíria – MS	5,98	19,14	2,37**	0,1935
Aramina – SP	6,87	17,46	1,04ns	0,2538
SOB (%)				
Selvíria – MS	93,75	15,21	1,580ns	0,2567
Aramina – SP	95,67	10,74	1,294ns	0,1482

Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido restrito (\hat{h}^2_a), da média de progênies (\hat{h}^2_m) e aditiva dentro de parcela (\hat{h}^2_d); de variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}) e de parcela (CV_{gp}); de variação relativa (CV_r) e da acurácia (Ac) para as variáveis altura total (ALT), diâmetro médio da copa (DMC), forma do tronco (FT), diâmetro a altura do peito (DAP) e sobrevivência (SOB) em progênies de *M. urundeuva*, procedentes de Selvíria, MS e Aramina, SP, aos 15,5 anos, em Selvíria, MS.

Table 2. Estimates of heritability coefficients: individual (\hat{h}^2_a) narrow sense; of the progeny means (\hat{h}^2_m) and additive within plots (\hat{h}^2_d); of the genetic variation at individual level (CV_{gi}); and at plot level (CV_{gp}); of relative variation (CV_r) and of selective accuracy (Ac) for the traits: total height (ALT), average diameter of the canopy (DMC), stem form (FT), diameter at breast height (DAP) and survival (SOB) in progenies of *M. urundeuva*, originating from Selvíria, MS and Aramina, SP, at 15.5 years of age, in Selvíria, MS.

Teste de Progênies	\hat{h}^2_a	\hat{h}^2_m	\hat{h}^2_d	CV_{gi} (%)	CV_{gp} (%)	CV_r	Ac
ALT (m)							
Selvíria – MS	0,11	0,28	0,13	8,04	4,02	0,26	0,53
Aramina – SP	0,02	0,06	0,02	2,99	1,50	0,10	0,24
DMC (m)							
Selvíria – MS	0,24	0,62	0,23	11,95	5,98	0,52	0,78
Aramina – SP	0,09	0,31	0,09	7,24	3,62	0,27	0,56
FT							
Selvíria – MS	0,14	0,48	0,12	9,88	4,94	0,40	0,70
Aramina – SP	0,13	0,46	0,11	9,32	4,66	0,38	0,68
DAP (m)							
Selvíria – MS	0,27	0,58	0,27	15,24	7,62	0,48	0,76
Aramina – SP	0,00	0,01	0,00	1,59	0,79	0,04	0,12
SOB (%)							
Selvíria – MS	0,13	0,37	0,14	9,456	4,73	0,31	0,61
Aramina – SP	0,05	0,22	0,04	4,76	2,38	0,22	0,48

Para a obtenção das estimativas dos diversos tipos de herdabilidade apresentados, considerou-se a relação de meios-irmãos para as progênes envolvidas, negligenciável a ocorrência de endogamia na população base em estudo, condições indispensáveis preconizadas por Vencovsky (1969). Segundo Namkoong (1966), com a presença de endogamia, decorrente da autofecundação, ou da restrição no tamanho efetivo da população, o teste de progênie de polinização aberta inflaria as estimativas da variância genética.

As herdabilidades individuais para os parâmetros estudados variaram de 0,00 a 0,27. Esses resultados são coerentes àqueles encontrados, por Baleroni *et al.* (2003), para as mesmas populações de *M.urundeuva* e por Costa *et al.* (2005) para progênes de erva mate nativas, o que denota perspectiva de variabilidade genética a ser explorada ao longo de um programa de melhoramento genético.

Em estudos com *M.urundeuva* foram obtidos valores de igual a 0,27 para variável DAP e para a altura o valor de \hat{h}_a^2 foi de 0,08; estes valores foram próximos aos obtidos na população de Selvíria (SEBBENN e ETTORI, 2001). Em *Carinia legalis* a \hat{h}_a^2 para altura foi igual a 0,18 e para o DAP foi 0,116 (SEBBENN *et al.*, 2000).

De acordo com a classificação descrita por Resende (2002a) a herdabilidade pode ser considerada como de baixa magnitude quando $\hat{h}_a^2 < 0,15$, média magnitude entre $0,15 < \hat{h}_a^2 < 0,50$ e alta magnitude com $\hat{h}_a^2 > 0,50$.

Em relação às informações de médias, as estimativas de herdabilidades variaram de 0,01 a 0,62; os resultados estão próximos aos observados na literatura relativa a diversas espécies florestais (KAGEYAMA, 1980; STURION, 1993; CORNELLIUS, 1994; SAMPAIO, 1996 e SIMEÃO *et al.*, 2002). Em trabalhos realizados com *M. urundeuva* os valores de herdabilidade média (\hat{h}_m^2) encontrados para ALT e DAP variaram de 0,00 a 0,72 (NOGUEIRA *et al.*, 1986; MORAES *et al.*, 1992; OLIVEIRA *et al.*, 2000), mostrando concordância com os dados obtidos neste trabalho.

Sebbenn e Etori (2001), trabalhando com *M. urundeuva*, obtiveram uma \hat{h}_m^2 igual a 0,15 para a variável altura; valor próximo a este foi obtido neste experimento para a mesma variável para a população de Selvíria.

A herdabilidade dentro de progênes \hat{h}_d^2 teve uma variação de valores de 0,00 a 0,27, onde os menores valores foram observados na população de Aramina. Freitas *et al.* (2006) obteve \hat{h}_d^2

igual a 0,09 para a altura, em um experimento onde a *M. urundeuva* foi consorciada com outras duas espécies, e \hat{h}_d^2 de 0,22 quando a mesma foi consorciada com eucalipto; estes valores encontram-se em consonâncias aos obtidos para as populações de Selvíria e Aramina.

Em trabalho com *M. urundeuva* os valores de \hat{h}_d^2 para o DAP foi 0,14 e para altura foi 0,04, este valor encontra-se próximo ao obtido, nesta mesma variável na população de Aramina (SEBBENN e ETTORI, 2001).

A estimativa de \hat{h}_a^2 para as variáveis altura e DAP foram de 0,39 e 0,10 respectivamente em trabalho feito com *Carinia legalis* (SEBBENN *et al.*, 2000).

O coeficiente de variação genética é considerado um parâmetro de extrema importância no entendimento da estrutura genética de uma população por mostrar a quantidade de variação existente entre progênes e permitir as estimativas de ganhos genéticos (KAGEYAMA, 1980).

Os valores do coeficiente de variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}) oscilaram de 1,59 % a 15,24 %, o menor e o maior valor foram obtidos para a variável DAP. A população de Selvíria apresentou valores de CV_{gi} que evidenciam a possibilidade de seleção de indivíduos dentro de progênes com base no caráter em estudo, devido à presença de variabilidade genética.

Os valores de coeficiente de variação genética de progênie (CV_{gp}) ficaram entre 0,79 % e 7,62 % e assim como no CV_{gi} os valores mais altos também foram obtidos na população de Selvíria.

Os coeficientes de variação genética para *M. urundeuva* relatados na literatura variaram de 2,2 % a 9,6 % (NOGUEIRA *et al.*, 1986; MORAES *et al.*, 1992; OLIVEIRA *et al.*, 2000 e FONSECA *et al.*, 2003). A maior parte das espécies florestais apresenta considerável variação genética entre e dentro de populações, devido ao fluxo de genes a partir da dispersão de pólen e sementes, que são de grande importância para a formação da estrutura de uma espécie (KAGEYAMA e PATIÑO-VALERA, 1985).

Paiva *et al.* (2002) citam que para haver sucesso no melhoramento de uma espécie é fundamental a presença de variabilidade genética, lembrando ainda, que fatores como: método de seleção adotado, as correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres, o tipo de ação gênica envolvida e a precisão experimental, influenciam neste processo. Para Sebbenn *et al.* (1998) um coeficiente de variação genética acima de 7 % é considerado alto.

A escolha de um caráter para a seleção pode ter como base aquele que apresenta as maiores estimativas de CV_r (coeficiente de variação relativa). Assim, altos valores de CV_r indicam sucesso na seleção. No caso deste experimento os maiores valores de CV_r foram obtidos na população de Selvíria para as variáveis DAP (0,48) e DMC (0,52), indicando que devem ser os caracteres escolhidos para um programa de melhoramento, como a diferença entre os dois foi pequena, optou-se pelo DAP em função da sua facilidade de obtenção.

De maneira geral, os valores genéticos preditos ficaram aquém dos valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. A proximidade entre os dois valores pode ser avaliada com base na estatística denominada acurácia, a qual se refere à correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros dos indivíduos (NASS *et al.*, 2001).

Os valores de acurácia variaram de 11 a 78%, sendo que valores entre 0 a 25% são considerados baixo, 25 a 75%, bom e acima de 75% ótimo (RESENDE, 2002a).

A acurácia foi o parâmetro utilizado para a escolha do caráter DAP, para a aplicação do (índice multifeito) IME, já que avaliações realizadas, utilizando o caráter DAP geram resultados confiáveis, pois existe uma boa precisão na tomada dos valores desse caráter no campo. Na população de Selvíria a acurácia para o caráter DAP, foi de 76%, valor superior ao encontrado por Sampaio *et al.* (2002), trabalhando com *Pinus oocarpa*, encontraram acurácia média de 35%. A população de Aramina apresentou uma acurácia relativamente baixa, 12%, o que pode estar ligado ao fato desta população ter sofrido altos níveis de perturbação antrópica.

A acurácia na população de Aramina foi de baixa 0,1188 (DAP) a média para os demais caracteres estudados. Já na população de Selvíria foi de média nos caracteres ALT (0,53), SOB (0,61) e FOR (0,70) a alta nos caracteres DAP (0,76) e DMC (0,78). Assim uma das razões de ter sido encontrada significância nos caracteres estudados foi a sua maior acurácia média (0,6761) em relação a população de Aramina (0,4112)

Ganho na seleção, tamanho efetivo e diversidade genética

Neste trabalho, estudou-se o IME selecionando os 36 melhores indivíduos (corresponde ao número de plantas que seriam selecionadas por uma seleção entre (24%) e dentro (12,5%) em três diferentes condições): A) a primeira considerou os 36 melhores indivíduos selecionados

pelo IME, independente do número de indivíduos por família ($k_f = \forall k \neq 0$); B) a segunda aplicou-se IME aos indivíduos, que seriam selecionados pela seleção entre e dentro de progênies, ou seja ($k_f = k \neq 0$, sendo k_f igual a 6 para todas as famílias); C) na terceira foi feita a seleção dos 36 melhores indivíduos para o IME, sendo que o número de indivíduos por família era no máximo igual a 3 ($k_f, 1 \leq k \leq 3$).

Os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 são importantes quando se deseja conhecer o ganho na seleção e o que a seleção para a obtenção deste ganho pode provocar em termos de tamanho efetivo (N_e) e diversidade genética (D). Assim, tomando-se por base os indivíduos que seriam selecionados em uma seleção entre e dentro de famílias e aplicando-se a eles o IME, ou seja, esta passa a ser uma condição de referência, é possível verificar que o tamanho efetivo corresponde a 16 e a diversidade genética a 0,24, portanto, foi mantida nesta condição, 24% da diversidade genética inicial existente no teste de progênies. As simulações de condições A ($k_f = \forall k \neq 0$) e C ($k_f, 1 \leq k \leq 3$), quando comparadas à condição de referência B ($k_f = k \neq 0$) aplicados à população de Aramina, verifica-se que na condição A ocorre a seleção de um número igual famílias (6); portanto, o número de indivíduos por família também é o mesmo (6); o tamanho efetivo sofre uma redução de 4,57, levando a uma redução na diversidade genética de 0,08; o ganho na seleção tem um aumento de 0,10, correspondendo a uma eficiência de 84,93%. Na condição C ocorre um aumento no número de famílias selecionadas de 6 para 15; há uma redução no número de indivíduos por família de 6 para 2,4; há um aumento no tamanho efetivo de 9,32 o que leva a um aumento na diversidade genética de 0,30, e um ganho na seleção de 0,19% com eficiência de 46,63%. Sampaio *et al.* (2002), trabalhando com *Pinus oocarpa* obtiveram um ganho na seleção em média de 15%. Já Paludzyszyn Filho *et al.* (2002) em trabalho com *Pinus taeda*, obtiveram um ganho de 8%, estes valores ficaram próximos aos ganhos obtidos na população de Selvíria.

Para a população de Selvíria na condição A ($k_f = \forall k \neq 0$), quando comparada à condição padrão B ($k_f = k \neq 0$) verifica-se que é possível selecionar um número menor de famílias (5), embora ocorra um aumento no número de indivíduos por família de 1,2; o tamanho efetivo da população sofre redução de 16 para 6,35, o que acarreta numa redução na diversidade ge-

nética (0,16); o ganho na seleção é de 24,56%, com uma eficiência na seleção de 55,80%. Na condição C ($k_f, 1 \leq k \leq 3$) ocorre um aumento no número de famílias selecionadas (13), reduz o número de indivíduos por família (2,76), há um aumento no tamanho efetivo de 16 para 24,41, levando a um aumento na diversidade genética (0,26), proporcionando um ganho na seleção de 19,93%, com eficiência de 26,45%.

A seleção feita por meio do índice multiefeito deve ser, preferencialmente, utilizada para os casos em que a herdabilidade dos caracteres é baixa, por considerar simultaneamente o comportamento do indivíduo, o de sua família e o da parcela em que foi plantado (PAIVA *et al.*, 2002).

Tabela 3. Comparação entre as formas de seleção para o caráter DAP (cm) em progênies de *M. urundeuva* procedentes da região de Aramina-SP, em três condições: A ($k_f = k \neq 0$), B ($k_f = \forall k \neq 0$) e C ($k_f = 1 \leq k \leq 3$), aos 15,5 anos, em Selvíria, MS.

Table 3. Comparison among selection kinds for the character DAP (cm) in progenies of *M. urundeuva*, originating from the region of Aramina, SP, under three conditions: A ($k_f = k \neq 0$), B ($k_f = \forall k \neq 0$) and C ($k_f = 1 \leq k \leq 3$), at 15.5 years of age, in Selvíria, MS.

$k_f = \forall k \neq 0$		$k_f = k \neq 0$		$k_f = 1 \leq k \leq 3$	
Prog.	k_f	Prog.	k_f	Prog.	k_f
5	8	4	6	4	3
12	11	5	6	5	3
13	11	12	6	6	2
19	1	13	6	7	2
21	4	15	6	8	1
22	1	21	6	9	2
-	-	-	-	10	3
-	-	-	-	11	1
-	-	-	-	12	3
-	-	-	-	13	3
-	-	-	-	14	3
-	-	-	-	15	3
-	-	-	-	18	3
-	-	-	-	19	3
-	-	-	-	21	1
N	36	N	36	N	36
N_{fo}	25	N_{fo}	25	N_{fo}	25
N_f	6	N_f	6	N_f	15
k_f	6	k_f	6	k_f	2,4
σ^2_{kf}	21,6	σ^2_{kf}	0	σ^2_{kf}	0,69
N_e	11,43	N_e	16	N_e	25,32
$\mu(cm)$	6,87	$\mu(cm)$	6,87	$\mu(cm)$	6,87
$\hat{a}(cm)$	0,02	$\hat{a}(cm)$	0,01	$\hat{a}(cm)$	0,01
$\hat{G}_s(\%)$	0,24	$\hat{G}_s(\%)$	0,14	$\hat{G}_s(\%)$	0,19
$E_f(\%)$	84,93	$E_f(\%)$	-	$E_f(\%)$	46,63
\hat{D}	0,16	\hat{D}	0,24	\hat{D}	0,54

N: no de indivíduos selecionados; N_m = nº de progênies do teste; N_f : no de progênies selecionadas; k_f : no de indivíduos selecionados por progênie; k_f : no médio de indivíduos selecionados por progênie; σ^2_{kf} : variância do no de indivíduos selecionados por progênie; N_e : tamanho efetivo; μ : média geral; \hat{a} : efeito genético aditivo = IME; Índice Multi-efeito; \hat{G}_s : Ganho na seleção; E_f : eficiência entre as formas de seleção com base no IME, tendo à seleção entre e dentro de progênies como referência; \hat{D} : Diversidade genética.

Segundo Resende (2002a), quando o IME for utilizado e existir a preocupação de manter uma diversidade genética razoável deve-se estabelecer um máximo, conforme pode ser observado nos dados em questão.

A falta de variação genética entre as progênies da população de Aramina reflete-se na obtenção dos ganhos de seleção (0,14%), enquanto para a população de Selvíria apresenta um potencial de ganho da ordem de 15,63%, na situação em que k_f é constante. A tendência dos resultados para as estimativas de tamanho efetivo (N_e) e Diversidade genética (D) foi a mesma nas populações de Aramina e Selvíria, ou seja, as maiores estimativas ocorreram na condição C ($k_f, 1 \leq k \leq 3$), vindo a seguir na condição A ($k_f = \forall k \neq 0$).

Tabela 4. Comparação entre as formas de seleção para o caráter DAP (cm) em progênies de *M. urundeuva* procedentes da região de Selvíria-MS, em três condições: A ($k_f = k \neq 0$), B ($k_f = \forall k \neq 0$) e C ($k_f = 1 \leq k \leq 3$), aos 15,5 anos, em Selvíria, MS.

Table 4. Comparison among the selection kinds for the character DAP (cm) in progenies of *M. urundeuva*, originating from forest fragments of the region of Selvíria, MS under three conditions: A ($k_f = k \neq 0$), B ($k_f = \forall k \neq 0$) and C ($k_f = 1 \leq k \leq 3$), at 15.5 years of age, in Selvíria, MS.

$k_f = \forall k \neq 0$		$k_f = k \neq 0$		$k_f = 1 \leq k \leq 3$	
Prog.	k_f	Prog.	k_f	Prog.	k_f
28	5	28	6	26	3
30	2	34	6	28	2
34	2	35	6	29	3
35	3	36	6	30	3
36	24	37	6	31	3
-	-	38	6	34	3
-	-	-	-	35	3
-	-	-	-	36	3
-	-	-	-	37	3
-	-	-	-	38	3
-	-	-	-	39	3
-	-	-	-	40	3
-	-	-	-	41	1
N	36	N	36	N	36
N_{fo}	25	N_{fo}	25	N_{fo}	25
N_f	5	N_f	6	N_f	13
k_f	7,2	k_f	6,0	k_f	2,76
σ^2_{kf}	89,7	σ^2_{kf}	0	σ^2_{kf}	0,359
N_e	6,35	N_e	16	N_e	24,41
$\mu(cm)$	6,59	$\mu(cm)$	6,59	$\mu(cm)$	6,59
$\hat{a}(cm)$	1,456	$\hat{a}(cm)$	0,927	$\hat{a}(cm)$	1,182
$\hat{G}_s(\%)$	24,56	$\hat{G}_s(\%)$	15,63	$\hat{G}_s(\%)$	19,93
$E_f(\%)$	55,80	$E_f(\%)$	-	$E_f(\%)$	26,45
\hat{D}	0,08	\hat{D}	0,24	\hat{D}	0,50

N: no de indivíduos selecionados; N_m = nº de progênies do teste; N_f : no de progênies selecionadas; k_f : no de indivíduos selecionados por progênie; k_f : no médio de indivíduos selecionados por progênie; σ^2_{kf} : variância do no de indivíduos selecionados por progênie; N_e : tamanho efetivo; μ : média geral; \hat{a} : efeito genético aditivo = IME; Índice Multi-efeito; \hat{G}_s : Ganho na seleção; E_f : eficiência entre as formas de seleção com base no IME, tendo à seleção entre e dentro de progênies como referência; \hat{D} : Diversidade genética.

CONCLUSÕES

As populações de *M. urundeuva* provenientes de Aramina e Selvíria apresentam boa adaptação às condições ambientais de Selvíria, evidenciadas pelas altas taxas de sobrevivência.

A variabilidade genética foi maior dentro da população de Selvíria quando comparada com a população de Aramina.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPq e a FAPESP pelo apoio financeiro; a Alexandre Marques da Silva, Alonso Ângelo da Silva, João Andrade Queiroz Souza, José Cambuim, Juliano Borges de Abreu, Luiz Torrezan Filho, Manoel Fernando Rocha Bonfim e Walter Bichueti pelo apoio na coleta de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALERONI, C.R.S.; ALVES, P.F.; SANTOS, E.B.R.; CAMBUIM, J. ANDRADE, J.A.C.; MORAES, M.L.T. Variação genética em populações naturais de aroeira em dois sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.15, n.2, p.125-136, 2003.

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

CORNELLIUS, J. Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. **Canadian Journal of Forestry Research**, Ottawa, v.24, p.371-379, 1994.

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* A. St.-Hil.) na Região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.4, p.371-376, 2005.

DIAS, L.A.S. ; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em espécies arbóreas em consequência para o melhoramento florestal. **Agrotropica: Revista de Agricultura dos Tropicais Úmidos**, Itabuna, v.3, n.3, p.119-127, 1991.

FALCONER, D.D. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1981. 279p.

FONSECA, A.J.; MORAES, M.L.T.; AGUIAR, A.V.; LACERDA, A.C.M.B.L. 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.

FRANKEL, O.H.; SOULÉ, M.S. **Conservation and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327p.

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, 2006.

GARCIA, C.H. **Tabela para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1989. 10p. (Circular Técnica, 171).

HAYAWARD, M.D.; HAMILTON, N.R.S. Genetic diversity: population structure and conservation. In: CALLOW, J.A.; FORD-LLOYD, B.V.; NEWBURY, H.J. **Biotechnology and plant genetic research conservation and use**. **Biotechnology in Agriculture Series**, Oxford, v.19, p.49-76, 1997.

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

KAGEYAMA, P.Y.; PATIÑO-VALERA, F. Conservación e manejo de recursos genéticos forestales: factores que influyen en la estructura y diversidad de los ecosistemas forestales. In: CONGRESSO FLORESTAL MUNDIAL, 9, 1985, México. **Trabalhos convidados...** México, 1985.

LLEIRAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.16A, n.2, p.1179-1184, 1992.

MORAES, M.L.T.; KAGEYAMA, P.Y.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KANO, N.K.; CAMBUIM, J. Variação genética em duas populações de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. - Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, n.4, p.1241-1245, 1992.

- NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. *Forest Science*, Madison, v.12, p.8-13, 1966.
- NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183p.
- NOGUEIRA, J.C.B.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; MORAES, E.; IWANE, M.S.S. Testes de progênes e procedências da aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, v.40A, p.367-375, 1986.
- OLIVEIRA, S.A.; MORAES, M.L.T.; KURAMOTO, C.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo: aspectos silviculturais. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.12, n.2, p.155-166, 2000.
- PAIVA, J.R.; RESENDE, M.D.V.; CORDEIRO, E.R. Índice multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.6, p.799-807, 2002.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J.S.C.; RESENDE, M.D.V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.12, p.1719-1726, 2002.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. 975p.
- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGN-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002b. 67p. (Embrapa Florestas. Documentos, 77).
- RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. *Revista de Matemática e Estatística*, São Paulo, v.17, p.89-107, 1999.
- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênes de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.28/29, p.37-55, 1994.
- SAMPAIO, P.T.B. **Variação genética entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. e *Pinus maximinoi*, H.E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético**. 1996. 169p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- SAMPAIO, P.T.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAUJO, A.J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus oocarpa* Shiede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.5, p.625-636, 2002.
- SEBBENN, A.M.; ETTORI, L.C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênes misto. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.13, n.2, p.201-211, 2001.
- 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.
- SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; GURGEL GARRIDO, L.M.A.; ANGERAMI, E.M.R.A. Variabilidade genética e interação genótipo x locais em Jequitibá Rosa, *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.12 n.1, p.12-23, 2000.
- SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; VENCOSVSKY, R.; MACHADO, J.A.R. Interação genótipo x ambiente na conservação “*ex situ*” de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., em duas regiões do estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.11, n.1, p.75-89, 1999.
- SIMEÃO, R.M.; STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. Avaliação genética em erva-mate pelo procedimento BLUP individual multivariado sob interação genótipo x ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.11, p.1589-1596, 2002.
- STURION, J.A. **Variação genética de características de crescimento e de qualidade da madeira em progênes de *Eucalyptus viminalis***. 1993. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p.17-37.

Recebido em 17/06/2008

Aceito para publicação em 07/05/2009

