

Variação e parâmetros genéticos em teste de progênies de polinização livre de *Peltophorum dubium* (Sprengel) taubert em Luiz Antonio -SPGenetic variation and parameters in an open-pollinated progeny test of *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert, in Luiz Antonio - SPSirlene do Nascimento Senna<sup>1</sup>, Miguel Luiz Menezes Freitas<sup>2</sup>,  
Antonio Carlos Scatena Zanatto<sup>2</sup>, Euripedes Morais<sup>2</sup>, Marcelo Zanata<sup>2</sup>,  
Mário Luiz Teixeira de Moraes<sup>1</sup> e Alexandre Magno Sebbenn<sup>2</sup>**Resumo**

O intenso desmatamento e fragmentação dos biomas florestais brasileiros têm contribuído para aumentar o número das espécies arbóreas na lista de espécies ameaçadas de extinção. *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert é uma dessas espécies, e algumas de suas populações estão sendo conservadas *ex situ* pelo Instituto Florestal de São Paulo em forma de testes de procedências e de progênies. O objetivo deste estudo foi investigar a variação genética e estimar parâmetros genéticos em uma população de *P. dubium* conservada *ex situ* em forma de teste de progênies, em Luiz Antônio, SP. O teste foi estabelecido no delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, cinco plantas por parcela e 18 progênies de polinização livre e mensurado para os caracteres: diâmetro a altura do peito (DAP), altura e forma do fuste. Foram estimados parâmetros genéticos como herdabilidades, coeficiente de variação genética e tamanho efetivo populacional. Diferenças significativas entre progênies foram observadas apenas para o caráter DAP. Este caráter apresentou maior coeficiente de variação genética ( $CV_g=4,8\%$ ) e herdabilidades, em especial entre médias de progênies ( $h_m^2=0,6607$ ). Isso indica que DAP é também o caráter mais indicado para a seleção na população. O tamanho efetivo da população conservada *ex situ* no teste foi estimado em 38,9. Em termos de conservação, embora o tamanho efetivo retido no teste seja baixo, os valores da variação genética e da herdabilidade indicam que a população conservada *ex situ* tem variação genética e potencial para responder a mudanças promovidas pela seleção natural e artificial.

**Palavras-chave:** canafístula/guarucaia, caracteres quantitativos, espécie arbóreas tropicais, variabilidade genética.

**Abstract**

Intensive deforestation and forest fragmentation of the Brazilian forest biomes has contributed to increase the number of trees species under the risk of extinction. *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert is one of these species. Some of its populations are being conserved *ex situ* by the Instituto Florestal de São Paulo through provenance and progeny tests. The aim of this study was to investigate the genetic variation and to estimate genetic parameters at age 24 years in a progeny test of *P. dubium* established in Luiz Antônio, São Paulo State, Brazil. The trial was established in a random block design, with six replications, five plants per plot and 18 open-pollinated progenies. Measured were: diameter at breast height (DBH), height and stem form. The genetic parameters heritability, genetic variation and effective population size were estimated. Significant genetic differences were observed only for DBH. This trait also presented a high coefficient of genetic variation ( $CV_g=4.8\%$ ) and heritability, especially among progeny means ( $h_m^2=0.6607$ ). This indicates that DBH is the most indicated trait for selection in the population. The effective population size conserved *ex situ* in the test was estimated to be 38.9. Concerning genetic conservation, although the effective population size in the test is small, the values of the genetic variation and of the heritability indicate that the *ex situ* population has sufficient genetic variation and potential to respond to changes promoted by natural and artificial selection.

**Keywords:** canafístula/guarucaia, genetic variability; quantitative traits, tropical tree species.

**INTRODUÇÃO**

As árvores, pelo seu grande porte e vida longa, são as espécies-chave dos ecossistemas flo-

restais, criando ambientes para sobrevivências de muitas outras espécies de animais e plantas associadas a elas. Dessa forma a remoção desses organismos pode causar alterações em todo

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000 – Ilha Solteira, São Paulo.

<sup>2</sup>Instituto Florestal de São Paulo, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo. E-mail: [alexandresebbenn@yahoo.com.br](mailto:alexandresebbenn@yahoo.com.br)

ecossistema florestal (LEDIG, 1988). Contudo, o contínuo crescimento da população humana e conseqüente aumento da demanda por alimentos e bens madeireiros têm implicado na substituição de florestas nativas por culturas agrícolas, cultivo de espécies arbóreas exóticas e corte seletivo de árvores em populações naturais. Esses dois métodos de exploração, o corte raso e corte seletivo de árvores aplicados em alta intensidade, têm conseqüências sobre a genética e demografia de populações das espécies arbóreas (SEBBENN *et al.*, 2008). O corte raso extingue populações inteiras e transforma a paisagem em grandes áreas sem florestas, intercaladas, geralmente, por pequenos fragmentos (<10 ha) isolados. O corte seletivo, realizado sobre as árvores de maiores diâmetros e melhor forma do fuste, reduz o tamanho da população reprodutiva, aumenta a distância entre coespecíficos e causa a seleção disgênica (seleção dos piores genótipos para darem origem às novas populações). Esses efeitos da fragmentação e manejo florestal são mais drásticos nas florestas tropicais do que nas temperadas, visto que nos trópicos a diversidade de espécies é muito maior, mas a densidade populacional de mais de 90% das espécies é baixa (<1 árvore/ha). Assim, quando um maciço florestal é descontinuado em pequenos fragmentos (<10 ha), o número de indivíduos de várias espécies pode ser reduzido para pouco menos de uma centena de indivíduos remanescentes. Tais populações sofrem reduções na variabilidade genética e no tamanho efetivo, o que afeta as gerações descendentes. Devido a isso, é fundamental desenvolver programas de conservação *ex situ*, antes que populações e espécies sejam extintas.

A redução contínua no tamanho de muitas populações submete as espécies a perdas de variabilidade por deriva genética (SEBBENN; ETTORI, 2001). A deriva contribui ao longo das gerações para a perda de variabilidade (alelos e heterozigosidade), aumento da endogamia e parentesco e o aparecimento da depressão por endogamia, caracterizada pela redução na capacidade adaptativa às mudanças ambientais, redução na fertilidade, vigor, porte e produtividade, entre outros (ALLARD, 1971). Para uma maior garantia da sobrevivência de populações de espécies florestais que estão sendo fragmentadas (conservação *in situ*), é necessária a conservação *ex situ*, que tem como objetivo manter amostras representativas de populações (LLEIRAS, 1992). A conservação *ex situ* de populações em forma de testes de procedências e progênies cumprem essa função na

medida em que pode permitir a manutenção da variabilidade genética, além de fornecer informações a respeito dos padrões de variação genética e controle genético de caracteres de interesse econômico (SEBBENN; ETTORI, 2001).

A espécie arbórea tropical *Peltophorum dubium* (Spr.) Taubert (Caesalpinaceae), conhecida popularmente como canafístula, é planta decídua, heliófita e comum na Floresta Estacional Semidecidual da bacia do Rio Paraná (LORENZI, 2000), tanto na floresta primária densa como em formações secundárias. A espécie é hermafrodita, polinizada principalmente por abelhas (CARVALHO, 1994) e provavelmente se reproduz por cruzamentos, como a grande maioria das espécies arbóreas tropicais (SEBBENN, 2006). Esta espécie tem potencial para reflorestamento, visto ocorrer naturalmente em vários tipos de solos, ser pouco exigente quanto à fertilidade química do solo e por apresentar plasticidade adaptativa (CARVALHO, 1994). A madeira de seu tronco é moderadamente pesada (densidade 0,69g/cm<sup>3</sup>), rija e de longa durabilidade. É utilizada na construção civil, em indústria de móveis, em construção naval, em marcenaria e carpintaria (CARVALHO, 1994), além de tratar-se de planta medicinal (REITZ *et al.*, 1988). É uma árvore de crescimento rápido, rústica e recomendada para reflorestamentos mistos de áreas degradadas, para paisagismo em geral, arborização de parques, praças e rodovias (LORENZI, 2000; MARCHIORI, 1997).

O objetivo deste estudo foi investigar a variação genética e estimar parâmetros genéticos em um teste de progênies de *P. dubium* instalado em Luiz Antônio-SP com a finalidade de selecionar genótipos e transformar o teste em um pomar de sementes por mudas, para suprir a demanda de sementes com alta variabilidade genética e amplo tamanho efetivo para a recuperação de áreas degradadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostragem e Delineamento Experimental

A população de origem das sementes utilizada para a implantação do teste de progênies é procedente de Tenente Portela, Estado do Paraná. As sementes foram coletadas de polinização livre. O teste de progênies foi instalado em abril de 1985 na Estação Experimental de Luiz Antônio, do Instituto Florestal de São Paulo, localizada nas coordenadas 21° 40' S, 47° 49' W,

altitude de 550 m, clima tropical (Cwa), temperatura média anual do mês mais quente de 22,7°C e do mês mais frio de 17,2°C, inverno seco e precipitação média anual de 1.280 mm. O relevo do local é plano com inclinação em torno de 5% e solo do tipo Latossolo Roxo. O teste foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, cinco plantas por parcela e 18 progênies de polinização livre. O espaçamento utilizado foi o de 3 x 3 m. Adotou-se também uma bordadura externa de duas linhas da mesma espécie.

O ensaio foi mensurado na idade de 24 anos para os caracteres silviculturais: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e forma do fuste (variando de 1 – fuste muito tortuoso e bifurcado, a 5 – fuste reto sem bifurcação, danos e doenças). Para análise de variância, os valores da forma do fuste foram transformados por  $r_{xy}$ , a fim de obter-se uma proximidade da distribuição normal.

### Análise estatística e estimação de parâmetros

Para verificar as diferenças entre os tratamentos foi empregada a análise de variância conforme o procedimento do programa computacional estatístico SAS (SAS, 1999). Para estimar componentes de variância foi utilizado o método de REML (máxima verossimilhança restrita). A utilização do método REML para estimar os componentes da variância, deve-se ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores sobreviventes por parcelas. Os valores perdidos foram estimados e os componentes da variância foram ajustados para estes. Para análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que  $Y_{ijk}$ : desempenho médio do k-ésimo indivíduo, do j-ésimo bloco, da i-ésima progênie; m: média geral da variável em análise;  $t_i$ : efeito aleatório da i-ésima progênie ( $i = 1, 2, \dots, I$ );  $b_j$ : efeito fixo do j-ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, J$ );  $e_{ij}$ : efeito aleatório da interação entre a i-ésima progênie do j-ésimo bloco, ou efeito ambiental da ij-ésima parcela;  $d_{ijk}$ : efeito da k-ésimo indivíduo dentro da ij-ésima parcela. K é o número de árvores por progênies, J é o número de blocos, I é o número de progênies e  $\bar{K}$  é a média harmônica do número de árvores por parcela.

Das análises de variância, foram estimados os componentes  $\sigma_p^2$ : variância genética entre progênies;  $\sigma_e^2$ : variância devido à interação entre

progênies e repetições (ambiental);  $\sigma_d^2$ : variância fenotípica dentro de progênies;  $\sigma_F^2$ : variância fenotípica total ( $\sigma_F^2 = \sigma_p^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2$ ); a variância genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ) foi calculada com base na expressão:  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$ , sendo  $r_{xy}$  a estimativa do coeficiente de parentesco ou covariância genética aditiva entre plantas dentro de progênies. Como não existem estimativas do coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênies de polinização aberta para a presente espécie, população e evento reprodutivo que deu origem as progênies, foi assumido um coeficiente de coancestria ( $\Theta$ ) de 0,221, conforme estimativa média calculada para diversas espécies arbóreas tropicais polinizadas por animais (SEBBENN, 2006). Assim, assumindo ausência de endogamia, o coeficiente de parentesco pode ser estimado por  $r_{xy} = 2\Theta$  e a variância genética aditiva por  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / 0,442$ .

As definições e cálculos dos coeficientes de herdabilidade, coeficientes de variação e medidas de correlações entre caracteres seguiram Namkoong (1979). Os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ), entre médias de progênies ( $h_m^2$ ), dentro de progênies ( $h_d^2$ ) e coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ) foram estimados por:

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}, \quad \hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{\bar{K}J}}$$

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}, \quad \text{e } CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\hat{m}} \cdot 100.$$

Sendo  $\hat{m}$  a estimativa da média do caráter. Acurácia ( $r_{aa}$ ) para a seleção entre progênies foi estimada, assumindo sobrevivência completa pela expressão:  $r_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$  (RESENDE, 2002).

O tamanho efetivo ( $N_e$ ) de cada progênie foi estimado utilizando-se a expressão:

$$\hat{N}_e = \frac{0,5}{\hat{\Theta} \left( \frac{n-1}{n} \right) + \frac{1 + \hat{F}_o}{2n}} \quad (\text{COCKERHAM, 1969}).$$

em que, n é o número de plantas por progênie, m é o número de progênies (18),  $F_p$  é o coeficiente de endogamia na geração parental, assumido como zero, e  $\Theta$  é o coeficiente de coancestria médio dentro de progênies, assumido como 0,221 (SEBBENN, 2006). O tamanho efetivo total do conjunto das 18 progênies conservadas *ex situ* foi estimado, multiplicando-se o tamanho estimado em cada progênie pelo número total de progênies:  $\hat{N}_{e(\text{total})} = m\hat{N}_e$ . Contudo, é im-

portante ressaltar que este último procedimento assume que não existe parentesco entre plantas de diferentes progênies. Isso só é possível se as árvores matrizes que deram origem as progênies não eram parentes entre si, não se cruzaram e não correu sobreposição no conjunto de pólen que fertilizou as diferentes matrizes, ou seja, cada matriz cruzou com um conjunto de doadores de pólen diferente).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As progênies de *P. dubium* apresentaram aos 24 anos de idade um crescimento médio de 20,61 cm para o DAP e 17,73 m para a altura (Tabela 1). O incremento médio anual (IMA) para os caracteres de crescimento DAP e altura (0,86 cm e 0,74 m, respectivamente) foram médios quando comparado ao de outras espécies arbóreas como *Cordia trichotoma*, aos 19 anos (IMA do DAP de 0,83 cm e da altura de 0,73 m; FREITAS *et al.*, 2006), *Balfourodendron riedelianum*, aos 21 anos (IMA do DAP de 0,99 cm e da altura de 0,72 m; SEBBENN *et al.*, 2007a) e *Gallesia integrifolia*, aos 20 anos, (IMA do DAP de 1,09 cm e da altura de 0,68 m; FREITAS *et al.*, 2008), e inferior ao observado para a mesma espécie aos 11 anos de idade (IMA do DAP = 0,96 cm; IMA da altura = 0,89 m; SEBBENN *et al.*, 1999). O IMA geralmente tende a ser maior nos primeiros anos de plantio e diminui com o passar dos anos com o desenvolvimento das árvores. IMA inferiores aos aqui observados foram relatados nas espécies *Myracrodruon urundeuva*, aos 17 anos (IMA do DAP de 0,68 cm e IMA da altura de 0,77 m; FREITAS *et al.*, 2007), *Cariniana legalis*, aos 26 anos (IMA do DAP de 0,57 cm e IMA da altura de 0,62 m; SEBBENN *et al.* 2009), e *Cordia alliodora*, aos 23 anos (IMA do DAP de 0,38 cm e IMA da altura de 0,51 m; SEBBENN *et al.*, 2007b).

O teste F da análise de variância detectou diferenças significativas a 5% de probabilidade apenas para o caráter DAP (Tabela 1), indicando à existência de diferença genética entre as progênies e, portanto, a possibilidade de se obter ganhos genéticos pela seleção das progênies mais produtivas para este caráter.

Em relação à forma do fuste, os resultados indicam que a espécie possui um fuste com nota acima da média (3,32), em uma escala de notas de 1 a 5 (árvore ótima, fuste reto). Como no en-

saio não foi realizada a desrama, é possível que em estudos futuros seja realizado esse manejo para condução de melhores formas de fuste. A ausência de variação significativa para o caráter indica em termos teóricos que não existe a possibilidade de se obter ganhos genéticos com a seleção entre progênies, embora ganhos possam ser obtidos com a seleção entre plantas dentro de progênies. O melhoramento desse caráter deve ser uma prioridade no programa de melhoramento genético, porque afeta diretamente a utilização dos possíveis produtos madeireiros como potencial produtivo dessa espécie arbórea. Árvores tortuosas podem ser usadas para a fabricação de carvão e demais produtos madeireiros, como fitoterápicos e óleos essenciais, mas não são adequadas para serraria, que exigem árvores com fuste reto, pois oferecem maior aproveitamento na produção de tábuas.

Os coeficientes de variação experimental foram baixos, 8,4% para o DAP, 11,9% para a forma e 7,8% para a altura, indicando que o delineamento experimental adotado foi eficiente para controlar a variação ambiental. Baixos valores do coeficiente de variação experimental indicam boa precisão do método utilizado nas avaliações dos caracteres analisados e no controle da variação ambiental (KAGEYAMA *et al.*, 1977). Sebbenn *et al.* (1999) e Moraes *et al.* (2007) obtiveram valores mais altos de variação experimental, em teste de progênies de *P. dubium* aos 11 anos e *Eucalyptus camaldulensis* aos 20 anos, em que o coeficiente de variação experimental foi elevado para o DAP (18 e 33,7%, respectivamente) e para a altura de plantas (14,9% e 20,4%, respectivamente).

A acurácia representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o estimado e é a medida que está associada à precisão na seleção (RESENDE, 2002). Conhecer a acurácia é especialmente importante quando existem diferenças significativas entre progênies para os caracteres em estudo, visto que neste caso é possível obter ganhos com a seleção. A acurácia (Tabela 1) foi alta para o DAP (0,81), o qual também apresentou diferenças significativas entre progênies e moderada para altura (0,59) e forma do fuste (0,55), inferindo boa precisão para DAP, no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres. A menor acurácia para altura e forma, como também a ausência de diferenças significativas entre progênies pode ter ocorrido pela menor precisão na medição destes caracteres.

**Tabela 1.** Estimativas da média ( $\hat{m}$ ), do coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ), a acurácia ( $r_{aa}$ ) e Teste-F para os caracteres silviculturais: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (h) e forma do fuste para o teste de progênies de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antonio, SP.

**Table 1.** Estimates of mean ( $\hat{m}$ ), experimental variation coefficient ( $CV_e$ ), and accuracy ( $r_{aa}$ ) and F test for silvicultural traits: diameter at breast height (DBH), total height and stem form for a progeny test of *Peltophorum dubium*, at age 24 years, in Luiz Antonio, SP.

Caráter	$\hat{m}$	$CV_e$ (%)	$r_{aa}$	Teste-F
DAP (cm)	20,61	8,4	0,81	2,94*
Forma	3,32	11,9	0,55	1,44 <sup>ns</sup>
Altura (m)	17,73	7,8	0,59	1,53 <sup>ns</sup>

\*significativo a 5 % de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo.

O coeficiente de variação genética (CVg) é considerado um parâmetro importante para se entender a estrutura genética de uma população, pois apresenta a quantidade de variação entre progênies em relação a média do caráter em estudo (BALERONI *et al.*, 2003). Os valores do CVg (2,3%, 3,2% e 4,8%, respectivamente para altura, forma e DAP) indicam que o caráter DAP foi o que expressou a maior variação genética entre as progênies, demonstrando ter maior potencial para a seleção (Tabela 2). Alguns estudos efetuados com outras espécies nativas também encontraram valores baixos para esse coeficiente, como, por exemplo, Sebbenn *et al.* (2009) com *Cariniana legalis* (DAP - 5,3%, forma de fuste - 1,4% e altura - 3,1%); Sebbenn *et al.* (2007a) com *Balfourodendron riedelianum* (DAP - 4,0%, altura - 1,0% e forma do fuste - 0,4%); Freitas *et al.* (2008) com *Gallesia integrifolia* (DAP - 6,7%, forma do fuste - 1,4% e altura - 3,5%), Freitas *et al.* (2007) com *Myracrodruon urundeuva* (DAP - 6,3%, forma do fuste - 1,4). Porém, para a espécie em estudo, até a idade de sete anos para altura de plantas e seis anos de avaliação do DAP, Sebbenn *et al.* (1999) obtiveram para esse coeficiente o valor de 2,1% (um ano de idade) a 14,2% (seis anos de idade), e 6,5% e 30,0% (ambos aos cinco anos de idade), respectivamente para altura de plantas e DAP. Isso demonstra que a presente população tem baixa variação genética entre progênies. Esse resultado deve-se possivelmente ao pequeno número de progênies (18), e aos erros de medições, principalmente para o caráter altura e forma do fuste.

A mais importante função da herdabilidade no estudo genético do caráter quantitativo é o seu papel preditivo expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético, ou grau de correspondência entre o valor

fenotípico e valor genético (FALCONER, 1987; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). As estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais e dentro de progênies foram baixas para os caracteres, variando de 0,06 a 0,25, sugerindo que a seleção massal no experimento ou dentro de progênies pode resultar em baixos ganhos genéticos. Baixos coeficientes de herdabilidade, em nível de plantas individuais e dentro de progênies para caracteres de crescimento, têm sido encontrados em diversos trabalhos com espécies arbóreas (ETTORI *et al.*, 2004; FREITAS *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2006; SATO *et al.*, 2007; SEBBENN *et al.*, 2009). Contudo, tratando em separado o DAP, observa-se que os valores foram sempre superiores à altura e forma do fuste, ficando bem próximo da herdabilidade em nível de média desses dois últimos caracteres e superior ao observado na literatura citada acima. Por sua vez, o coeficiente de herdabilidade em nível de médias de progênies foi baixo para os caracteres altura (0,35) e forma do fuste (0,31) e alto para DAP (0,66) demonstrando que para este último há maior controle genético para a seleção entre progênies. Os valores obtidos foram superiores quando comparado aos verificados por Sebbenn *et al.* (2003, 2007a) avaliando as espécies arbóreas nativas *Araucaria angustifolia* (altura - 0,10 e DAP - 0,13) e *Balfourodendron riedelianum* (altura - 0,14 e DAP - 0,29). Sato *et al.* (2007), avaliando progênies de *Eucalyptus resinifera*, obtiveram resultados semelhantes com herdabilidades entre médias de progênies, os quais foram também maiores do que as estimadas em nível de plantas e dentro de progênies, sugerindo a possibilidade de maiores ganhos pela seleção das melhores progênies do que dentro de progênies. Sebbenn *et al.* (1999) obtiveram com a análise da mesma espécie, o mesmo padrão, em coleta de informações que variaram do primeiro ao décimo primeiro ano de idade, tanto para a herdabilidade em nível de médias de progênies como para herdabilidade individual e dentro de progênies. Os baixos valores das estimativas de herdabilidade individual e dentro de progênies indicam que a seleção entre progênies será mais efetiva do que a seleção massal no experimento ou dentro das progênies.

A escolha da variável a ser selecionada é uma função dos objetivos do programa de melhoramento. Portanto, no presente caso, a variável escolhida poderia ser a altura ou a forma do fuste, mesmo considerando o fato de que estes caracteres apresentam menores herdabilidades e acu-

rácia seletiva. Mas, ressalta-se que com base nas herdabilidades e acurácia obtidas, a escolha do DAP como variável para a seleção pode resultar em maiores ganhos na seleção.

O tamanho efetivo no teste foi estimado em 38,9. Para estimativa desse parâmetro foi assumido que as progênes não são procedentes de árvores matrizes parentes, as árvores matrizes não se cruzaram entre si e que os polinizadores que fertilizaram essas matrizes eram todos diferentes (não receberam um conjunto de pólen sobreposto). Caso isso tenha ocorrido, este valor deve ser menor. Portanto, a estimativa obtida do tamanho efetivo deve ser interpretada com cautela e como um valor máximo de tamanho efetivo.

**Tabela 2.** Estimativas da herdabilidade de plantas individuais ( $h^2_i$ ), a herdabilidade entre médias de progênes ( $h^2_m$ ), a herdabilidade dentro de progênes ( $h^2_d$ ), o coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ) para os caracteres silviculturais: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e forma do fuste para o teste de progênes de *Peltophorum dubium*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio, SP.

**Table 2.** Estimates of heritability at the level of individuals ( $h^2_i$ ), among progeny means ( $h^2_m$ ), and within progenies ( $h^2_d$ ), and coefficient of genetic variation ( $CV_g$ ) and relative variation ( $CV_r$ ) for silvicultural traits: diameter at breast height (DBH), total height and stem form for a progeny test of *Peltophorum dubium*, at age 24 years, in Luiz Antônio, SP.

Caráter	$h^2_i$	$h^2_m$	$h^2_d$	$CV_g$ (%)	$CV_r$
DAP (cm)	0,25	0,66	0,20	4,8	0,57
Forma	0,07	0,31	0,06	3,2	0,27
Altura (m)	0,12	0,35	0,12	2,3	0,30

Em termos de conservação genética este tamanho efetivo de aproximadamente 40 está abaixo do requerido para a conservação de populações no curto prazo (dez gerações). Para isso tem sido sugerido o valor mínimo de 50 (FRANKEL; SOULE, 1981), embora esse valor tenha sido derivado para populações com gerações discretas (por exemplo, plantas anuais) e não para plantas com sobreposição de gerações. Em populações com sobreposição de gerações a endogamia pode advir, além da autofecundação, do cruzamentos entre parentes, o que contribui para reduzir mais rapidamente o tamanho efetivo (SEBBENN, 2006). Em suma, o tamanho efetivo retido no presente teste é insuficiente para conservar a população por até dez gerações. Para isso, é importante aumentar o tamanho efetivo do teste a partir da introdução de mais progênes.

## CONCLUSÕES

A população de *P. dubium* tem baixa variação genética para os caracteres DAP, altura e forma;

Para a seleção visando o melhoramento genético, DAP é o caráter silvicultural mais indicado.

O tamanho efetivo retido no teste de progênes é inferior ao requerido para a conservação *ex situ* no curto prazo de populações de espécies com sobreposição de gerações.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Jair Rodrigues, Paulo Teodoro Ferreira e Dionísio Barbosa, pelo apoio à mensuração do experimento. Os autores S.N.S, M.L.M.F, A.M.S. e M.L.T.M. agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de Auxílio à Pesquisa (Processo 402026/2008-0) e das bolsas de Iniciação Científica e Produtividade em Pesquisa. Os autores também são gratos aos três revisores anônimos pelas excelentes sugestões, correções e críticas construtivas em prévia versão do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.

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 Instituto Florestal**, São Paulo, v.15, n.2, p.125-136, 2003.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira.** Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1994. 640p.

COCKERHAM, C.C. Variance of gene frequencies. **Evolution**, Lawrence, v.23, n.1, p.72-84, 1969.

ETTORI, L.C.; SATO, A.S.; SHIMIZU, J.Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.16, n.1, p.1-9, 2004.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.

- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, C.S.; MORAES, E.; MORAES, M.A. Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.20, n.2, p.165-173, 2008.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, C.S.; MORAES, E. Formação de pomar de sementes a partir da seleção dentro de teste progênes de *Myracrodruon urundeuva*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.65-72, 2007.
- FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; MORAES, E.; ZANATTO, C.S.; VERARDI, C.K.; PINHEIRO, A.N. Parâmetros genéticos em progênes de polinização aberta de *Cordia trichotoma* (Vel.) ex. Steud. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.18, n.único, p.95-103, 2006.
- FRANKEL, O.H.; SOULÉ, M.S. **Conservation and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981, 327p.
- KAGEYAMA, P.Y.; SPELTS, R.M.; SILVA, A.P. Variação genética entre e dentro de progênes de *Pinus patula* Schiede e Deppe na região de Telêmaco Borba-PR. **IPEF**, Piracicaba, n.15, p.21-39, 1977.
- LEDIG, F.T. The conservation of diversity in trees. **BioScience**, Washington, v.38, n.7, p.471-479, 1988.
- LLEIRAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 1992. pt.4, p.1179-1184.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. v.1. 162p.
- MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 200p.
- MORAES, M.L.T.; ZANATTO, A.C.S.; MORAIS, E.; SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antônio-SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo. v.19, n.2, p.113-118, 2007.
- NAMKOONG, G. Introduction to quantitative genetics in forestry. USDA. Forest Service. **Technical Bulletin**, Washington, n.1588, p.1-342, 1979.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Secretariada Agricultura e abastecimento, 1988. 528p.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- SAS INSTITUTE. **SAS procedures guide: version 8 (TSMO)**. Cary: SAS Institute, 1999.
- SATO, A.S.; SEBBENN, A.M.; MORAES, E.; ZANATTO, A.C.S.; FREITAS, M.L.M. Seleção dentro de progênes de *Eucalyptus resinifera* aos 21 anos de idade em Luiz Antonio-SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.93-100, 2007.
- SEBBENN, A.M. Sistemas de reprodução em espécies tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A.R.; SILVA, L.D. (Coord.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF do Paraná, 2006. cap. 5, p.93-138.
- SEBBENN, A.M.; ETTORI, L.C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênes misto. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.13, n.2, p.201-211, 2001.
- SEBBENN, A.M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V.C.R.; SILVA, M.B.; LACERDA, A.E.; CIAMPI, A.Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F.; TOMPSON, I.; LOVELESS L.D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p. 335-349, 2008.
- SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênes de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.21, n.1, p 27-37, 2009.

- SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; MORAES, M.A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.101-112, 2007a.
- SEBBENN, A.M.; BOSHIER, D.; 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, n.3-4, p.110-117, 2007b.
- SEBBENN, A.M.; PONTINHA, A.A.S.; GIANOTTI, E.; KAGEYAMA, P.Y. Genetic variation in provenance progeny test of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. in São Paulo, Brazil. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.52, n.5-6, p.181-184, 2003.
- SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; VENCOVSKY, R.; MACHADO, J.A.R. Interação genótipo x ambiente na conservação *ex situ* de *Peltophorum dubium*, em duas regiões do Estado de São Paulo. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.11, n.1, p.75-89, 1999.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

Recebido em 16/08/2011  
Aceito para publicação em 28/06/2012