

Variação Genética e ganho esperado na seleção de
progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em Selvíria, MSGenetic variation and expected gain in selection of
Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* progenies in Selviria, MSJanete Motta da Silva¹, Ananda Virgínia Aguiar²,
Edson Seizo Mori³ e Mario Luiz Teixeira de Moraes⁴**Resumo**

No presente trabalho propôs-se quantificar a variação genética para caracteres de crescimento e estimar possíveis ganhos na seleção, a partir da utilização do índice multi-efeitos (IME), visando a transformação do teste de progênes *P. caribaea* var. *caribaea* em um pomar de sementes. O teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* foi implantado no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi látice 10x10 triplo, com 99 progênes e uma testemunha comercial, em parcelas lineares com dez plantas, no espaçamento 3 m x 3 m. Os caracteres quantitativos altura total de plantas, diâmetro à altura do peito (DAP), volume, forma do fuste das árvores e sobrevivência das progênes foram avaliados aos 14, 15 e 16 anos de idade, sendo que aos 14 anos foi realizado um desbaste de 50% de intensidade. As variáveis foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto. A variação genética encontrada para os caracteres analisados não foi significativa. As estimativas de herdabilidade apresentaram baixa magnitude e pouca variação para as diferentes idades. Aplicação do IME ao caráter DAP, dois anos após desbaste, proporcionou maiores ganhos do que a seleção entre e dentro de progênes. A melhor estratégia de seleção visando maiores ganhos e manter a diversidade genética é selecionar no máximo cinco indivíduos por progênes.

Palavras-chave: parâmetros genéticos, divergência genética, pinheiros tropicais, índice multi-efeitos.

Abstract

The present research has proposed to estimate the genetic variation of growth traits and to estimate the expected gain by multi-effect index (MEI), in order to transform a *Pinus caribaea* var. *caribaea* progeny trial into a seedling seed orchard. The progeny trial was set up in 1989, in Selvíria, MS, Brazil, using a 10 x 10 triple lattice design, with 99 progenies and a commercial control, with linear plots of ten plants, by the 3 x 3 m spacing between plants and rows. Total plant height, diameter at breast height (Dbh), wood volume, stem form, wood density at breast height, and survival were the evaluated quantitative traits. The trial was measured through 14, 15, and 16 years old. The 50% intensity of thinning at 14.3 years old was done. No significant was the genetic variation of different traits. Heritability estimates have presented low magnitude with low variation by the different ages. The application of MEI to DBH, at two years after thinning, resulted in higher gains than the selection of within and among progenies. The best selection strategy to obtain higher gains and to keep genetic diversity is to select until five plants per progenies.

Keywords: genetic parameters, genetic divergence, tropical pines, multi-effects index (MEI).

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por madeira e seus produtos e a tendência mundial à conservação e preservação dos ecossistemas naturais, com restrições impostas ao uso de madeiras provenientes de florestas tropicais nativas, têm sido apontadas como alguns dos principais fatores que levaram à busca de espécies de rápido cres-

cimento e o desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao atendimento da demanda das indústrias do setor florestal (ASSIS, 1999). Tal cenário propiciou um aumento no cultivo de espécies florestais exóticas no Brasil, gerando grandes benefícios ao desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do país, principalmente nas áreas onde as características do solo e clima não são propícias a atividade agrícola.

¹Doutora em Agronomia UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP - E-mail: janetemottasilva@gmail.com

²Embrapa Florestas - Estrada da Ribeira, km 111, 83411-000 Colombo, PR - E-mail: ananda@cnpf.embrapa.br

³UNESP - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Produção Vegetal. Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP - E-mail: esmori@fca.unesp.br

⁴UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia. Av. Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP - E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

Entre as espécies exóticas, as do gênero *Pinus* estão entre as mais utilizadas nos reflorestamentos homogêneos em diversas partes do mundo, devido à grande adaptação às diversidades climáticas e a ampla aplicação de seus produtos (madeira, resinas, fibras, chapas, celulose, etc.) (SEBBENN *et al.*, 1994).

Os plantios comerciais com espécies do gênero *Pinus* no Brasil iniciaram na década de 1950, e hoje a área brasileira plantada com espécies do gênero, supera 1,8 milhões de hectares (ABRAF, 2009). Nos estados do sul do Brasil, o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii* são as espécies mais importantes no contexto florestal; no sudeste, centro e norte, as variedades da espécie *Pinus caribaea*, nativas de países da América Central e México, têm destacada importância (FURLAN, 2003).

O *P. caribaea* var. *caribaea*, conhecido comumente como pinho caribenho, é o único pinheiro tropical que cresce de maneira natural em baixas altitudes. É uma árvore que cresce rapidamente e produz madeira resinosa útil para a produção de madeiramento e papel (FRANCIS, 1992). Esta espécie é uma conífera tropical importante e amplamente plantada. Por mais de 70 anos tem sido extensivamente usada como uma espécie de plantios industriais em áreas de ocorrência natural e como exótica em áreas tropicais e subtropicais no mundo (ZHENG; ENNOS, 1999).

As populações naturais de *P. caribaea* Morelet var. *caribaea* são de distribuição restrita ao oeste de Cuba e Isla de Pinos, em altitudes variando de 0 a 280 m em Cuba. O *P. caribaea* se distribui desde latitudes de 12°13' N (Nicarágua) a 27°25' N (Ilhas Bahamas) e longitude de 71°40'W a 89°25'W. Nestas áreas as condições edafo-climáticas são amplas, indo desde 750 a 1300 mm de precipitação anual, com período de seis meses de inverno seco e clima tropical com temperatura média de 25° C (FRANCIS, 1992; ZHENG; ENNOS, 1999).

Para várias espécies exóticas e nativas cultivadas a aplicação de técnicas de melhoramento genético tem permitido um contínuo aumento da produtividade florestal (MORI, 1988). A etapa inicial deste procedimento é a formação da população base (ou experimental) sobre a qual serão aplicadas diferentes intensidades de seleção visando à constituição da população de produção e de melhoramento (LEONARDECZ NETO, 1998). A população base deve apresentar uma ampla base genética, visto que o sucesso de um programa de melhoramento depende, basicamente, da quantidade de variação genética e,

sobretudo, do valor relativo desta em relação ao valor fenotípico total.

Nos ensaios genéticos, podem ser computados diferentes componentes de variação de um caráter. As estimativas dos componentes de variância podem ser realizadas pelo método de quadrados mínimos, para situações de dados balanceados, ou pelo método da máxima verossimilhança restrita, para a situação de dados desbalanceados, dentre outros (RESENDE, 1999).

Vários são os delineamentos estatísticos propostos para estimar os parâmetros genéticos. Com base nestes, são aplicados os métodos de seleção com objetivo de identificar os genótipos superiores, podendo ser praticados em nível de populações, de indivíduos, de médias, de médias de famílias e entre e dentro famílias. Resende e Higa (1994a) sugerem a utilização de todos os efeitos do modelo estatístico para conseguir a maximização na precisão da seleção, embora, em muitos casos, as inclusões dos efeitos de parcela e blocos podem pouco alterar a seleção. Assim, por considerar todos estes efeitos, Resende e Higa (1994a) propõem a utilização do Índice Multi-efeito (IME). A seleção Índice Multi-efeito (IME) baseia-se na multiplicação dos valores fenotípicos referentes a indivíduo, média de parcela, média de progênies, média de bloco e média geral do experimento pelos coeficientes de ponderação dos índices de herdabilidades (SAMPAIO *et al.*, 2000; RESENDE e HIGA, 1994b).

O objetivo deste trabalho foi quantificar a variação genética e estimar possíveis ganhos na seleção, utilizando o índice multi-efeitos, visando a transformação do teste de progênies de *P. caribaea* var. *caribaea* em um pomar de sementes por mudas e/ou para fornecer material para a formação de um pomar de sementes clonal.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes das 99 progênies de polinização livre que constituem o experimento são provenientes de um pomar de sementes clonal do Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais - CCGMPT, localizado em Aracruz-ES, coordenadas 19° 49' S e 40° 16' O e altitude de 50 m. Esse material genético foi cedido pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF-ESALQ/USP), Piracicaba-SP. Além das progênies, foi incluída no ensaio uma testemunha comercial proveniente de árvore matriz da Duratex S.A., em Agudos-SP, coorde-

nadas 22° 22' S e 48° 52' O, altitude de 550 m. A partir deste material, um teste de progênies de polinização livre de *Pinus caribaea* var. *caribaea* foi instalado no período de 20 a 22/02/1989, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

A localização geográfica da área do experimento está na latitude de 20° 20' S, longitude de 51° 23' O e altitude de 370 m. O relevo é caracterizado por ser moderadamente plano e ondulado. O clima do local é do tipo Aw, pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24,5° C, precipitação média anual de 1232,2 mm, umidade média anual de 64,8% e insolação média de 7,3 horas/dia (HERNANDEZ *et al.*, 1995). O solo local foi classificado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipidistrófico, álico, caulinitico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd).

O delineamento experimental utilizado para instalação do teste de progênies foi o látice 10 x 10, triplo, contendo uma testemunha comercial e 99 progênies de polinização livre provenientes do CCGMPT em parcelas lineares com dez plantas, espaçamento de 3 x 3 m, e três repetições. As mudas das progênies foram produzidas na Companhia Agro-florestal "Monte Alegre" - CAFMA, atual Duratex S.A., em Agudos-SP. Aos 14, 15 e 16 anos após o plantio foram avaliadas todas as árvores do teste de progênies com relação aos caracteres quantitativos: altura total de plantas (m); diâmetro à altura do peito - DAP (cm); forma do fuste das árvores, sendo esta obtida com base em uma escala de notas proposto por Kageyama *et al.* (1977a); volume (m³/árvore); sobrevivência das progênies (%). Aos 14 anos foi realizado um desbaste com 50% de intensidade com base no caráter DAP e empregando-se o índice multi-efeitos.

Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram realizadas adotando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, pois a eficiência do látice foi de baixa magnitude, de acordo com os valores obtidos de coeficiente de determinação dos efeitos de blocos (c^2_b), que foram próximos de zero, para todos os caracteres avaliados. As estimativas de componentes de variância e parâmetros gené-

ticos foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), a partir de dados desbalanceados, empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007b). Para utilizar os modelos propostos pelo programa, foi preciso assumir que as progênies de polinização livre de *P. caribaea* var. *caribaea* são de meios-irmãos. As variáveis foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado), seguindo o procedimento proposto por Resende (2007a):

$$y = Xb + Za + Wc + e$$

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 = matrizes de incidência para b , a e c , respectivamente.

A seleção entre e dentro de progênies foi aplicada com objetivo de selecionar os melhores indivíduos, com base no DAP e empregando o Índice Multi-efeitos, segundo metodologia proposta por Resende (2002). O Índice Multi-efeitos (IME) possui a expressão:

$$\hat{I} = \hat{b}_1 Y_{ijk} + (\hat{b}_2 - \hat{b}_3) \bar{Y}_{i..} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_4) \bar{Y}_{ij.} - \hat{b}_3 \bar{Y}_{.j.} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_2) \bar{Y}_{...}$$

em que: Y_{ijk} : valor individual; \bar{Y} : média geral do ensaio; $\bar{Y}_{i..}$: média da progênie no ensaio; $\bar{Y}_{ij.}$: média da progênie em determinado bloco (média da parcela); $\bar{Y}_{.j.}$: média do bloco;

$\hat{b}_1 = \hat{h}_d^2$: herdabilidade, no sentido restrito, dentro de parcelas;

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(3/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_d^2}$$

$\hat{b}_2 = \hat{h}_m^2$: herdabilidade, no sentido restrito, de progênies;

$$\hat{h}_m^2 = \frac{[(3+n \cdot b)/(4 \cdot n \cdot b)] \cdot \hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_p^2 + (\hat{\sigma}_e^2/b) + (\hat{\sigma}_d^2/n \cdot b)}$$

$\hat{b}_3 = \hat{h}_p^2$: herdabilidade, no sentido restrito, de parcelas;

$$\hat{h}_p^2 = \frac{[3/(4 \cdot n)] \cdot \hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_e^2 + (\hat{\sigma}_d^2/n)}$$

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi obtido com base em Resende (2002):

$$N_e = (4 \cdot N \cdot \bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\sigma_{k_f}^2 / \bar{k}_f)]$$

em que: k_f = número médio de indivíduos selecionados por progênies; $\sigma_{k_f}^2$ = variância do número de indivíduos selecionados por progênies; N_f = número de progênies selecionadas. A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada, conforme Wei e Lindgren (1996), e Resende (2002): $D = N_{ef} / N_{f0}$, em que: $0 < D \leq 1$; N_{f0} =

número original de progênies, que no presente trabalho corresponde a 99 progênies; N_{ef} = número efetivo de progênies selecionadas, sendo dado por: $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$.

A seleção de indivíduos foi realizada pelo método BLUP individual, usando o programa SELEGEN (Resende, 2007b).

A estimativa de ganhos para o caráter x (GS_x), na seleção entre (30%, com $k_1 = 1,16$) e dentro de progênies (10%, com $k_2 = 0,70$), foi aplicado aos 16 anos após instalação:

$$GS_x = \frac{k_1(1/4)\hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2}} + \frac{k_2(3/4)\hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}$$

Estimativa da resposta correlacionada para o caráter x , quando a seleção é realizada no caráter y , com seleção entre (30%, com $k_1 = 1,16$) e dentro de progênies (10%, com $k_2 = 0,70$), também foi aplicado aos 16 anos após instalação:

$$RC_{x,y} = \frac{k_1(1/4)C\hat{O}V_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}_y}^2}} + \frac{k_2(3/4)C\hat{O}V_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{d_y}^2}}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os caracteres analisados, verifica-se que o p-valor foi maior que 0,05, indicando que não há diferenças significativas entre as progênies. Valores menores foram obtidos para alguns caracteres após o desbaste, principalmente para o DAP e volume (Tabela 1).

As progênies tiveram sobrevivência média de 70,4% antes do desbaste e, ocorreram poucas mortes de árvores após o desbaste, sendo 96,6% e 96,1% aos 15 e 16 anos, respectivamente (Tabela 1). A pequena porcentagem de mortalidade deve-se à causas naturais, como raios ou ventos. A sobrevivência das progênies de *P. caribaea* var. *caribaea*, após o desbaste, é semelhante para diferentes procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, aos 12 anos, em Planaltina, DF (94%), não havendo diferenças significativas entre as procedências (MOURA; DVORAK, 2001).

O crescimento médio anual das progênies foi bom, com incremento médio anual (IMA) de 1,63 cm para DAP e 1,30 m para altura total de plantas, dois anos após o desbaste (Tabela 1). O desenvolvimento apresentado para altura e DAP é superior ao registrado por Harding *et al.* (1991) para *P. caribaea* var. *hondurensis* em Queensland, Austrália, aos 15 anos, que estimou IMA de 1,16 cm para DAP e 1,06 m para altura, o que evidencia a boa qualidade do material empregado no presente estudo, proveniente do

CCGMPT. Comparando com o estudo realizado por Moraes (2001), as estimativas de IMA obtidas para o *P. caribaea* var. *caribaea* são inferiores àquelas estimadas para progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*, aos 14 anos, em condições edafoclimáticas semelhantes (1,66 m para altura e 1,88 cm para DAP). A variedade *hondurensis* tem apresentado um desempenho em altura e diâmetro superior as outras duas variedades de *P. caribaea*. De maneira geral, as progênies apresentaram bom desempenho para o caráter forma do fuste (nota 2,99 \approx 3, fuste com a primeira tora de 2 metros, a partir da base, reta) (Tabela 1). Provavelmente as condições edafoclimáticas da área experimental e a seleção realizada contribuíram para a boa forma do fuste. Sampaio *et al.* (2000) relatam que a espécie *P. caribaea* apresentou elevado número de árvores com fustes tortuosos, quando introduzida em região com precipitação média anual inferior à das regiões de origem das sementes. As progênies de *P. caribaea* var. *caribaea* apresentaram forma do fuste superior a *P. caribaea* var. *hondurensis*, aos 5 anos, em Tibagi, PR, pois Moura e Dvorak (2001) encontraram estimativas de forma do fuste tortuosa ou bifurcada (nota 1,1), em função da influência negativa de fatores procedência \times local e progênie \times local, mas considerada pelos autores como fato comum em *P. caribaea* nas primeiras gerações de melhoramento.

Para o caráter volume, verifica-se um aumento considerável quando comparados os dados com efeito do desbaste, sendo 0,621 m³/árv., antes do desbaste, e 0,803 m³/árv. dois anos após o desbaste. O coeficiente de variação diminuiu quando se trabalhou com as árvores remanescentes (situação após desbaste), evidenciando valores uniformes para esse caráter. As estimativas de volume de *P. caribaea* var. *caribaea* são superiores a outras espécies de *Pinus* aos 14 e 16 anos de idade. De acordo com Moura *et al.* (1998) estimaram volume médio de 0,23 m³ em progênies de *Pinus tecunumanii*, com 12 anos. Sampaio *et al.* (2000) encontraram para *Pinus oocarpa*, aos nove anos, estimativas de 0,296 m³ de volume médio. Moura e Dvorak (2001) encontraram estimativas de volume em testemunha brasileira de 0,30 m³, superiores a média de cinco procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, aos 12 anos (0,23 m³) e inferiores à testemunha da CAMCORE (0,22 m³). Moura e Vale (2002), estimaram volume médio de 0,31 m³ para diferentes procedências de *Pinus tecunumanii*, com 15 anos.

Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) foram baixos para todos os caracteres analisados, apresentando tendência a estabilização após o desbaste (Tabela 1). Os baixos valores do coeficiente de variação experimental indicam boa precisão do método utilizado nas avaliações dos caracteres analisados, de acordo com Kageyama *et al.* (1977b). É interessante destacar que o CV_{exp} para sobrevivência de progênies teve redução de 50% após o desbaste, indicando uniformização das parcelas experimentais. De maneira geral, os valores do CV_{exp} para o volume, em diferentes idades avaliadas, foram superiores aos demais caracteres, com média de 19,41% aos 15 anos, o que era esperado, pois este caráter é composto basicamente pelo produto das variáveis altura total de plantas e DAP. Segundo Houle (1992), caracteres compostos apresentam coeficientes de variação maior.

As estimativas de coeficiente de determinação dos efeitos de blocos (\hat{c}_b^2) foram baixas, em todos os caracteres analisados, nas duas situações, indicando existência de baixa variabilidade entre os blocos (Tabela 1). Isso significa que o delineamento experimental látice, utilizado no teste de progênies, não teve eficiência. Partindo dessa afirmação, as análises de variância e de parâmetros genéticos foram realizadas considerando o delineamento de blocos ao acaso. É importante salientar que foi realizada uma análise de variância preliminar, considerando delineamento látice, onde foram obtidos os valores de \hat{c}_b^2 .

Os valores dos coeficientes de determinação dos efeitos de parcela (\hat{c}_p^2) foram baixos, indi-

cando baixa variabilidade ambiental no experimento (Tabela 1). Os maiores valores de \hat{c}_p^2 foram observados para altura, com média de 23,9%, 41,9% e 42,2%, antes do desbaste, um ano e dois anos após o desbaste, respectivamente (Tabela 1). Pinto Júnior (2004) relatou que as estimativas baixas de \hat{c}_p^2 obtidas em diferentes procedências de *Eucalyptus grandis*, para o caráter volume de madeira, provavelmente são decorrentes da pouca variação de solos entre os locais estudados, indicando baixa variabilidade ambiental entre parcelas dentro de bloco e eficiência do delineamento experimental utilizado.

De modo geral, as estimativas do coeficiente de variação genética foram baixas, de magnitude inferior a 10,5%, e a variação genética de indivíduos foi maior que a variação genética de progênies, para todos os caracteres estudados, nas duas situações (Tabela 2). Garrido e Kageyama (1993), estudando o efeito de simulações de desbastes em *Pinus elliottii* var. *elliottii* observaram que o desbaste proporcionou diminuição do coeficiente de variação dentro de parcelas, pois tanto a variância dentro de parcelas como as médias de progênies foram mais altas.

O volume teve variação genética mais expressiva que os demais caracteres estudados (Tabela 2). No entanto, deve ser considerado que existe o efeito de escalas, pois é uma variável composta basicamente pelo produto das variáveis altura total de plantas e DAP. Sampaio *et al.* (2000) trabalhando com *P. caribaea* var. *hondurensis* considera que a seleção das árvores a partir do diâmetro pode refletir em estimativas de ganhos

Tabela 1. Resultados da análise de variância e as estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento, forma de fuste e sobrevivência de progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, em diferentes situações de desbaste, em Selvíria-MS.

Table 1. Results of analysis of variance and estimates of genetic parameters for growth traits, stem form and survival of *Pinus caribaea* var. *caribaea* progenies at different thinning regimes in Selvíria-MS.

Situação	Caracteres	Parâmetros				
		\hat{m}	\hat{c}_p^2	\hat{c}_b^2	CV_{exp} (%)	F_{prog} (I) ¹
Antes do desbaste (14 anos)	DAP (cm)	23,75	0,0440	0,0002	7,15	1,08 (0,2815)
	Altura (m)	19,47	0,2386	0,0153	7,16	1,01 (0,4553)
	Volume (m ³ /árv)	0,621	0,0856	0,0001	18,11	1,02 (0,4285)
	Forma	2,99	0,0934	0,0076	5,95	1,09 (0,2601)
	Sobrevivência (%)	70,37	-	-	13,85	0,84 (0,8690)
Um ano após o desbaste (15 anos)	DAP (cm)	25,09	0,1189	0,0008	8,54	1,17 (0,1256)
	Altura (m)	20,27	0,4189	0,0396	7,52	1,01 (0,4553)
	Volume (m ³ /árv)	0,724	0,1385	0,0008	19,75	1,16 (0,1388)
	Sobrevivência (%)	96,57	-	-	6,49	1,11 (0,2202)
Dois anos após o desbaste (16 anos)	DAP (cm)	26,11	0,1189	0,0005	8,54	1,12 (0,2018)
	Altura (m)	20,77	0,4251	0,0310	7,56	1,01 (0,4553)
	Volume (m ³ /árv)	0,803	0,1300	0,0006	19,41	1,18 (0,1134)
	Sobrevivência (%)	96,09	-	-	6,67	1,30 (0,0275)

⁽¹⁾ (\hat{m}) média de progênies, (\hat{c}_p^2) coeficiente de determinação dos efeitos de parcela, (\hat{c}_b^2) coeficiente de determinação dos efeitos de bloco, (CV_{exp}) coeficiente de variação experimental, (F_{prog}) F de Fisher do efeito de progênies e (I) valor de probabilidade (P-Valor).

genéticos expressivos em volume e com boa precisão, pois apresentam altas correlações e baixos desvios-padrão entre DAP e volume.

As estimativas do coeficiente de variação genético de progênies para altura e DAP, considerando o efeito do desbaste (Tabela 2), ficaram abaixo das encontradas por Garrido *et al.* (1996), em *P. caribaea* var. *bahamensis* (6,6% para DAP e 3,7% para altura), e das encontradas por Sebbenn *et al.* (1994), em *P. caribaea* var. *bahamensis*: 2,4% aos 2 anos e 1,9 % aos 5 anos, para DAP, e 1,8 % aos 2 anos e 1,1 % aos 5 anos, para altura.

As estimativas de herdabilidade obtidas para os caracteres foram consideradas de baixa magnitude (Tabela 2), de acordo com os critérios da amplitude dos valores de herdabilidade proposto por Resende (1995). As maiores herdabilidades foram a nível de médias de progênies (\hat{h}_m^2). O caráter volume ($\hat{h}_m^2 = 0,16$) alcançou estimativa mediana de herdabilidade em nível de médias de progênies. As baixas estimativas de herdabilidade individual, de média de progênies e dentro de parcelas indicam que poucos progressos podem ser esperados com estratégias de seleção massal ou somente dentro de progênies.

Moraes (2001) listou estimativas de herdabilidades para os caracteres DAP e altura, em espécies de *Pinus caribaea*, de acordo com vários autores verificou que os estudos realizados com *P. caribaea* apresentam resultados de herdabilidade variando de 0,10 a 0,56. Isso fornece informações para concluir que as herdabilidades obtidas para *P. caribaea* var. *caribaea* estão inferiores à todas as estimativas encontradas por outros pesquisadores. Segundo Vencovsky e Barriga (1992) medidas de variação genética como \hat{h}_m^2 e CV_g^2 não são propriedade de caracteres somente, pois dependem também do grau de segregação da população, das condições do ambiente em que as plantas são avaliadas, da idade das plantas, do delineamento utilizado, etc. Provavelmente, alguns desses fatores apontados por Vencovsky e Barriga (1992) podem estar afetando a expressão de parâmetros, como a herdabilidade e coeficiente de variação genética, considerando que a população em estudo representa um material genético que já passou por várias etapas de seleção no processo de domesticação no Brasil e de formação do banco de sementes clonal do CCGMPT.

Dos caracteres avaliados, a forma de fuste e o DAP apresentaram as maiores magnitudes das herdabilidades, antes e após o desbaste (Tabela 2). Missio *et al.* (2004), avaliando progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos

13 anos de idade, obtiveram as maiores magnitudes de herdabilidades para volume e DAP ($\hat{h}_m^2 = 0,56$ e $0,56$, respectivamente), seguido de altura total de plantas e forma ($\hat{h}_m^2 = 0,41$ e $0,32$, respectivamente). Segundo Leonardecz Neto (1998), o mais frequente em programas de melhoramento é utilizar um dos caracteres de crescimento na seleção, já que estes possuem peso econômico maior, enquanto que os caracteres relacionados à forma da árvore são enquadrados em um contexto secundário nos programas de melhoramento.

Ettori *et al.* (2004), observaram baixas estimativas de herdabilidades, trabalhando com progênies de *Pinus maximinoi*, aos 11 anos, em Angatuba, SP, assim como os resultados obtidos no presente trabalho com *P. caribaea* var. *caribaea*. As estimativas de herdabilidade média de progênies variaram de 0,18 a 0,45, enquanto que nos outros níveis (\hat{h}_m e \hat{h}_d) não alcançaram 0,06. Os autores concluíram que a espécie demonstrou potencial para ser utilizada em programas de melhoramento genéticos mais avançados.

Dos caracteres avaliados, o DAP apresentou as maiores acurácias de seleção de progênies, seguido do volume (Tabela 2). Como sugere a literatura, na escolha do caráter objeto de seleção é comum utilizar-se daquele cuja avaliação esteja menos sujeita a erros, como o caráter DAP. Isto aprova a estratégia utilizada no presente estudo, em que o DAP foi caráter base para realizar a seleção. Segundo Resende (1995), quanto maior a acurácia, maior a precisão da seleção e, conseqüentemente, maior o ganho genético, afirmando mais uma vez a opção do caráter DAP como objeto de seleção.

As progênies apresentaram baixa variação genética (Tabela 2) e, conseqüentemente, reflete em baixos coeficientes de herdabilidade, sendo a partir disso o fator ambiente a causa comum das variações existentes entre as progênies. Os resultados obtidos sugerem que o conhecimento de parâmetros genéticos, principalmente o tamanho efetivo, já na primeira etapa de seleção, como por exemplo, durante a coleta de sementes na região de ocorrência natural da espécie (América Central, Cuba), pode contribuir para nortear a intervenção do melhorista, evitando o efeito do processo de erosão genética. Segundo Savolainen e Karkkainen (1992), citado por Zheng e Ennos (1999), até mesmo os processos de domesticação de espécies, ou em outras palavras, introdução de espécies exóticas, podem levar a mudanças genéticas de forma não intencional, em consequência de processos de amostragem, seleção natural e alterações no sistema reprodutivo.

Tabela 2. Estimativas de herdabilidade individual, no sentido restrito (\hat{h}^2), herdabilidade em nível de média de progênies (\hat{h}_m^2), herdabilidade aditiva dentro de parcela (\hat{h}_d^2), coeficiente de variação genético individual (CV_{gi}), coeficiente de variação genético de progênies (CV_{gp}), e acurácia de seleção de progênies (\hat{r}_{aa}), para os caracteres estudados em diferentes situações de desbaste, em progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, em Selvíria-MS.

Table 2. Estimates of narrow-sense heritabilities in individuals (\hat{h}^2) and progeny means (\hat{h}_m^2); additive heritability within plot (\hat{h}_d^2); coefficient of the individual genetic variation (CV_{gi}); coefficient of progeny genetic variation (CV_{gp}); and accuracy of progenies selection (\hat{r}_{aa}), for the analyses trials in different thinning situations for *Pinus caribaea* var. *caribaea* progenies in Selvíria-MS.

Situação	Caracteres	Parâmetros					
		\hat{h}^2	CV_{gi} (%)	\hat{h}_m^2	CV_{gp} (%)	\hat{h}_d^2	\hat{r}_{aa}
Antes do desbaste (14 anos)	DAP (cm)	0,01	2,26	0,07	1,13	0,01	0,26
	Altura (m)	0,01	1,01	0,02	0,51	0,01	0,12
	Volume (m ³ /árv)	0,01	3,24	0,02	1,62	0,01	0,15
	Forma	0,02	2,04	0,08	1,02	0,02	0,29
Um ano após o desbaste (15 anos)	DAP (cm)	0,07	4,07	0,15	2,04	0,06	0,38
	Altura (m)	0,01	0,92	0,01	0,46	0,01	0,10
	Volume (m ³ /árv)	0,06	9,02	0,14	4,51	0,06	0,37
Dois anos após o desbaste (16anos)	DAP (cm)	0,05	3,44	0,11	1,72	0,04	0,33
	Altura (m)	0,01	0,91	0,01	0,45	0,01	0,10
	Volume (m ³ /árv)	0,07	9,58	0,16	4,79	0,07	0,39

Com os resultados obtidos dois anos após o desbaste, envolvendo os caracteres DAP, altura e volume, fez-se uma projeção de ganho genético, considerando a hipótese de transformação do teste de progênies de *P. caribaea* var. *caribaea* em um Pomar de Sementes por Mudas com seleção entre progênies (30%) e dentro de progênies (10%) (Tabela 3). Verifica-se que para DAP e volume, a maior parte dos ganhos genéticos está entre progênies (Tabela 3). Para o caráter a altura o ganho genético dentro foi maior (0,06%) que o ganho genético entre progênies (0,05%), porém com mínima diferença entre as estimativas (Tabela 3). O caráter volume apresentou maior ganho genético total com a seleção (2,94%), já altura apresentou o menor ganho (0,11%). Independente da intensidade de seleção adotada, a aplicação de um desbaste seletivo não contribuirá com aumento significativo de produção de madeira na população melhorada, visto que os valores de ganho genético foram muito baixos. Porém, o desbaste poderá contribuir para aumento de produção de sementes. As amplitudes dos ganhos na seleção foram muito inferiores àquelas encontradas por Moraes (2001), em progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*, que apresentaram ganhos de 30,5 % para volume, 8,59 % para DAP e 7,34 % para altura. Entretanto, o autor considera que o volume não apresentou vantagem na seleção indireta com DAP (23,21%) e altura (27,42%), pois os ganhos indiretos foram inferiores ao ganho direto na seleção para volume (30,50 %).

Considerando a seleção indireta (resposta correlacionada), só existe vantagem para o caráter

volume quando se tem altura como caráter principal, com ganhos indiretos de 0,60 %; já quando se considera o DAP, os ganhos indiretos são inferiores (0,33 %), mas tanto para altura quanto para DAP os ganhos indiretos foram inferiores ao ganho direto na seleção (2,94 %) (Tabela 4). Segundo Magnussen (1993), nas primeiras gerações de seleção, ganhos da ordem de 6 % a 15 %, tanto para altura como volume, correspondem a uma intensidade de seleção realista em um programa de melhoramento genético em espécies perenes. Para a população em questão os valores obtidos estão muito abaixo da intensidade de seleção citada pelo autor, visto que este material genético já passou por várias gerações de seleção.

Segundo Romanelli e Sebbenn (2004), a magnitude da resposta à seleção é em função da variabilidade genética, da herdabilidade e da intensidade da seleção, sendo apenas a última possível de manipulação. Além disso, os valores médios para os caracteres relacionados à produção devem estar adequados a realidade produtiva da atividade florestal. Sobre esse assunto, Allard (1971) explica que o ganho na seleção é uma função da variabilidade genética total, sendo importante a obtenção de informações a respeito dos parâmetros do complexo genótipo x ambiente: quanto mais precisas essas informações, melhores serão as previsões do melhorista. Considerando que o material genético de *P. caribaea* var. *caribaea* utilizado no recente trabalho apresentou valores baixos de variabilidade genética e herdabilidade, este seria o motivo que ocasionou baixos ganhos na seleção, empregando diferencial de seleção entre (30%) e dentro (10%).

Tabela 3. Resultados dos ganhos esperados na seleção entre (GSE e GSE%), dentro de progênies (GSD e GSD%) e total (GS e GS%), envolvendo os caracteres DAP (D), altura (A) e volume (V), para a situação dois anos após o desbaste, em progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, em Selvíria-MS.

Table 3. Results of expected selection gain between (GSE and GSE%) and within progenies (GSD and GSD%) and total (GS and GS%) for diameter (DAP), height (A) and volume (V) two years after thinning *Pinus caribaea* var. *caribaea* progenies in Selvíria-MS.

Caracteres	GS _E	GS _E %	GS _D	GS _D %	GS	GS%
DAP (cm)	0,23	0,87	0,15	0,57	0,38	1,44
Altura (m)	0,01	0,05	0,01	0,06	0,02	0,11
Volume (m ³ /ár.v.)	0,01	1,75	0,01	1,19	0,02	2,94

Situação E: análise feita dois anos após o desbaste, aos 16,3 anos.

Tabela 4. Estimativas da resposta correlacionada na seleção entre (RC_E e RC_E%), dentro de progênies (RC_D e RC_D%) e total (RC e RC%), envolvendo os caracteres DAP (D), altura (A) e volume (V), para a situação dois anos após o desbaste, aos 16,3 anos, em progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, em Selvíria-MS.

Table 4. Estimates of correlated response in the selection between (CERs and ERUs%) within families (RCD and RCD%) and total (RC and RC%), involving the traits DBH (D), height (A) and volume (V) two years after thinning, age 16.3 years, in progenies of *Pinus caribaea* var. *caribaea* in Selvíria-MS.

Caracteres	RC _E	RC _E %	RC _D	RC _D %	RC	RC%
DxA	0,03	0,11	0,03	0,11	0,06	0,21
DxV	0,19	0,72	0,28	1,06	0,46	1,78
AxD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AxV	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03
VxD	0,00	0,13	0,00	0,20	0,00	0,33
VxA	0,00	0,30	0,00	0,30	0,01	0,60

Dada a dificuldade de obtenção das estimativas de volume, visto que foi o caráter com maiores ganhos na seleção e que a intensidade de seleção foi determinante nos ganhos genéticos estimados, segue-se a recomendação de Sampaio *et al.* (1996), que considera que a seleção deve ser baseada no DAP, em virtude dos altos coeficientes de correlação genética seguidos de baixos desvios padrões entre esse caráter e o volume.

A utilização do Índice Multi-efeitos (IME) permite, segundo Resende e Higa (1994b), explorar frações da variância genética aditiva que não são consideradas na seleção entre e dentro de progênies, levando à maximização da precisão na seleção, muito embora, a inclusão dos efeitos de parcela e blocos possa alterar pouco a seleção. Considerando suas aplicações, o IME foi utilizado em duas situações, uma para seleção de plantas superiores com relação ao caráter DAP, e outra aos dois anos após o desbaste, a fim de estimar ganhos precisos com a seleção e continuar com o programa de conservação e melhoramento genético aplicado no teste de progênies de *P. caribaea* var. *caribaea*.

O desbaste seletivo no teste de progênies de *P. caribaea* var. *caribaea* ocorreu aos 14,3 anos, sendo o DAP utilizado como objeto de seleção. Foi empregada intensidade de 50% de seleção, deixando-se 5 plantas por parcela em todo o experimento. Dois anos após o desbaste (16,3 anos), os indivíduos selecionados com DAP superior foram comparados pelo IME em três condições: k_f variável, k_f no máximo 5 indivíduos e seleção entre e dentro (Tabela 5).

Foi utilizado o IME para 90 indivíduos (corresponde ao número de plantas selecionadas entre (30%), e dentro (10%) de progênies). As três condições de comparação correspondem: a primeira considerava os 90 melhores indivíduos selecionados pelo IME independente do número de indivíduos por progênie (k_f variável); a segunda aplicou-se o IME aos indivíduos que seriam selecionados pela seleção entre e dentro de progênies (k_f igual para todas as progênies); a terceira foi feita a seleção dos 90 melhores indivíduos para o IME, considerando no máximo cinco indivíduos por progênie ($1 \leq k_f \leq 5$).

Os dados na Tabela 5 são importantes quando se quer ter uma idéia do ganho na seleção, e o que a seleção feita para a obtenção deste ganho pode provocar em termos de tamanho efetivo (N_e) e diversidade genética (D), já que é uma função apenas da porção genética da variabilidade total.

A eficiência da seleção pelo IME foi maior que a seleção entre e dentro em 29,2% com k_f variável e 21,2% com k_f máximo igual a 5. O ganho com seleção foi maior com k_f variável (1,7%), mas reduziu o número efetivo de progênies selecionadas ($N_e = 41,32$), e a diversidade genética ($D = 0,16$), em comparação com a seleção entre e dentro ($N_e = 60$; $D = 0,30$), além de poder gerar mais endogamia. Com a utilização do IME com k_f máximo de 5, comparando com a seleção entre e dentro, observou-se aumento no número de progênies selecionadas ($N_f = 44$), diminuição no número de indivíduos por progênie ($k_f = 2,05$), pequena diminuição no tamanho efetivo ($N_e =$

59,33), sem alteração no valor da diversidade genética ($D= 0,30$), e eficiência de 21,2% no ganho. Portanto, recomenda-se a condição de seleção k_f máximo de 5, pois consegue associar boa eficiência no ganho na seleção, mantendo a diversidade genética em níveis compatíveis com a seleção entre e dentro. Resende (2002) recomenda quando aplicar o IME e deve-se preocupar em manter a diversidade genética em nível razoável. Para isto é necessário estabelecer um k_f máximo.

Comparando as estimativas de ganhos na seleção entre (30%) e dentro de progênies (10%), com as estimativas obtidas com o IME (Tabela 5), ambas considerando o caráter DAP, verificase que os maiores ganhos genéticos foram proporcionados com seleção pelo IME, tanto na opção k_f variável, quanto de k_f máximo ($k_f= 5$).

O ganho genético obtido por meio de seleção entre e dentro foi $GS_{ED} = 1,5\%$, e o IME proporcionou ganhos de $GS = 1,7\%$, o que corresponde a uma eficiência de 1,14 ($Ef = 1,70/1,49$), ou seja, o IME foi 13,8% mais eficiente ou superior que a seleção entre e dentro de progênies, o que recomendaria sua utilização. As mesmas conclusões foram obtidas por outros autores, quanto à comparação das estimativas de ganhos na seleção entre e dentro e aquelas obtidas por IME. Moraes (2001) concluiu que o IME foi 12,8% mais eficiente que a seleção entre e dentro, em progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*. Missio *et al.* (2004), trabalhando com progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, concluiu que o IME foi 36,9% mais eficiente que a seleção entre e dentro de progênies.

Tabela 5. Resultados de estimativas de parâmetros genéticos após aplicação de diferentes intensidades de seleção ao teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* aos 16,3 anos para o caráter DAP, com base no método de seleção Índice Multi-efeitos, em Selvíria-MS.

Table 5. Results of estimates of genetic parameters after the application of different selection intensities to a *Pinus caribaea* var. *caribaea* progeny test aged 16.3 years for diameter at breast height (DBH) based on the method of Multi-effects index selection in Selvíria-MS.

IME – k_f : variável				Seleção Entre e Dentro				IME – k_f : 5 no máximo			
Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f
4	1	50	3	4	3	54	3	4	1	54	1
5	2	51	2	5	3	59	3	5	2	59	2
6	8	54	1	6	3	62	3	6	5	60	1
7	2	59	2	10	3	63	3	7	2	62	5
8	1	62	10	11	3	66	3	8	1	63	3
10	1	63	2	12	3	71	3	10	1	64	1
11	5	66	1	15	3	84	3	11	5	66	1
12	1	71	5	30	3	86	3	12	1	68	1
15	1	84	1	31	3	87	3	15	1	71	5
21	1	86	3	32	3	90	3	21	1	72	1
26	1	87	1	41	3	92	3	26	1	79	1
30	2	90	3	44	3	95	3	30	2	83	1
31	1	92	1	47	3	97	3	31	2	84	1
32	1	95	2	50	3	99	3	32	1	86	4
41	2	97	14	51	3	100	3	34	1	87	1
44	3	99	3					39	1	90	3
47	2	100	1					40	1	92	1
								41	2	95	2
								44	3	97	5
								47	2	98	1
								50	4	99	5
								51	3	100	1
N		90			90				90		
N_f		34			30				44		
\bar{k}_f		2,65			3,00				2,05		
$\sigma_{k_f}^2$		8,11			0				2,09		
N_{fo}		99			99				99		
N_e		41,32			60,00				59,33		
IME (cm)		0,44			0,34				0,42		
GS (%)		1,70			1,32				1,60		
Ef. (%)		29,22			---				21,20		
D		0,16			0,30				0,30		

N: n° de indivíduos selecionados; N_f : n° de progênies selecionadas; k_f : n° de indivíduos selecionados por progênie; \bar{k}_f : n° médio de indivíduos selecionados por progênie; $\sigma_{k_f}^2$: variância do n° de indivíduos selecionados por progênie; $N_{fo} = 99$ (progênies do CCGMPT); N_e : tamanho efetivo; IME = Índice Multi-efeitos; GS: ganho na seleção; Ef.: eficiência do IME em relação à seleção entre e dentro de progênies; D: Diversidade genética.

CONCLUSÕES

As progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* apresentam bom desenvolvimento na região de Selvíria-MS, podendo ser recomendado para plantios comerciais na região.

A variação genética para os caracteres quantitativos estudados foi baixa, sendo que maior parte da variabilidade foi encontrada em nível de indivíduos. Dessa forma, qualquer progênie pode ser utilizada sem diferenças expressivas.

O desbaste dos indivíduos com DAP inferior, dentro de progênies, abriu perspectivas para a exploração deste teste de progênies como um Pomar de Sementes por Mudanças e/ou Clonal, e manter a variabilidade genética existente em nível de indivíduos.

As maiores estimativas de herdabilidade para os caracteres estudados foram obtidas em nível de média de progênies. De modo geral, todas as estimativas de herdabilidades foram de baixa magnitude e apresentaram pouca variação com o tempo.

A seleção pelo índice multi-efeitos aplicada ao caráter DAP, dois anos após o desbaste, propicia maiores ganhos que a seleção entre e dentro de progênies, sendo recomendado selecionar, no máximo, cinco indivíduos por progênie, por permitir maiores ganhos e manter a diversidade genética próxima de uma seleção entre e dentro de progênies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico ABRAF. Brasília: ABRAF, 2009. 129p.

ALLARD, E.W. Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.

ASSIS, T.F. Aspectos do melhoramento de Eucalyptus para a obtenção de produtos sólidos da madeira. In: WORKSHOP TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1999. p.61-72.

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

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

FRANCIS, J.K. *Pinus caribaea* morelet: Caribbean pine. New Orleans: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1992. 10p.

FURLAN, R.A. Variabilidade genética em programa de melhoramento de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari por meio de microssatélites. Botucatu, 2003. 62p. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2003.

GARRIDO, L.M.A.G.; KAGEYAMA, P.Y. Alterações nas estimativas dos parâmetros genéticos de produção de resina de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* em consequência de desbastes. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.5, n.2, p.123-131, 1993.

GARRIDO, L.M.A.G.; ROMANELLI, R.C.; GARRIDO, M.A.O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Barr et Golf. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.8, p.89-98, 1996.

HARDING, K.J.; KANOWSKI, P.J.; WOOLASTON, R.R. Preliminary genetic parameter estimates for some wood quality traits of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Queensland, Australia. Silvae Genetica, Frankfurt, v.40, n.3/4, p.152-156, 1991.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. Software HIBRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45p. (Série Irrigação, 1).

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

KAGEYAMA, P.Y.; SPELTS, R.M.; SILVA, A.P. Variação genética entre e dentro de progênies de *Pinus patula* Schiede e Deppe na região de Telêmaco Borba-PR. IPEF, Piracicaba, n.15, p.21-39, 1977a.

KAGEYAMA, P.Y.; VENCOSKY, R.; FERREIRA, M.; NICOLIELO, N. Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos - São Paulo. IPEF, Piracicaba, v.14, p.77-120, 1977b.

LEONARDECZ NETO, E. Variação genética e métodos de seleção em progênies Sul-africanas de *Pinus patula* (Schiede & Deppe). 1998. 71p. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

- MAGNUSSEN, S. Growth differentiation in white spruce crop tree progenies. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.42, n.4-5, p.258-266, 1993.
- MISSIO, R.F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M.L.T.; PAULA, R.C. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.66, p.161-168, 2004.
- MORAES, M.L.T. **Varição genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari**. 2001. 124p. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2001.
- MORI, E.S. Pomares de sementes florestais. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v.5, n.16, p.1-27, 1988.
- MOURA, V.P.G.; DVORAK, W.S. Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.2, p.225-234, 2001.
- MOURA, V.P.G.; DVORAK, W.S.; NOGUEIRA, M.V.P. Variação da densidade básica da madeira, volume e matéria seca do tronco de *Pinus tecunumanii*, procedência de Mount Pine Ridge, Belize, em Planaltina, Distrito Federal, Brasil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.53, p.7-14, 1998.
- MOURA, V.P.G.; VALE, A.T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.62, p.104-113, 2002.
- PINTO JÚNIOR, J.E. **REML/BLUP para a análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561p.
- RESENDE, M.D.V. **Selegen-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359p.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. *Revista Árvore*, Viçosa, v.19, n.4, p.479-500, 1995.
- RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. *Revista de Matemática e Estatística*, Marília, v.17, p.87-109, 1999.
- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Estimção de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e seus parentes. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.28/29, p.11-36, 1994a.
- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.28/29, p.37-55, 1994b.
- ROMANELLI, R.C.; SEBBENN, A.M. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção para produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, no sul do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.16, n.1, p.11-23, 2004.
- SAMPAIO, P.T.B.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. Genetic conservation and breeding strategy of *Pinus caribaea* Morelet: results progeny trials establish in Brazil and in Argentina. In: DIETERS, M.J.; MATHESON, A.C.; NICKLES, D.G.; HARDWOOD, C.E.; WALKER, S.M. (Ed.) QFRI – IUFRO CONFERENCE - TREE IMPROVEMENT FOR SUSTAINABLE TROPICAL FORESTRY 1996, Caloundra. *Proceedings...* Caloundra: DPI, CSIRO, 1996. v.2. p.338-341.
- SAMPAIO, P.T.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, A.J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.11, p.2243-2253, 2000.

SEBBENN, A.M.; PIRES, C.L.S.; STORCK, L.; CUSTÓDIO FILHO, A.; ROSA, P.R.F. Variação genética em progênes de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar.et Gol. na região de Bebedouro, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.6, p.63-73, 1994.

VENCOVSKY R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.486p.

WEI, R.P.; LINDGREN, D. Effective family number following selection with restrictions. **Biometrics**, Washington, v.52, n.1, p.198-208, 1996.

ZHENG, Y.Q.; ENNOS, R.A. Genetic variability and structure of natural and domesticated populations of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, n.98, p.765-771, 1999.

Recebido em 12/08/2010
Aceito para publicação em 26/05/2011