

Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*Effect of selective thinning on the genetic parameters estimates in *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* progeniesMario Luiz Teixeira de Moraes¹, Robson Fernando Missio², Alexandre Marques da Silva³, José Cambuim⁴, Luiz Antônio dos Santos⁵, Marcos Deon Vilela de Resende⁶**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do desbaste seletivo sobre as estimativas de parâmetros genéticos em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. O teste de progênies foi instalado em junho de 1986, seguindo delineamento em látice quadrado 10 x 10, triplo, contendo dez árvores dispostas em parcelas lineares no espaçamento de 3,0 x 3,0m. Aos 12 anos após o plantio foi realizado um desbaste, com intensidade de 40%, tendo por base o Índice Multi-efeito, aplicado ao caráter DAP, deixando-se seis árvores por parcela, em todo o experimento. A coleta de dados foi realizada em quatro situações: A (antes do desbaste), B (árvores desbastadas), C (árvores remanescentes, aos 13 anos) e D (dois anos após o desbaste). Os caracteres analisados foram: altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), volume (VOL), forma do fuste (FOR), rabo de raposa (FT) e densidade básica da madeira a 1,3m (DBM1) e na metade da altura da árvore (DBM2). O desbaste seletivo realizado dentro das progênies manteve grande parte da variabilidade genética do teste de progênies. Existe uma alta e positiva correlação genética entre os caracteres de crescimento, principalmente entre DAP e VOL, que se manteve com o desbaste. O desbaste seletivo aumentou a variabilidade genética entre as progênies para VOL e diminuiu para ALT e DAP. As estimativas de herdabilidade em nível individual tiveram um leve aumento, enquanto que em nível de médias houve uma considerável redução com a prática do desbaste seletivo. Os valores genéticos estimados das progênies tiveram considerável aumento com a prática do desbaste, o que pode facilitar na identificação de progênies superiores em futuras práticas de seleção.

Palavras-chave: Variabilidade genética, Seleção, Melhoramento florestal, Teste de progênies

Abstract

The objective of this work was to study the effect of selective thinning on the estimates of genetic parameters in progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. The progeny test was installed in June 1986, following a 10 x 10, triple square lattice design, containing ten trees in linear plots in 3.0 x 3.0m spacing. Twelve years after the planting, a selective thinning based on Multi-effect index (selection for DBH) was performed, leaving six trees per plot. The assessments were done in four situations: A (before thinning); B (among thinned trees); C (among remnant trees at 13 years of age) and D (two years after the thinning). The following traits were analyzed: total height (H), diameter at breast height (DBH), volume (VOL), stem form (FOR), *foxtail* (FT), wood density at 1.3 m (WD1) and wood density at the half height (WD2). The thinning led to increase in the estimates of variability among progenies for VOL and decrease for ALT and DBH. There was a high and positive genetic correlation among the growth traits, mainly between DBH and VOL. The latter remained unchanged after thinning. The narrow-sense heritabilities at the individual level, showed a slight increase while at the family mean level had a reduction with the thinning. The estimates of breeding values increased with the thinning. This may lead to an easier identification of the best progenies in further selection.

Keywords: Genetic variability, Selection, Tree improvement, Progeny test

¹Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 – E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

²Doutorando em Genética e Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG - 36570-000 – E-mail: rmissio@yahoo.com.br

³Mestrando em Sistemas de Produção da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000 – E-mail: amsilva@agr.feis.unesp.br

⁴Técnico de Nível Superior da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000

⁵Pesquisador Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG - 36571-000 – E-mail: lasdias@ufv.br

⁶Pesquisador da Embrapa Florestas – Caixa Postal 28 – Colombo, PR - 83411-000 – E-mail: deon@cnpf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Pinus caribaea Morelet var. *hondurensis*, juntamente com as variedades *bahamensis* e *caribaea*, são as principais variedades de pinheiros tropicais cultivadas no Brasil. A variedade *hondurensis* ocorre naturalmente nos países da América Central, com uma abrangência geográfica que vai da latitude 18° N (Belize) até 12° N (Nicarágua) e, também, em pequenos povoadamentos no México. As condições edafoclimáticas destas regiões são distintas: desde altitudes ao nível do mar até 800 m, precipitação média anual de 4.000 mm/ano até regiões com menos de 1.000 mm/ano e períodos de seca de até 6 meses (GOLFARI, 1991). O sucesso comercial desta variedade dá-se principalmente pela disponibilidade de sementes no mercado, ao seu bom desenvolvimento em solos pobres, e à elevada qualidade de sua madeira amplamente utilizada na construção civil e em fábricas de celulose.

As flores de *P. caribaea* são do tipo estrobiliformes, com predominância das masculinas na parte inferior da copa e femininas na superior, caracterizando a espécie como monóica. Matheson *et al.* (1989), estudando populações de *P. caribaea* var. *hondurensis* usando isoenzimas e o modelo misto de reprodução, encontraram taxas de cruzamento variando de 89% a 92%, com um nível de endogamia de 10% atribuído ao cruzamento entre indivíduos aparentados.

O melhoramento genético de espécies florestais é uma ciência relativamente nova no Brasil onde, a partir de 1950, foram desenvolvidos os maiores experimentos com as espécies florestais. No estado de São Paulo, as plantações comerciais de *Pinus* foram iniciadas pelo Instituto Florestal e, posteriormente, ampliadas por empresas particulares, objetivando principalmente a produção de aglomerados, laminados, madeira para caixotaria, móveis, madeira serrada e celulose (RESENDE, 1999). Somente mais tarde teve início a exploração de resina e a produção de sementes melhoradas, tanto para suprir as necessidades internas como para exportação. As espécies de *Pinus* vêm se destacando como das mais importantes para plantios comerciais no Brasil, ocupando cerca de 40% da área destinada ao abastecimento do setor de celulose. Atualmente, o melhoramento da espécie tem-se voltado principalmente para aumento da produção volumétrica, árvores com fustes mais retos, menor número de bifurcações, menor número de galhos grossos, ausência de rabo de raposa (*fox-*

tail), aumento da celulose de fibra longa, papel de boa qualidade, maior eficiência produtiva e qualidade da madeira serrada e maior produção de resina (RESENDE, 1999).

Para a implantação de plantações comerciais de *Pinus*, necessita-se, primeiramente, de semente de boa qualidade. Os testes de progênies constituem meios para se obter sementes de boa qualidade genética e, além disso, prestam-se para a conservação de populações, avaliação da estrutura genética de populações, determinação do valor genético dos indivíduos e das matrizes selecionadas, geração de indivíduos para a seleção recorrente e, principalmente, para estimar parâmetros genéticos da população (KAGEYAMA *et al.*, 1984).

As estimativas de parâmetros genéticos são de grande importância para os programas de melhoramento de *Pinus* e de qualquer outra espécie. Tais estimativas têm sido obtidas, com frequência, e utilizadas como guia para o desenvolvimento de estratégias de melhoramento. Estimativas de parâmetros genéticos em *Pinus* foram apresentadas por vários autores, entre os quais se destacam: Dieters *et al.* (1997), Hannrup e Ekberg (1998), Moraes (2001), Moura e Dvorak (2001), Jayawickrama (2001), Sampaio *et al.* (2002), Paludyszyn Filho *et al.* (2002), Sierra-Lucero *et al.* (2002), Joyce *et al.* (2002), Johnston *et al.* (2003), Missio *et al.* (2004b), Rweyongeza *et al.* (2003) e Missio (2004). Entretanto, informações sobre o efeito que um processo de seleção dentro de progênies pode causar na estimativa de parâmetros genéticos são raras. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do desbaste seletivo sobre a variabilidade genética em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, procedentes do Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais (CCGMPT).

MATERIAL E MÉTODOS

Material

As sementes das progênies que constituíram este ensaio são provenientes de um pomar de sementes clonal localizado em Aracruz, ES (latitude 19° 49' S, longitude 40° 16' W e altitude de 50 m). Além das progênies, foram incluídas no ensaio quatro testemunhas comerciais provenientes de árvores matrizes localizadas em Agudos, SP (latitude 22° 22' S, longitude 48° 52' W e altitude de 550 m).

O teste de progênies foi instalado em junho de 1986 no município de Selvíria, MS (latitude 20° 20' S, longitude 51° 23' W e altitude de 370

m). O clima da região é do tipo Aw, pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação média anual de 1.232,2 mm, umidade média anual de 64,8% e insolação média de 7,3 horas/dia (HERNANDEZ *et al.*, 1995). O delineamento experimental utilizado foi o látice quadrado 10 x 10, triplo, tendo 96 progênies oriundas do CCGMPT e quatro testemunhas comerciais. As parcelas, dispostas linearmente, continham 10 árvores no espaçamento de 3,0 x 3,0 m. Aos 12 anos após o plantio foi realizado um desbaste (seleção pelo DAP), com base no Índice seletivo Multi-efeito (RESENDE e HIGA, 1994), deixando-se seis árvores por parcela, em todo o experimento.

A coleta de dados foi realizada em quatro situações: A (todas as árvores antes do desbaste, aos 12 anos), B (somente as árvores desbastadas, aos 12 anos), C (árvores remanescentes após o desbaste, aos 13 anos) e D (árvores remanescentes, aos 14 anos).

Situação A: Foram avaliadas todas as plantas da parcela antes do desbaste, com relação aos caracteres: diâmetro à altura do peito (DAP, em cm), altura (ALT, em m), Volume (VOL, em m³.árvore⁻¹), forma do fuste das árvores (FOR) obtida com uma escala de notas, com base em Hernán-Rodríguez (1997); rabo de raposa (*fox-tail*-FT), também obtida por uma escala de notas, baseando-se em Kageyama *et al.* (1984); e sobrevivência (SOB) das progênies. Os caracteres FOR e FT foram transformados em \sqrt{x} e $\sqrt{x+0,5}$, respectivamente.

Situação B: Após a avaliação dos caracteres na situação A, foi realizado um desbaste em 40% das árvores (seleção pelo DAP), com base no Índice seletivo Multi-efeito (RESENDE e HIGA, 1994), deixando-se seis árvores por parcela, em todo o experimento. Das árvores desbastadas, retiraram-se dois discos de aproximadamente 3 cm de espessura, para avaliação da densidade básica da madeira (DBM, em g.cm⁻³), sendo um a 1,3 m de altura (DBM-1), e outro na metade da altura da árvore (DBM-2). A densidade básica da madeira (DBM) foi obtida pelo método da balança hidrostática, conforme normas da ABCP M 14/70. Desse modo, somente para as árvores desbastadas dentro das parcelas, realizou-se a avaliação dos caracteres: DAP, ALT, VOL, FOR, FT, DBM-1 e DBM-2.

Situação C: Um ano após o desbaste foram avaliados os seguintes caracteres das árvores remanescentes: DAP, ALT e VOL.

Situação D: Dois anos após o desbaste (experimento com 14 anos). Foram analisados os

caracteres: DAP, ALT e VOL.

Em todas as situações, o volume das árvores foi estimado com base na expressão $VOL = (\pi/4) \cdot DAP^2 \cdot ALT \cdot \bar{q}$ (MORAES, 2001) em que: \bar{q} é o quociente de forma médio da progênie obtido com base nas árvores desbastadas.

Estimativa de parâmetros genéticos e estatísticos

As estimativas de parâmetros genéticos foram obtidas com o software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2002b), seguindo o modelo linear misto, aplicado a progênies de polinização livre, no delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela e uma medição por indivíduo, descrito por Resende (2002a), como sendo:

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

em que:

y , b , a , c , e – são os vetores dos valores observados para a variável mensurada, de efeitos fixos (médias de blocos), de efeitos genéticos aditivos (aleatórios), de efeitos de parcelas (efeitos aleatórios de ambiente comum das parcelas) e dos erros aleatórios, respectivamente;

X , Z e W – são matrizes de incidências conhecidas, formadas por valores 0 e 1, as quais associam aos parâmetros b , a e c , respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, de plantas individuais (\hat{h}^2) no experimento, média de progênies (\hat{h}_m^2) e dentro de progênies (\hat{h}_{ad}^2) e os demais parâmetros genéticos foram estimados como descrito por Resende (2002a):

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

$$\hat{h}_m^2 = \frac{0,25\hat{\sigma}_a^2}{0,25\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2/b + \hat{\sigma}_e^2/(nb)};$$

$$\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75\hat{\sigma}_a^2}{0,75\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

$$\hat{c}^2 = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

em que

\hat{c}^2 é o coeficiente de correlação ao ambiente comum da parcela;

$\hat{\sigma}_a^2$ é a variância genética aditiva;

$\hat{\sigma}_c^2$ é a variância entre parcelas;

$\hat{\sigma}_e^2$ é a variância residual (ambiental entre parcelas + não aditiva);

As correlações entre os caracteres e os coeficientes de variação genética e fenotípica foram obtidas segundo Falconer (1987):

Correlação genética aditiva entre os caracteres x e y ($r_{A(x,y)}$)

$$r_{A(x,y)} = \frac{C\hat{O}V_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{A_x}^2 \cdot \hat{\sigma}_{A_y}^2}}$$

Correlação fenotípica entre os caracteres x e y, em nível de média de progênies ($r_{\bar{F}(x,y)}$)

$$r_{\bar{F}(x,y)} = \frac{C\hat{O}V_{\bar{F}(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}_x}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}_y}^2}}$$

Coefficiente de variação genética (CV_g)

$$CV_g = \frac{100 \cdot \sqrt{\hat{\sigma}_P^2}}{\bar{X}}$$

Coefficiente de variação fenotípica (CV_F)

$$CV_F = \frac{100 \cdot \sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{X}}$$

O coeficiente de variação relativa (b) foi estimado segundo Vencovsky (1987):

$$\hat{b} = \frac{CV_g}{CV_{exp}}$$

RESULTADOS

Análises de variância

O experimento apresentou alta sobrevivência (90,44%) e não houve variação significativa entre as progênies (Tabela 1), o que caracteriza uma boa condução do ensaio de campo quanto ao manejo e condições favoráveis de adaptação da espécie à região de estudo. Com exceção do caráter rabo de raposa (avaliado na situação B), os demais caracteres apresentaram variações

significativas entre progênies, demonstrando a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas nas diferentes situações. O caráter rabo de raposa apresentou média de 1,01 e 1,14, com coeficiente de variação experimental (CVe) de 17,18 e 32,55%, para as situações A e B, respectivamente (Tabela 1). Verifica-se que na Situação B (árvores desbastadas) houve um maior coeficiente de variação, não havendo diferença discrepante nas médias das progênies em relação às duas situações, para estes dois parâmetros. Para forma do fuste, as médias das progênies, nas situações A e B, foram de 1,38 e 1,25, com CVe de 6,53 e 11,19%, respectivamente.

Com relação ao diâmetro à altura do peito (DAP), as médias de progênies, nas situações A, B, C e D (Tabela 1), foram de 22,21, 19,32, 24,51 e 25,04 cm, com CVe de 7,68, 15,19, 7,04 e 7,16%, respectivamente. Nas situações A, B, C e D o volume apresentou variação significativa entre as progênies, com médias de 0,520, 0,385, 0,680 e 0,750 m³.árvore⁻¹ e CVe variando de 19,70% a 34,45%, respectivamente.

Com relação ao desenvolvimento em altura de *P. caribaea* var. *hondurensis* foram observados um IMA (Incremento Médio Anual) de 1,61 e de 1,93 m com CVe de 7,81% e 7,67% nas situações A e D, respectivamente. No que diz respeito à densidade básica da madeira, verifica-se que à altura do peito (DBM1) foi ligeiramente superior à encontrada na metade da altura da árvore (DBM2), com médias de 0,436 e 0,398 g.cm⁻³, respectivamente.

Tabela 1. Resumo das análises de variância para crescimento e densidade básica da madeira avaliadas em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, sob quatro situações. (Summary of analyses of variance for growth and wood density evaluated in the progeny test with *Pinus caribaea* var. *hondurensis* under four situations).

Situação	Caracteres	Média das progênies	Teste F	CVe (%)
	Sobrevivência (%) ⁽¹⁾	90,44	1,07ns	9,79
A	ALT (m)	19,32	1,70**	7,81
	DAP (cm)	22,21	2,10**	7,68
	FOR ⁽²⁾	1,38	1,69**	16,46
	FT ⁽¹⁾	1,01	2,47**	17,18
	VOL (m ³ .árv ⁻¹)	0,520	1,83**	19,70
B	ALT (m)	18,64	1,75**	10,20
	DAP (cm)	19,32	1,77**	15,19
	DBM1 (g.cm ⁻³)	0,436	1,60**	7,24
	DBM2 (g.cm ⁻³)	0,398	1,76**	8,45
	FOR ⁽²⁾	1,25	1,43*	11,19
	FT ⁽¹⁾	1,14	1,31ns	32,55
C	VOL (m ³ .árv ⁻¹)	0,385	1,75**	34,45
	ALT (m)	21,91	2,04**	7,11
	DAP (cm)	24,51	1,89**	7,04
	VOL (m ³ .árv ⁻¹)	0,680	2,21**	17,53
D	ALT (m)	23,20	1,96**	7,67
	DAP (cm)	25,04	1,92**	7,16
	VOL (m ³ .árv ⁻¹)	0,750	2,30**	17,75

Situação A: Análise feita com todas as árvores da parcela antes do desbaste aos 12 anos; Situação B: Análise feita só com as árvores que foram desbastadas; Situação C: Análise feita só com as árvores remanescentes ao desbaste, aos 13 anos; Situação D: Envolve as árvores remanescentes ao desbaste, aos 14 anos; (1) Dados transformados em \sqrt{x} ; (2) Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$; * e ** valores de F significativos em níveis de 1 e 5% de significância, respectivamente; ns não significativo.

Estimativas de parâmetros genéticos

Segundo Falconer (1987), dentre os parâmetros estimados, o coeficiente de variação genética é de suma importância para o estudo da estrutura genética de populações, por expressar a quantidade de variação entre progênies e, também, por permitir a estimativa de ganhos genéticos. De maneira geral, verificou-se uma alta variabilidade genética entre as progênies (Tabela 2), que podem levar a ganhos genéticos expressivos com a seleção. Os coeficientes de variação genética variaram de 5,44% a 29,60% para ALT e VOL, respectivamente. Os maiores coeficientes de variação genética e fenotípica foram observados em VOL (20,69% a 29,60%). Os caracteres rabo de raposa e FOR também apresentaram elevados coeficientes de variação genética, ficando acima dos encontrados para DAP e ALT (Tabela 2). Porém, esses foram os caracteres que apresentaram os mais elevados coeficientes de variação fenotípica (com exceção do VOL na situação B).

Na situação A, o DAP foi o caráter mais indicado para seleção devido ao seu maior quociente de seleção ($b^3 = 0,54$). Porém, nas situações C ($b^3 = 0,61$) e D ($b^3 = 0,63$) o volume passou a ser o caráter mais indicado para a seleção. Entretanto, devem-se considerar as dificuldades na obtenção desta estimativa. Sampaio *et al.* (2002), trabalhando com índice multi-efeito em *Pinus caribaea*, consideraram que a seleção de árvores visando maximizar o ganho genético em volume deverá basear-se no DAP, em virtude dos elevados coefi-

cientes de correlação genética aditiva e dos baixos desvios padrões entre este caráter e o volume.

Com relação às estimativas dos coeficientes de herdabilidade, verificou-se, na situação A (antes do desbaste), que as maiores estimativas no sentido restrito, em nível de média de progênies, foram para DAP, VOL e ALT (Tabela 3). Na situação D (dois anos após o desbaste), os caracteres VOL e DAP passaram a ter as maiores estimativas. Em nível de indivíduos, as estimativas de herdabilidade variaram de 0,082 para rabo de raposa na situação A, a 0,372 para ALT na situação C e DBM1 na situação B. Na situação B, representando as árvores desbastadas, as maiores estimativas de herdabilidade em nível de média de progênies foram encontradas para os caracteres DBM1, ALT e DAP.

A acurácia (correlação entre os valores genotípicos preditos e os verdadeiros) variou de 52,3% para ALT na situação D, a 73,7% para DBM1 na situação B. De maneira geral, as acurácias obtidas no presente trabalho foram de magnitude moderada ($0,40 < \hat{r}_{aa} < 0,70$). Quanto ao coeficiente de correlação devido ao ambiente comum da parcela (c_p^2), que mede a variabilidade entre as parcelas no bloco, o caráter ALT foi o que apresentou maiores valores (16,9% e 43,7% para as situações B e D, respectivamente) (Tabela 3). Segundo Resende (2002a), um valor adequado para a estimativa de c_p^2 situa-se abaixo de 15%, indicando que esse percentual da variação fenotípica total é devido à variação ambiental entre parcelas.

Tabela 2. Estimativa da variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$), residual ($\hat{\sigma}_e^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), coeficiente de variação genética (CV_g), fenotípico em nível de planta (CV_f) e entre progênies (CV_p), referentes à progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. (Estimate of the additive genetic variance ($\hat{\sigma}_a^2$), variance among plots ($\hat{\sigma}_c^2$), residual variance ($\hat{\sigma}_e^2$), phenotypic variance ($\hat{\sigma}_f^2$), coefficient of genetic variation (CV_g), phenotypic variation at the plant level (CV_f) and among progenies (CV_p), related to *Pinus caribaea* var. *hondurensis* progenies).

Situação	Caracteres	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	CV_g (%)	CV_f (%)	CV_p (%)	b
A	ALT (m)	21,544	18,360	28,250	68,155	7,60	13,51	3,80	0,49
	DAP (cm)	34,023	0,9378	171,830	215,231	8,30	20,88	4,15	0,54
	FOR (1)	0,0770	0,0160	0,6647	0,7577	15,37	45,81	7,69	0,47
	FT	0,1611	0,0506	17,597	19,714	14,37	50,27	7,19	0,42
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0116	0,0057	0,0395	0,0567	20,69	45,80	10,35	0,52
B	ALT (m)	36,661	17,204	47,912	101,778	10,29	17,11	5,14	0,50
	DAP (cm)	68,745	26,149	129,608	224,501	13,56	24,51	6,78	0,45
	DBM1 (g.cm ⁻³)	0,0011	0,00003	0,0018	0,0029	7,59	12,45	3,80	0,52
	DBM2 (g.cm ⁻³)	0,0011	0,0001	0,0097	0,0109	8,26	26,23	4,13	0,49
	FOR (1)	0,0116	0,0012	0,0440	0,0567	8,57	15,26	4,29	0,38
	FT	0,0580	0,0250	0,2758	0,3588	21,17	52,64	10,58	0,32
VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0129	0,0052	0,0327	0,0508	29,60	58,74	14,80	0,43	
C	ALT (m)	16,994	16,994	0,9311	45,713	6,10	9,76	3,05	0,43
	DAP (cm)	26,493	12,032	110,554	149,080	6,60	15,75	3,30	0,47
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0207	0,0104	0,0333	0,0645	21,50	37,35	10,75	0,61
D	ALT (m)	14,204	23,744	16,398	54,346	5,44	10,05	2,72	0,35
	DAP (cm)	33,934	11,468	106,950	152,352	7,51	15,58	3,76	0,52
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0230	0,0113	0,0349	0,0691	22,29	35,05	11,14	0,63

A: Análise feita com todas as árvores da parcela antes do desbaste aos 12 anos; B: Análise feita só com as árvores que foram desbastadas; C: Análise feita só com as árvores remanescentes ao desbaste, aos 13 anos; D: Envolve as árvores remanescentes ao desbaste, aos 14 anos.

Tabela 3. Estimativas da herdabilidade, no sentido restrito, de plantas individuais (\hat{h}^2) média de progênies (\hat{h}_m^2), aditiva dentro de parcela (\hat{h}_{ad}^2), acurácia da seleção de progênies e genitoras (\hat{r}_{aa}) e correlação devido ao ambiente comum de parcelas (\hat{c}_p^2) em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. (Estimates of the narrow-sense heritability (\hat{h}^2), mean progeny heritability (\hat{h}_m^2), additive heritability within the plot (\hat{h}_{ad}^2), accuracy of selection of progeny and genitor selection (\hat{r}_{aa}) and correlation due to the common environment of the plot (\hat{c}_p^2) in the progeny test of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*)

Situação	Caracteres	\hat{h}^2	\hat{h}_m^2	\hat{h}_{ad}^2	\hat{r}_{aa}	\hat{c}_p^2
A	ALT (m)	0,316	0,415	0,364	0,644	0,269
	DAP (cm)	0,158	0,467	0,129	0,683	0,044
	FOR (1)	0,102	0,395	0,080	0,629	0,021
	FT	0,082	0,336	0,064	0,580	0,026
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,204	0,453	0,180	0,673	0,010
B	ALT (m)	0,360	0,433	0,365	0,658	0,169
	DAP (cm)	0,306	0,538	0,285	0,733	0,116
	DBM1 (g.cm ⁻³)	0,372	0,543	0,311	0,737	0,011
	DBM2 (g.cm ⁻³)	0,100	0,417	0,078	0,646	0,008
	FOR (1)	0,204	0,377	0,165	0,614	0,021
	FT	0,162	0,293	0,136	0,541	0,070
C	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,254	0,379	0,228	0,616	0,103
	ALT (m)	0,372	0,356	0,578	0,596	0,425
	DAP (cm)	0,178	0,370	0,152	0,609	0,081
D	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,321	0,455	0,318	0,675	0,162
	ALT (m)	0,261	0,274	0,394	0,523	0,437
	DAP (cm)	0,223	0,431	0,192	0,657	0,075
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,332	0,463	0,331	0,680	0,163

A: Análise feita com todas as árvores da parcela antes do desbaste aos 12 anos; B: Análise feita só com as árvores que foram desbastadas; C: Análise feita só com as árvores remanescentes ao desbaste, aos 13 anos; D: Envolve as árvores remanescentes ao desbaste, aos 14 anos.

Correlações entre caracteres

Para os caracteres analisados na situação A (Tabela 4), foram observadas correlações altas e positivas, seja genética (0,95) ou fenotípica (0,94) entre DAP e volume (Tabela 4). As menores correlações nessa situação foram da forma do fuste e rabo de

raposa com os demais caracteres. Na situação B, as correlações genéticas são negativas entre DAP e DBM2 (-0,16) e altamente positivas entre as duas medidas da densidade básica da madeira. Nas situações C e D, DAP e VOL foram os caracteres que apresentaram maiores correlações genéticas.

Tabela 4. Correlação genética (r_A) acima da diagonal e fenotípica (r_p) abaixo da diagonal, entre os caracteres de crescimento e densidade básica da madeira em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. (Additive genetic correlation (r_A) above the diagonal and phenotypic correlation (r_p) below the diagonal, between growth traits and wood density in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* progenies)

Situação	Caracteres	DAP	ALT	VOL	FT	FOR	DBM-1	DBM-2
A	DAP	-	0,72	0,95	0,01	0,15		
	ALT	0,65	-	0,84	0,29	0,14		
	VOL	0,94	0,71	-	0,06	0,15		
	FT	0,04	0,32	-0,03	-	-0,11		
	FOR	0,02	0,01	0,02	-0,09	-		
B	DAP	-	0,93	0,94	0,02	0,07	0,08	-0,16
	ALT	0,76	-	0,87	0,62	0,31	0,25	-0,08
	VOL	0,93	0,75	-	-0,09	0,08	0,08	-0,04
	FT	0,04	0,26	0,07	-	-0,08	0,90	0,43
	FOR	0,10	0,11	0,11	0,07	-	0,24	0,26
	DBM-1	0,06	0,30	0,10	0,18	0,01	-	1,00
	DBM-2	0,03	0,26	0,11	0,14	-0,01	0,75	-
C	DAP	-	0,71	0,91				
	ALT	0,64	-	0,81				
	VOL	0,91	0,71	-				
D	DAP	-	0,79	0,92				
	ALT	0,66	-	0,85				
	VOL	0,92	0,72	-				

DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho apontaram alta variabilidade genética entre as progênies. Isto é sustentado pelos elevados coeficientes de variação genética e pelas estimativas de herdabilidade (Tabelas 2 e 3) encontradas, evidenciando a importância deste teste de progênies para o melhoramento genético da espécie. Um dos principais objetivos dos testes de progênies em um programa de melhoramento de *Pinus* é a transformação do mesmo em Pomares de Sementes por Mudanças ou o fornecimento de material vegetativo para formação de um Pomar de Sementes Clonais. Para alcançar este objetivo, é de suma importância a realização de desbastes seletivos entre e dentro progênies, com identificação das árvores de elevado valor genético. Neste trabalho, foram desbastadas 40% das árvores dentro das progênies, identificadas pelos seus respectivos valores genéticos em DAP, estimados pelo programa SELEGEN (RESENDE, 2002b). Assim, foi possível verificar o efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos das progênies, por meio da avaliação antes (situação A) e após (situações C e D) o desbaste seletivo.

O desempenho médio das progênies avaliadas aos 12 (situação A), 13 (situação C) e 14 anos (situação D), está em concordância com os relatados por vários autores para diferentes espécies de *Pinus* (JAYAWICKRAMA, 2001, MOURA e DVORAK, 2001, JOYCE *et al.*, 2002, PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2002, SAMPAIO *et al.*, 2002, SIERRA-LUCERO *et al.*, 2002, JOHNSTON *et al.*, 2003, RWEYONGEZA *et al.*, 2003, XIANG *et al.*, 2003, ETTORI *et al.*, 2004, MISSIO *et al.*, 2004a, MISSIO *et al.*, 2004b, ROMANELLI e SEBBENN, 2004 e MISSIO *et al.*, 2005). Na situação B, correspondente às árvores desbastadas, mesmo a seleção sendo realizada com base no DAP, houve uma considerável redução nas médias dos caracteres, destacando-se FOR e rabo de raposa. Ficou evidente que, na situação (B), as árvores desbastadas foram realmente as de menor desempenho médio (Tabela 1).

A densidade básica da madeira, na situação B, apresentou médias consideradas dentro do padrão para a espécie (DVORAK e WRIGHT, 1994, MOURA e VALE, 2002, MISSIO, 2004 e MOURA *et al.*, 2004). A estimativa da densidade avaliada a 1,3 m de altura (DMB1) foi ligeiramente (9,5%) superior (Tabela 1, situação B) à encontrada na metade da altura da árvore

(DBM2). Wright (1990), estudando várias procedências de *P. oocarpa* e *P. patula* ssp. *tecunumanii* em seis locais, envolvendo países da América Central, do Sul e da África, encontrou variações para a densidade de 0,418 a 0,468 g.cm⁻³ (Anasco - Porto Rico) a 0,478 a 0,524 g.cm⁻³ (Agudos - Brasil). Já Moura *et al.* (1991), em avaliações realizadas com *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, obtiveram uma média em 0,421 g.cm⁻³. Estudos realizados com várias espécies de *Pinus* vêm apresentando resultados para a densidade básica da madeira variando de 0,300 a 0,500 g.cm⁻³.

Aumentos de 3,91% e 7,73% no coeficiente de variação genética para VOL foram observados após o desbaste seletivo (40% das árvores dentro das progênies), nas situações C e D, respectivamente, em relação às progênies antes do desbaste (Tabela 2, situação A). Isto possibilita a obtenção de maiores ganhos genéticos com a seleção no teste de progênies em VOL, uma vez que houve um aumento considerável na sua variabilidade genética. Considerando as situações A e D, houve uma redução na variação genética entre as progênies de 28,42% e para ALT e 9,52% para DAP, respectivamente, demonstrando que para estes dois caracteres o desbaste seletivo diminuiu a variabilidade genética no teste de progênies, o que pode acarretar em redução dos ganhos genéticos em seleções posteriores.

As estimativas de herdabilidade foram da mesma ordem de grandeza das estimadas em diferentes espécies de *Pinus*. As herdabilidades no sentido restrito, em nível de média de progênies, foram superiores às individuais, em razão dos efeitos ambientais da primeira ser minimizada pelo número de repetições e de plantas por parcela. Esse fato indica que a seleção pode ser mais efetiva baseando-se nas médias de progênies do que dentro de progênies. Verificou-se, na situação A, que as maiores estimativas de herdabilidade foram para ALT, VOL e DAP, respectivamente. As estimativas de herdabilidade do rabo de raposa ficaram abaixo da obtida por Kageyama *et al.* (1984), que foi de 0,62 para a variedade *hondurensis*. O mesmo ocorreu em relação à FOR, onde Otegbeye (1988) encontrou estimativas de herdabilidade de 0,56 para a *P. caribaea* var. *caribaea*.

O desbaste seletivo, realizado aos doze anos, teve uma contribuição positiva nas estimativas de herdabilidade no sentido restrito, em nível de plantas individuais, para DAP e VOL (Tabela 3,

CONCLUSÕES

Existe uma expressiva variabilidade entre as progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em todos os caracteres avaliados nas quatro situações estudadas (antes do desbaste, árvores desbastadas, um ano após o desbaste e dois anos após o desbaste), evidenciando a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção. O desbaste seletivo realizado dentro das progênies manteve a variabilidade entre progênies e abriu perspectivas para futura exploração do teste de progênies como Pomar de Sementes por Mudas e/ou fornecimento de propágulos vegetativos para a formação de um Pomar de Sementes Clonais. Existe uma alta e positiva correlação genética entre os caracteres de crescimento, principalmente entre DAP e VOL, as quais foram mantidas com o desbaste. O desbaste seletivo aumentou a variabilidade genética entre as progênies em VOL e diminuiu em ALT e DAP. No geral, as estimativas de herdabilidade em nível individual, aumentaram, enquanto que em nível de médias diminuíram com a prática do desbaste seletivo. Os valores genéticos das progênies aumentaram consideravelmente com a prática do desbaste, o que pode facilitar na identificação de progênies superiores em futuras práticas de seleção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) pelo fornecimento das sementes das progênies; à Dura-tex S.A. pela produção das mudas; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pelo apoio financeiro. Agradecem também a Adelaide Aparecida Buzetti de Sá e Selma Maria Bozzite Moraes pela colaboração na determinação da densidade básica da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. *Normas de ensaios*. São Paulo, 1970. (ABCP M 14/70).

DIETERS, M.J.; NIKLES, D.G.; TOON, P.G.; POMROY, P. Genetic parameters for F1 hybrids of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* with both *Pinus oocarpa* and *Pinus tecunumanii*. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v.27, p.1024-1031, 1997.

DVORAK, W.S.; WRITH, J.A. Offspring-parent correlations for wood density of *Pinus tecunumanii* between native and exotic environments. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v.24, p.1593-1596, 1994.

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.

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

GOLFARI, L. Distribución geográfica de las plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil. In: JORNADAS SOBRE *Pinus caribaea*, Eldorado, 1991. *Anais*. Buenos Aires: CIEF, 1991. 299p.

HANNRUP, B.; EKBERG, I. Age-age correlations for tracheid length and wood density in *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal Forest Research*, Ottawa, v.28, p.1373-1379, 1998.

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

HERNÁN-RODRÍGUEZ, G. *Recombinação entre árvores superiores de Pinus caribaea var. hondurensis Barret, Golfari e seus reflexos na variação genética entre e dentro de suas progênies*. 1997. 66p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

HYLEN, G. Genetic variation of wood density and its relationship with growth traits in young norway spruce. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.46, n.1, p.55-60, 1997.

JAYAWICKRAMA, K.J.S. Genetic parameter estimates for radiate pine in New Zealand and New South Wales: a synthesis of results. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.50, p.45-53, 2001.

JOHNSTON, A.J.; DIETERS, M.J.; DUNGEY, H.S.; WALLACE, H.M. Intraspecific hybridization in *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: 2- genetic parameters. *Euphytica*, Wageningen, v.129, p.158-168, 2003.

- JOYCE, D.G.; LU, P.; SINCLAIR, R.W. Genetic variation in height growth among populations of eastern white pine (*Pinus strobus* L.) in Ontario. **Silvae genetica**, Frankfurt, v.51, p.136-142, 2002.
- KAGEYAMA, P.Y.; PIRES, I.E.; HERRERA PRERA, L.E. Phenotypic and genotypic variations for *foxtail* growth in *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: BARNES, R.D.; GIBSON, G.L. Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees. **Proceedings of a joint work conference**. Mutare, Zimbabwe, 1984. p.526-534
- MATHESON, A.C.; BELL, J.C.; BARNES, R.D. Breeding systems and genetic structure in some Central American pine populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.38, n.3/4, p.107-113, 1989.
- MISSIO, R.F. **Variação genética em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis***. 2004. 129p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.
- MISSIO, R.F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M.L.T.; PAULA, R.C. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.161-168, 2004a.
- MISSIO, R.F.; DIAS, L.A.S.; MORAES, M.L.T.; RESENDE, M.D.V. Selection of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* progenies based on the predicted genetic value. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.4, n.4, p.399-407, 2004b.
- MISSIO, R.F.; SILVA, A.M.; DIAS, L.A.S.; MORAES, M.L.T.; RESENDE, M.D.V. Estimates of genetic parameters and prediction of additive genetic values in *Pinus kesya* progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.4, n.4, p.394-401, 2005.
- MORAES, M.L.T. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*** Barret e Golfari. 2001. 124p. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- 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.; 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.
- MOURA, V.P.G.; PARCA, M.L.S.; SILVA, M.A. Variação da densidade básica da madeira de espécies e procedências de *Pinus* centro-americanos em três locais na região dos cerrados. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, p.29-44, 1991.
- MOURA, V.P.G.; VALE, A.T.; ISAIAS, F.B. Comparação entre dois métodos de avaliação da variabilidade genética em volume, densidade básica da madeira e matéria seca de *Pinus tecunumanii*(Schwd) Eguluz e Perry. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.77-84, 2004.
- OTEGBEYE, G.O. Genetic variation in growth and form characteristics of *Pinus caribaea*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.37, n.5/6, p.232-236, 1988.
- 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. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.589-647
- RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2002b. 65p. (Embrapa Florestas. Documentos).
- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Estimacão 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, 1994.
- 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.

- RWEYONGEZA, D.M.; YEH, F.C.; DANCİK, B.P.; DHIR, N.K. Genetic variation in height, branch and needle lengths of *Pinus sylvestris* L. from Siberia tested in Alberta Canada. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.52, n.2, p.52-60, 2003.
- 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* Schiede. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, Brasília, v.37, n.5, p.625-636, 2002.
- SCHERMANN, N.; ADAMS, W.T.; AITKEN, S.N.; BASTIEN, J.C. Genetic parameters of stem form traits in a 9-year-old coastal douglas-fir progeny test in Washington. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.46, n.2-3, p.166-170, 1997.
- SIERRA-LUCERO, V.; McKEAND, S.E.; HUBER, D.A.; ROCKWOOD, D.L.; WHITE, T.L. Performance differences and genetic parameters for four coastal provenances of loblolly pine in the Southeastern United States. *Forest Science*, Bethesda, v.48, p.732-742, 2002.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Coord.) **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.135-214
- WRIGHT, J.A. Variation in wood properties of *Pinus oocarpa* and *P. patula* spp. *tecunumanii* provenances at six sites. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.30, n.1, p.1-4, 1990.
- XIANG, B.; LI, B.; ISIK, F. Time trend of genetic parameters in growth traits of *Pinus taeda* L. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.52, n.3-4, p.114-121, 2003.

