

**ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E GANHOS NA SELEÇÃO PARA  
CARACTERES DE CRESCIMENTO EM TESTE DE PROGÊNIES DE  
*Pinus caribaea* var. *hondurensis* E var. *bahamensis*, EM ASSIS–SP<sup>1</sup>**

**ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND GAINS FROM SELECTION FOR GROWTH  
TRAITS IN *Pinus caribaea* var. *hondurensis* AND var. *bahamensis* PROGENY TESTS, IN ASSIS-SP**

Alexandre Magno SEBBENN<sup>2,3</sup>; Osmar Vilas BOAS<sup>2</sup>;  
José Carlos Molina MAX<sup>2</sup>; Miguel Luiz de Menezes FREITAS<sup>2,3</sup>

**RESUMO** – Os objetivos deste estudo foram estimar parâmetros genéticos e ganhos na seleção em diâmetro à altura do peito – DAP e altura em um teste de 14 progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *hondurensis* e seis de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 13 anos de idade, estabelecido em Assis, SP. Para fins de comparação, uma testemunha *P. caribaea* var. *hondurensis* foi incluída no ensaio. O delineamento experimental utilizado foi o látice retangular 4 x 5, com parcelas de dez plantas no espaçamento de 3 m x 3 m, totalizando 20 tratamentos com três repetições. Não foram detectadas diferenças entre as variedades. Variações significativas entre progênies de ambas as variedades foram detectadas em altura. As médias das progênies de ambas as variedades foram maiores que a média da testemunha, indicando que o material testado tem potencial para ser utilizado em reflorestamentos na região de Assis. A variação genética e os coeficientes de herdabilidades foram maiores em DAP do que em altura, indicando que maiores ganhos podem ser obtidos mediante seleção em DAP. Os ganhos genéticos preditos em plantios com 13 anos de idade, em locais com características ambientais semelhantes às de Assis e realizados com sementes coletadas após a seleção no teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* foi estimado para o DAP em 6,36%.

Palavras-chave: melhoramento florestal; variabilidade genética; herdabilidade.

**ABSTRACT** – The aims of this study were to estimate genetic parameters and gains from selection for diameter at breast height – DBH and height in 14 open-pollinated progenies of *P. caribaea* var. *hondurensis* and six of *P. caribaea* var. *bahamensis*, at 13 years of age, established in Assis, State of São Paulo. A control treatment with the same var. *bahamensis* was included in the trial. The trial was analyzed as a 4 x 5 rectangular lattice, with 21 treatments, three replications and 10 plants per plot. No significant differences were found between varieties. A significant variation among progenies within varieties was observed only in height. Height and DBH means in both varieties were larger than in the control treatment, suggesting that both varieties have a silvicultural potential for commercial plantation in the Assis region. The genetic variation and heritabilities were higher in DBH than in height, indicating that higher genetic gains can be obtained in this trait through selection. The predicted genetic gains in stands with 13 years of age, established on similar environmental conditions of Assis and carried out with seeds collected after selection in *P. caribaea* var. *bahamensis* progeny test was estimated 6.36%.

Keywords: tree breeding; genetic variability, heritability.

<sup>1</sup>Recebido em 14.04.10. Aceito para publicação em 20.08.10. Disponibilizado online 03.06.11.

<sup>2</sup>Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Autores para correspondência: Alexandre Magno Sebbenn – alexandresebbenn@yahoo.com.br; Miguel Luiz Menezes Freitas – miguelmfreitas@yahoo.com.br

## 1 INTRODUÇÃO

A estimativa de parâmetros genéticos em testes de progênies de espécies arbóreas é fundamental em programas de melhoramento para se conhecer a extensão da variabilidade genética entre progênies, o grau de controle genético em caracteres de interesse econômico e prever os progressos genéticos possíveis de serem obtidos mediante seleção de matrizes. A variação genética e as herdabilidades são propriedades das populações em ambientes específicos. Portanto, as mesmas populações podem apresentar diferentes valores no tempo e em diferentes ambientes. Devido a isso, é fundamental monitorar os parâmetros genéticos das populações submetidas ao melhoramento genético no tempo e em diversos ambientes. Em testes de progênies, a variabilidade genética é quantificada pelo coeficiente de variação genética. O controle genético é estimado pelos coeficientes de herdabilidade, e os ganhos na seleção pelas estimativas da resposta à seleção.

O gênero *Pinus* ocorre em quase todos os continentes, representado por aproximadamente 90 espécies (Marchiori, 1996). Essas têm ampla utilidade, servindo para produção de resina, madeira e celulose, entre outros usos (Sebbenn et al., 2008a). Dentre as espécies, *Pinus caribaea* Mor. e suas três variedades *caribaea*, *hondurensis* e *bahamensis* Bar. et Gol. têm sido plantadas com sucesso no Brasil (Sebbenn et al., 2008b). Dentre as variedades, destacam-se *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis* pela importância como produtoras de madeira na região Sudeste. *Pinus caribaea* é espécie monóica e se reproduz por um sistema misto de reprodução, com predomínio de cruzamentos (Matheson et al., 1989). *P. caribaea* var. *hondurensis* é originária da América Central, ocorrendo, naturalmente, em Belize, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicarágua e México (Perry Júnior, 1991), em altitudes variando desde o nível do mar até 1.000 m (Hodge e Dvorak, 2001). Essa variedade apresenta, geralmente, tronco reto, bem formado, sem excesso de ramificações e pode atingir 45 m de altura e 135 cm de DAP (Shimizu e Sebbenn, 2008). Contudo, uma de suas características marcantes é a presença de “rabo-de-raposa” (*fox-tail*),

que é um crescimento anormal do broto terminal, sem ramificações (Shimizu e Sebbenn, 2008). Essa característica está sob controle genético e pode ser reduzida mediante seleção massal (Shimizu e Sebbenn, 2008). Muitos pesquisadores têm detectado variação entre procedências e progênies dessa variedade (Dean et al., 1986; Moura et al., 1991; Woolastron et al., 1991; Wright et al., 1994; Sampaio et al., 2000; Moraes, 2001; Hodge e Dvorak, 2001; Freitas et al., 2005; Moraes et al., 2007; Moraes Neto et al., 2007), isso indica seu alto potencial para o melhoramento genético via seleção.

*Pinus caribaea* var. *bahamensis* tem sua origem nas ilhas das Bahamas, em áreas separadas em até 600 km. A primeira área inclui as ilhas Grand Bahama, Great Abaco, Andros e New Providence, entre 23° e 27° de latitude norte; a segunda área inclui as Ilhas Caicos, entre 21° e 22° de latitude norte. Nessas ilhas, as altitudes variam desde o nível do mar até 30 m, em clima tropical (25 °C), subúmido (chuvas anuais de 700 a 1.300 mm), com período de seca de seis meses e solos alcalinos (pH 7,5 a 8,5). *P. caribaea* var. *bahamensis* apresenta crescimento intermediário entre *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. elliottii* Eng. var. *elliottii*. Variações genéticas significativas têm sido relatadas em caracteres de crescimento e produção de resina (Sebbenn et al., 1994; Zheng et al., 1994; Gurgel Garrido et al., 1996; Missio et al., 2004). Isso demonstra o potencial desta variedade para o melhoramento genético.

Os objetivos deste estudo foram estimar parâmetros genéticos e ganhos mediante seleção em caracteres de crescimento (DAP e altura) em um teste de progênies aos 13 anos de idade, estabelecido em Assis, SP. Os objetivos específicos foram: *i*) estimar coeficientes de variação genética e de herdabilidades em caracteres de crescimento, *ii*) quantificar os ganhos esperados com a seleção sequencial entre e dentro de progênies.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local e Delineamento Experimental

O teste de progênies foi instalado em março de 1995 na Floresta Estadual de Assis, situada a 22°35'S e 50°22'W com altitude média de 562 m.

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

Segundo a classificação de Köppen, o local da experimentação se encontra em uma zona de transição climática entre os tipos Cwa e Cfa. A precipitação média anual é de 1.400 mm e a temperatura média anual é de 21,8 °C. O solo do local é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico álico típico A moderado e textura média (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999). Foram utilizadas sementes de polinização aberta, provenientes de 20 árvores matrizes, da Floresta Estadual de Assis, Unidade do Instituto Florestal, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente. As matrizes pertencem ao programa de melhoramento florestal do Instituto Florestal e foram selecionadas pelo volume, forma e produção de resina. O teste foi composto por 14 progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*, seis de *P. caribaea* var. *bahamensis* e uma testemunha comercial de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

O delineamento experimental utilizado foi o látice retangular 4 x 5, com parcelas de dez plantas em linha, no espaçamento de 3 m x 3 m, totalizando 20 tratamentos com três repetições. Uma bordadura de três linhas foi adicionada para reduzir o efeito ambiental em torno do experimento. Em dezembro de 2007, foi realizado um desbaste de 30% das árvores. O ensaio foi mensurado (altura e DAP) aos 13 anos de idade.

## 2.2 Estimativas dos Componentes de Variância

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa SAS (SAS, 1999). O teste F para o efeito de variedade, blocos e progênies foi calculado sem incluir a testemunha, utilizando-se o procedimento GLM. As análises de variância foram realizadas em duas etapas: a primeira, incluindo ambas as variedades para determinar se existiam diferenças significativas entre as variedades, e a segunda, análises separadas para cada variedade. A análise para cada variedade foi realizada segundo o delineamento em blocos casualizados, utilizando-se o seguinte modelo linear:

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

em que:  $Y_{ijk}$  = desempenho médio do  $k$ -ésimo indivíduo, do  $j$ -ésimo bloco, da  $i$ -ésima progênie;  $\mu$  = média geral da variável em análise;  $t_i$  = efeito aleatório da  $i$ -ésima progênie ( $i = 1, 2, \dots, I$ );

$b_j$  = efeito fixo do  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, J$ );  $e_{ij}$  = efeito aleatório da interação entre a  $i$ -ésima progênie do  $j$ -ésimo bloco ou, efeito ambiental aleatório da  $ij$ -ésima parcela;  $d_{ijk}$  = efeito aleatório da  $k$ -ésima árvore dentro da  $ij$ -ésima parcela. Sendo,  $K$  o número de árvores por progênies,  $J$  o número de blocos,  $I$  o número de progênies, e  $\bar{n}$  a média harmônica do número de árvores por parcela.

Os componentes de variância foram estimados excluindo-se a testemunha e utilizando-se os procedimentos VARCOMP e REML (Restricted Maximum Likelihood) do programa SAS. O procedimento REML foi usado devido ao desbalanceamento dos dados em termos do número de plantas por parcela, devido à mortalidade e ao desbaste realizado em 2007. Os componentes estimados foram:  $\hat{\sigma}_g^2$  = variância genética entre progênies;  $\hat{\sigma}_e^2$  = variância ambiental;  $\hat{\sigma}_d^2$  = variância devido a diferenças fenotípicas entre árvores dentro de parcelas. A partir desses componentes, foi estimada a variância fenotípica total,  $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2$ .

## 2.3 Estimativas de Parâmetros Genéticos

Os cálculos dos coeficientes de herdabilidade, coeficientes de variação, ganhos esperados na seleção e correlação genética entre os caracteres foram obtidos da mesma forma como apresentadas em Sebbenn et al. (2008b). As progênies foram consideradas como originárias de um sistema misto de reprodução e, portanto, compostas por misturas de parentescos como meios-irmãos, irmãos-completos, irmãos de autofecundação e irmãos de cruzamento e autofecundação. A variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) foi estimada por  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$ , sendo  $\hat{\sigma}_p^2$  a variância genética entre progênies e  $r_{xy}$  o coeficiente médio de parentesco entre plantas dentro de progênies. O coeficiente médio de parentesco dentro de progênies foi estimado utilizando-se a expressão de Ritland (1989):  $\hat{r}_{xy} = 0,25(1 + \hat{F}_p)[4\hat{s} + (\hat{t}^2 + \hat{t}\hat{s}_s)(1 + \hat{r}_p)]$ , em que,

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

$\hat{F}_p$  é o coeficiente de endogamia na geração parental (considerado como zero),  $s$  é a taxa de autofecundação,  $t$  é a taxa de cruzamento,  $r_s$  é a correlação de autofecundação (mede a variação individual na taxa de cruzamentos), e  $r_p$  é a correlação de paternidade (mede a proporção de irmãos-completos dentro das progênies). A taxa de cruzamento foi estimada com o procedimento de Matheson et al. (1989), utilizando-se a média das populações (0,905 em *P. caribaea* var. *hondurensis* 0,93 em *P. caribaea* var. *bahamensis*). Os coeficientes  $F$  e  $r_s$  foram considerados como zero e a proporção de irmãos-completos ( $r_p$ ) de 27%, resultando em um coeficiente de parentesco dentro de progênies de 0,355 para *P. caribaea* var. *hondurensis* e 0,338 para *P. caribaea* var. *bahamensis*. A variância genética aditiva, herdabilidades e ganhos na seleção, também foram estimados considerando-se que sejam progênies de meios-irmãos ( $r_{xr} = 0,25$ ) e  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / 0,25$ . As herdabilidades foram estimadas em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2 = \hat{\sigma}_A^2 / (\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2)$ ) média de progênies ( $\hat{h}_m^2 = \hat{\sigma}_p^2 / [(\hat{\sigma}_d^2 / \hat{n}J) + (\hat{\sigma}_e^2 / J) + \hat{\sigma}_p^2]$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2 = (1 - \hat{r}_{xy}^2) \hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_d^2$ ). A variação genética na população foi quantificada pelo coeficiente de variação genética ( $CV_g = 100 \sqrt{\hat{\sigma}_p^2 / \bar{x}}$ ).

Os ganhos esperados com a seleção dentro de progênies ( $R_d$ ) foram estimados com a expressão,  $\hat{R}_d = i_d \hat{\sigma}_d \hat{h}_d^2$ , em que,  $i_d$  é a intensidade de seleção em unidade de desvio-padrão, aplicada dentro de progênies,  $\sigma_d$  é o desvio-padrão da variância fenotípica total e dentro de progênies. Para a formação de um pomar de sementes por mudas, foram selecionadas as duas melhores árvores dentro de progênies ( $i_d = 1,83$ ; Hallauer e Miranda Filho, 1988). A resposta à seleção, em porcentagem [ $R$  (%)], foi estimada com:  $\hat{R}_d (\%) = 100(\hat{R}_d / \bar{x})$ , em que  $\bar{x}$  é a média do caráter.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Variação entre Variedades e Progênies

Não foram detectadas diferenças significativas em DAP e altura entre as duas variedades de *P. caribaea* (Tabela 1). Pelo teste F da análise de variância, observou-se variação significativa (95% de probabilidade) entre progênies em altura, nas duas variedades (Tabela 1). Isso indica a possibilidade de se obter ganhos mediante seleção de progênies com as maiores alturas. Contudo, como o número de progênies testadas era pequeno para ambas as variedades, a seleção foi efetuada apenas dentro de progênies.

Tabela 1. Análise de variância em DAP e altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis*, em Assis, SP.

Table 1. Variance analysis for DBH and height in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and *P. caribaea* var. *bahamensis*, at Assis, SP.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		DAP (cm)	Altura (m)
Blocos	2	84,9457**	14,6085*
Variedade	1	0,3237	1,1577
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>			
Blocos	2	27,6291	3,4272
Progênies	13	18,3961	10,0540*
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>			
Blocos	2	123,2410**	25,8954**
Progênies	5	47,5837	7,5482*

(\*)  $P \leq 0,05$ .

(\*\*)  $P \leq 0,01$ .

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

### 3.2 Crescimento das Progênies

*P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou crescimentos em DAP e altura 2,6% e 4%, respectivamente, maiores que os observados em *P. caribaea* var. *bahamensis*. Embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas, indicam que a variedade *hondurensis* apresenta a tendência de crescer mais rápido do que a var. *bahamensis*, na região de Assis.

Os resultados do crescimento médio e incremento médio anual – IMA em DAP e altura (Tabela 2) mostraram que as populações testadas apresentam potencial silvicultural para as condições ambientais de Assis. O crescimento médio em DAP e altura de *P. caribaea* var. *hondurensis* superou o crescimento médio da testemunha em aproximadamente 8% e 11%, respectivamente, e *P. caribaea* var. *bahamensis* cresceu 5% e 7%, respectivamente em DAP e altura, mais do que a testemunha. Isso demonstra que os materiais testados têm potencial para

serem utilizados em plantios comerciais na região de Assis. O IMA em DAP das duas variedades foi inferior ao observado em *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 12 anos em Selvíria-MS (Tabela 2). Mas, tanto em altura quanto em DAP, o crescimento do material em teste foi maior que o de *P. caribaea* var. *bahamensis* plantado em Paraguaçu Paulista e Selvíria, de *P. caribaea* var. *caribaea* plantado em Selvíria e de *P. elliottii* var. *elliottii* plantado em Assis e Paraguaçu Paulista. O crescimento médio em DAP no experimento foi maior, também, do que de *P. oocarpa* com 18 anos em Batatais, Itapetininga e Pederneiras. As variedades testadas apresentaram IMA em DAP menor que o observado em *P. elliottii* var. *elliottii* aos 12 anos de idade em Angatuba, Itapetininga e Itapeva (Tabela 2). O IMA em DAP e altura foi ainda menor do que o observado em *P. oocarpa* e *P. maximinoi*, aos 11 anos, plantados em Angatuba. Esses resultados, em termos gerais, demonstram o potencial silvicultural da espécie para a região de Assis.

Tabela 2. Médias de crescimento em DAP e altura em testes de procedências e progênies de algumas espécies de *Pinus*, no Estado de São Paulo.

Table 2. Means of growth for DBH and height in a provenance and progeny test of some *Pinus*, species at São Paulo State.

Espécie	Idade (anos)	Local	DAP (IMA cm)	ALT (IMA m)	Autor
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	13	Assis	23,58(1,81)	20,97(1,61)	Este estudo
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	13	Assis	21,75(1,67)	18,71(1,44)	Este estudo – Testemunha
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	12	Selvíria	22,21(1,85)	–	Moraes (2001)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	13	Assis	22,96(1,77)	20,12(1,55)	Este estudo
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	15	Paraguaçu	22,73(1,52)	15,46(1,03)	Sebbenn et al. (2008a)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	16	Paraguaçu	23,64(1,49)	18,33(1,15)	Sebbenn et al. (2008a)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	13	Selvíria	20,80(1,60)	18,83(1,45)	Missio et al. (2004)
<i>P. caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	14	Selvíria	23,75(1,70)	19,47(1,39)	Silva (2005)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	25	Assis	22,23(0,89)	13,05(0,52)	Sebbenn et al. (2008c)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	19	Paraguaçu	25,44(1,34)	16,26(0,86)	Sebbenn et al. (2008c)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	12	Angatuba	24,20(2,02)	–	Romanelli e Sebbenn(2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	12	Itapetininga	26,05(2,17)	–	Romanelli e Sebbenn(2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	12	Itapeva	24,30(2,02)	–	Romanelli e Sebbenn(2004)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	14	São Simão	28,00(2,00)	19,63(1,40)	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. oocarpa</i>	18	Batatais	19,57(1,09)	24,02(1,33)	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	18	Itapetininga	21,36(1,19)	27,84(1,55)	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	18	Pederneiras	18,50(1,03)	24,50(1,36)	Ettori et al. (2002)
<i>P. oocarpa</i>	11	Angatuba	22,99(2,09)	17,77(1,62)	Ettori et al. (2004)
<i>P. maximinoi</i>	11	Angatuba	23,46(2,13)	17,87(1,62)	Ettori et al. (2004)

### 3.3 Coeficiente de Variação Genética

As populações em estudo apresentaram substanciais níveis de variação genética em DAP e altura (Tabela 3). Em comparação com os resultados de outros estudos (Tabela 4), o material testado neste estudo apresentou maiores variações genéticas (5,75% em DAP e 2,14% em altura). Em apenas dois estudos, dos 18 citados na Tabela 4, foram detectadas maiores variações genéticas em DAP, e apenas três, dos 12 relacionados, apresentaram maior variação genética em altura do que aqui obtidas. A variação genética é uma propriedade dos caracteres nas populações que,

embora possa ser afetada pelo ambiente, depende também do tamanho da amostra. O pequeno tamanho amostral neste estudo (14 e seis progênes da var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, respectivamente) foi suficiente para se detectar variação genética entre progênes em DAP e altura. Nos demais estudos (Tabela 4), com menos que 23 progênes, os coeficientes de variação genética foram menores do que neste trabalho. Salvo algumas exceções, como no caso das 99 progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* (Missio et al., 2004) e *P. caribaea* var. *caribaea* (Silva, 2005), os estudos que apresentaram maior variação genética do que no presente estudo foram conduzidos com 40 ou mais progênes.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos em DAP e altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis*, em Assis-SP.

Table 3. Estimates of genetic parameters for DBH and height in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and *P. caribaea* var. *bahamensis*, at Assis-SP.

Parâmetros	var. <i>hondurensis</i>	var. <i>bahamensis</i>	
	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)
Coeficiente de variação genética – $CV_g$ (%)	2,16	5,75	2,14
Herdabilidade entre progênes – $\hat{h}_m^2$	0,34	0,58	0,37
Herdabilidade individual – $\hat{h}_i^2$ (sistema misto)	0,10	0,25	0,13
Herdabilidade individual – $\hat{h}_i^2$ (meios-irmãos)	0,14	0,33	0,18
Diferença (%)	29,6	26,0	26,0
Herdabilidade dentro de progênes – $\hat{h}_d^2$ (sistema misto)	0,07	0,19	0,29
Herdabilidade dentro de progênes – $\hat{h}_d^2$ (meios-irmãos)	0,12	0,10	0,15
Diferença (%)	39,4	34,7	34,7
Ganho na seleção: $\hat{R}_d$	0,30	1,46	0,35
Ganhos esperados com a seleção: $\hat{R}_d$ (%)	1,44	6,36	1,73
Média da população	20,97	22,92	20,12
Média melhorada: $\bar{X}_{\text{Melhorada}} = \bar{X}_{\text{População}} + \hat{R}_d$	21,28	24,42	20,47

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros genéticos em DAP e altura de algumas espécies de *Pinus* no Brasil.

Table 4. Estimates of genetic parameters for DBH and height in some *Pinus* species in Brazil.

Variável/Varietade	<i>m</i>	Idade (anos)	$CV_g$ (%)	$\hat{h}_i^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_d^2$	Autor
<b>DAP</b>							
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	2	2,4	0,30	0,62	0,28	Sebbenn et al. (1994)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	5	1,9	0,28	0,54	0,24	Sebbenn et al. (1994)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	100	5	6,6	0,50	0,70	0,45	Gurgel Garrido et al. (1996)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	119	13	5,6	0,20	0,56	–	Missio et al. (2004)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	2-10	15	4,6	0,19	0,56	0,14	Sebbenn et al. (2008b)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	22	2,8	0,06	0,27	0,04	Freitas et al. (2005)
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	96	12	4,1	0,19	0,56	0,15	Moraes (2001)
<i>P. caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	99	14	2,3	0,01	0,07	0,01	Silva (2005)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	4	3,4	0,16	0,42	0,13	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	4	5,5	0,41	0,67	0,37	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	4	4,0	0,21	0,50	0,18	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	12	2,4	0,08	0,33	0,07	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	12	3,7	0,22	0,57	0,18	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	90	12	3,8	0,22	0,54	0,19	Romanelli e Sebbenn (2004)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	40	25	8,7	0,46	0,76	0,36	Sebbenn et al. (2008c)
<i>P. maximinoi</i>	9-13	11	1,5	0,04	0,40	0,03	Ettori et al. (2004)
<i>P. tecunumanii</i>	20	7	0,6	0,03	0,22	0,02	Sebbenn et al. (1995)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	6-20	14	1,9	0,02	0,11	0,01	Sebbenn et al. (2005)
<b>Média</b>		–	<b>3,7</b>	<b>0,20</b>	<b>0,47</b>	<b>0,17</b>	
<b>Altura</b>							
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	2	1,8	0,26	0,54	0,25	Sebbenn et al. (1994)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	5	1,1	0,22	0,54	0,18	Sebbenn et al. (1994)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	92	5	3,7	0,29	0,70	0,32	Gurgel Garrido et al. (1996)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	119	13	2,0	0,12	0,41	–	Missio et al. (2004)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	2-10	15	1,7	0,07	0,24	0,08	Sebbenn et al. (2008b)
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	23	22	1,9	0,11	0,45	0,09	Freitas et al. (2005)
<i>P. caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	99	14	1,0	0,01	0,02	0,01	Silva (2005)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	40	25	4,6	0,44	0,68	0,38	Sebbenn et al. (2008c)
<i>P. maximinoi</i>	9-13	11	1,7	0,03	0,23	0,03	Ettori et al. (2004)
<i>P. tecunumanii</i>	20	7	0,8	0,19	0,55	0,18	Sebbenn et al. (1995)
<i>P. patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i>	6-20	14	1,5	0,05	0,22	0,01	Sebbenn et al. (2005)
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	96	12	2,7	0,44	0,50	0,50	Moraes (2001)
<b>Média</b>		–	<b>2,0</b>	<b>0,19</b>	<b>0,42</b>	<b>0,18</b>	

*m* = número de progênies.

### 3.4 Coeficientes de Herdabilidade

A título de comparação, as herdabilidades em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ) e dentro de progênes ( $h_a^2$ ) foram estimadas para duas situações: *i*) considerando que as progênes tenham sido geradas por um sistema misto de reprodução, e *ii*) que as progênes tenham sido geradas por cruzamentos aleatórios em uma população infinita (exclusivamente meios-irmãos) (Tabela 3). Os resultados mostraram que, no caso (*ii*), houve uma superestimativa de, no mínimo, 26% na herdabilidade em nível de plantas individuais e de 34,7% na herdabilidade dentro de progênes (var. *bahamensis*). Progênes de polinização aberta são compostas por misturas de progênes com diferentes graus de parentescos e a pressuposição de que sejam meios-irmãos é inválida (Namkoong, 1966; Squillace, 1974; Ritland, 1989), pois a taxa de cruzamentos tende a ser significativamente menor que a unidade (Matheson et al., 1989) em espécies com sistema misto de reprodução. Portanto, se adotou a suposição de que as progênes, neste estudo, foram geradas em um sistema misto de reprodução.

Em concordância com os coeficientes de variação genética observados, as herdabilidades também apresentaram um padrão semelhante. A estimativa da herdabilidade do DAP foi maior que da altura (Tabela 3). Portanto, se considera que a média do DAP da população descendente poderá ser aumentada mais facilmente do que da altura, mediante seleção de matrizes. Não houve diferença entre variedades quanto às herdabilidades da altura. Em termos de magnitude, comparando os resultados obtidos com os detectados em outras espécies de *Pinus*, as herdabilidades do DAP foram maiores e as da altura foram menores que a média (Tabela 4). As estimativas da herdabilidade do DAP neste estudo encontram-se entre as mais altas observadas, sendo comparáveis às observadas por Sebbenn et al., 1995, 2008b e Missio et al. (2004) em *P. caribaea* var. *bahamensis* e Romanelli e Sebbenn (2004) em *P. elliottii* var. *elliottii*. Para a altura de plantas, as herdabilidades encontram-se próximas às detectadas para *P. caribaea* var. *bahamensis* (Missio et al., 2004; Freitas et al., 2005).

### 3.5 Resposta Esperada com a Seleção

A resposta à seleção depende da variação genética, do controle genético dos caracteres e da intensidade de seleção. Assim, como a variação genética, as herdabilidades no nível individual foram relativamente altas em DAP e baixas em altura em ambas as variedades (Tabela 3). Como o teste envolveu um pequeno número de progênes e a seleção foi apenas dentro de progênes, os ganhos genéticos esperados pela seleção foram moderados para o DAP em *P. caribaea* var. *bahamensis*, (6,36%) e baixos para altura em *P. caribaea* var. *hondurensis* (1,44%) e *P. caribaea* var. *bahamensis* (1,73%). Tais ganhos são esperados em plantios com essas duas espécies aos 13 anos de idade em locais com as mesmas características ambientais do local de ensaio em Assis e realizados com sementes coletadas após o esquema de seleção proposto (seleção dentro de progênes).

## 4 CONCLUSÕES

1. Não existem diferenças em DAP e altura entre as duas espécies.
2. Existe variação genética em altura em ambas as variedades de *P. caribaea*.
3. O crescimento médio das progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis* é substancial.
4. Ambas as espécies têm alto potencial para reflorestamentos na região de Assis.
5. O controle genético do DAP no nível individual e do caráter altura dentro de progênes em *P. caribaea* var. *bahamensis* é substancial, permitindo alterar a média da população por seleção e, portanto, o melhoramento da população.

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Yara Cristina Marcondes, pela excelente revisão gramatical na versão final do artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEAN, C.A.; COTTERILL, P.P.; EISEMANN, R.L. Genetic parameters and gains expected from selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. **Silvae Genetica**, v. 35, p. 229-236, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, D.F.: EMBRAPA; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 1999.

ETTORI, L.C. et al. Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v. 14, n. 1, p. 39-51, 2002.

ETTORI, L.C.; SATO, A.S.; SHIMIZU, J.Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Rev. Inst. Flor.**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2004.

FREITAS, M.L.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade. **Rev. Inst. Flor.**, v. 17, n. 1, p. 103-111, 2005.

GURGEL GARRIDO, L.M.A.; 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. **Rev. Inst. Flor.**, v. 8, p. 89-98, 1996.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.

HODGE, G.R.; DVORAK, W.S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in 48 international trials. **Can. J. For. Res.**, v. 31, n. 3, p. 496-511, 2001.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia da gimnospermas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 158 p.

MATHESON, A.C.; BELL, J.C.; BARNES, R.D. Breeding system and genetic structure in some Central American pine populations. **Silvae Genetica**, v. 38, p. 107-113, 1989.

MORAES NETO, S.P.; FALQUETO, L.L.M.; SOUSA, T.G. **Seleção simultânea de caracteres por indivíduo no melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. Planaltina-DF: EMBRAPA Cerrados, 2007. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 189).

MORAES, M.L.T. **Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barrett e Golfari**. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência em Silvicultura) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

\_\_\_\_\_. et al. Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, v. 74, p. 55-65, 2007.

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**, n. 22/23, p. 29-44, 1991.

NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, v. 12, p. 8-13, 1966.

PERRY JUNIOR, J.P. **The pines of Mexico and Central America**. Portland, Timber Press, 1991. 231 p.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, v. 43, p. 848-859, 1989.

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. **Rev. Inst. Flor.**, v. 16, n. 1, p. 11-23, 2004.

SEBBENN, A.M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, em Assis-SP.

SAS INSTITUTE INC. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO)**. Cary, 1999. 454 p.

SAMPAIO, P.T.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, A.J. Estimativa de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n.11, p.2243-2253, 2000.

SEBBENN, A.M. et al. Variação genética em progênes de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et. Gol. na Região de Bebedouro, SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 6, p. 63-73, 1994.

\_\_\_\_\_. et al. Teste de progênes de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na Região de São Simão, SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 7, n. 2, p. 241-251, 1995.

\_\_\_\_\_. et al. Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São. **Rev. Inst. Flor.**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.

\_\_\_\_\_. et al. Genetic variation in an international provenance-progeny test of *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol., in São Paulo, Brazil. **Silvae Genetica**, v. 57, p.181-187, 2008a.

\_\_\_\_\_.; VILAS BOAS, O.; MAX, J.C.M. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* aos 20 anos de idade em Assis-SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 20, n. 2, p. 103-115, 2008b.

\_\_\_\_\_. Altas herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de polinização aberta de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* aos 25 anos de idade em Assis-SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 20, n. 2, p. 95-102, 2008c.

SHIMIZU, J.Y.; SEBBENN, A.M. Espécies de *Pinus* na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J.Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SILVA, J.M. **Análise genética em progênes de *Pinus caribaea* var. *caribaea* por caracteres quantitativos e marcadores moleculares**. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

SQUILLACE, A.E. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. **Silvae Genetica**, v. 23, p. 149-156, 1974.

WOOLASTRON, R.R.; KANOWSKI, P.J.; NIKLES, D.G. Genotype-environmental interaction in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Queensland, Australia. **Silvae Genetica**, v. 40, p. 224-228, 1991.

WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. Provenance variation of stem volume and wood density of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* growing at two locations in Queensland, Australia. **J. Trop. For. Science**, v. 7, n. 2, p. 243-250, 1994.

ZHENG, Y.; ENNOS, R.; WANG, H. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. and Golf. **Forest Genetics**, v. 1, n. 3, p. 167-174, 1994.