

VARIABILIDADE GENÉTICA ENTRE E DENTRO DE PROCEDÊNCIAS DE PINHEIROS TROPICAIS¹

GIOVANNI CORNACCHIA², COSME DAMIÃO CRUZ³, RITA DE CÁSSIA GONÇALVES BORGES⁴, ISMAEL ELEOTÉRIO PIRES⁵ e PAULO ROBERTO LÔBO⁶

RESUMO - Este trabalho teve como objetivos estimar parâmetros genéticos e avaliar as características de crescimento e forma do tronco de procedências de três espécies de pinheiros tropicais *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari e *Pinus oocarpa* Schiede, na região do Cerrado, por meio das seguintes características: volume sólido sem casca, forma do tronco, bifurcação e foxtail ou rabo-de-raposa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, com informação dentro da parcela. Os resultados das análises de variância indicaram a existência de diferenças significativas ($P < 0,01$ e $P < 0,05$) e não-significativas entre as procedências quanto aos caracteres avaliados. As estimativas de herdabilidade calculadas com os dados da média de procedência no bloco foram sempre maiores que as estimativas calculadas com os valores dos indivíduos dentro da procedência, no bloco e no experimento. O *P. tecunumanii* apresentou melhor desempenho silvicultural que o *P. caribaea* var. *hondurensis* e o *P. oocarpa*.

Termos para indexação: *Pinus tecunumanii*, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*, herdabilidade, caracteres de crescimento.

GENETIC VARIABILITY BETWEEN-AND-WITHIN PROVENANCES OF TROPICAL PINES

ABSTRACT - The objectives of this study were to estimate genetic parameters and to evaluate the growth traits and stem form of tropical pines provenances, in Cerrado region, using yielding and form characters: volume under bark, stem form, forking and foxtailing. The design used was a randomized blocks with five replications with information within the plot. The ANOVA results showed significant ($P < 0.01$ and $P < 0.05$) and non significant differences between provenances for the evaluated traits. Heritability estimates based on block average were always greater than heritability estimates based on individual values. *P. tecunumanii* showed better silvicultural performance than *P. caribaea* var. *hondurensis* and *P. oocarpa*.

Index terms: *Pinus tecunumanii*, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*, heritability, growth traits.

¹ Aceito para publicação em 10 de fevereiro de 1998.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa (UFV).

² Eng. Florestal, M.Sc., Dep. Eng. Florestal, Universidade de Brasília (UnB), CEP 90910-900 Brasília, DF. E-mail: giovanni@prevfogo.ibama.gov.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Genética, UFV, CEP 36570-000 Viçosa, MG.

⁴ Eng. Florestal, Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Eng. Florestal, UFV.

⁵ Eng. Florestal, M.Sc., Prof. Adjunto, Dep. de Eng. Florestal, UFV.

⁶ Eng. Florestal, Florestadora Ypê - Floryl S/A, Fazenda Jatobá, Caixa Postal 28, CEP 73900-000 Posse, GO.

INTRODUÇÃO

A rapidez com que novos pólos de atividades silviculturais têm sido implantados em novas regiões vem ocasionando variações na produtividade dos plantios, principalmente em razão de fatores edafoclimáticos que, ao interagirem com o material genético, levam-no a expressar um comportamento às vezes diverso do esperado. A necessidade de se encontrar soluções para tal problema tem levado os setores da silvicultura à procura de espécies novas, introduzidas na tentativa de se obter maiores índices de produtividade, aliados a uma melhoria na qualidade dos produtos oriundos da floresta cultivada.

O *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz e Perry, sinônimo de *Pinus patula* spp. *tecunumanii* (Eguluz & Perry) Styles, é uma dessas espécies novas que vêm apresentando, em experimentos, em países como Brasil, Porto Rico, Zâmbia e Equador, um grande potencial de produção, notadamente em relação ao volume da madeira e forma do tronco. Esse potencial, aliado à capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes, vem despertando o interesse dos melhoristas florestais, como espécie alternativa para atividades de

florestamento e reflorestamento (Eguiluz-Piedra & Perry Júnior, 1983; Dvorak, 1985; McCarter & Birks, 1985; Wrigth et al., 1986a, 1986b, 1990; Lima, 1991).

Procedente da América Central, o *P. tecunumanii* possui ampla faixa de distribuição natural, que compreende a Nicarágua, El Salvador, Honduras e Chiapas, no México, em altitudes que variam de 600 a 2.400 metros, com uma precipitação oscilando de 1.800 a 2.500 mm anuais, entre latitudes de 13° a 28° Norte (Eguiluz-Piedra & Perry Júnior, 1983; Dvorak & Raymond, 1991).

Este trabalho teve como objetivos estimar os parâmetros genéticos e avaliar as características de crescimento e forma do tronco de procedência de três espécies de pinheiros tropicais, *P. tecunumanii*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, na região do Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas três espécies de pinheiros tropicais: *P. tecunumanii* (Schw.) Eguiluz & Perry (10 procedências), *P. caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari (12 procedências) e *P. oocarpa* Schiede (14 procedências). Como controles, consideraram-se *P. caribaea*, procedências Cpt. 28 Stony L. A. Bayfield e Cpt.15 Carrucham L.A. Bayfield da Austrália, Agudos, SP e Lençóis Paulista, SP e o *P. oocarpa* de Agudos, SP. Detalhes sobre clima e localização geográfica são apresentados na Tabela 1.

A avaliação das procedências foi realizada em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições, representadas por 36 plantas por parcela, no espaçamento 3,0 x 2,0 m. Considerou-se, para fins de medição, apenas as 16 plantas centrais. O experimento foi instalado em dezembro de 1985 na Fazenda Jatobá, município de Correntina, BA, pertencente à Florestadora Ypê - Floryl S.A. Situa-se a uma latitude de 13° e 55' Sul, a 930 metros de altitude, com uma média anual de temperatura de 21,3°C, sob um regime de precipitação média de 1.300 mm anuais. O solo é do tipo Vermelho-Amarelo álico, horizonte A moderado, textura média, fase Cerrado típico e substrato arenito.

Realizaram-se as medições aos 5,5 anos de idade, tendo sido escolhidos para o estudo os seguintes caracteres:

a) forma do tronco (FO), utilizando método de avaliação indireto, baseado em notas de 1 (tronco tortuoso) a 6 (tronco reto), de acordo com Woolaston et al. (1990) e Cornacchia (1994);

b) bifurcação (BF), avaliada com sistema de notas de 1 a 3. As notas de 1 a 2 corresponderam, respectivamente, à presença de bifurcação acima e abaixo de 1,30 m do nível do solo, e a nota 3 à ausência de bifurcação, conforme utilizado por Tovar (1987) e Cornacchia (1994);

c) volume sólido sem casca (VO), por árvore, obtido de acordo com Silva (1979), por meio do uso da fórmula:

$$VO = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2 \times h \times f$$

onde,

VO = volume sólido sem casca;

$\pi = 3,1416$;

DAP = diâmetro do tronco sem casca, em centímetros obtido a 1,30 m do nível do solo;

h = altura total, em metros;

f = fator de forma (0,4).

d) foxtail ou rabo-de-raposa (FT). Considerou-se, para fins de caracterização do fenômeno, todo o internódio com comprimento superior a 1,50 m. Com base nisso, adotou-se o seguinte critério: 1. atribuiu-se o valor de nota seis para árvores isentas de foxtail; 2. a partir do número de ocorrências, ao longo do tronco, de internódios maiores que 1,50 m, calculou-se a nota a ser atribuída à árvore sob avaliação. A nota é o resultado da subtração entre o valor atribuído a uma árvore isenta de foxtail (nota 6) e o número de vezes que internódios maiores que 1,50 m ocorreram ao longo do tronco da árvore avaliada, de acordo com Cornacchia (1994);

e) percentagem de sobrevivência (SB%). Calculada por meio da fórmula :

$$SB\% = \frac{NIV}{NTI} \times 100$$

onde,

NIV = número de indivíduos vivos por procedência;

NTI = número total de indivíduos por procedência.

TABELA 1. Características climáticas e coordenadas geográficas dos locais de origem das espécies/procedências.

| Espécie | Procedência | País | Lat. | Long. | Alt. (m) | Prec. média anual (mm) | Temp. média anual (°C) |
|--------------------|-------------|----------|-----------|-----------|----------|------------------------|------------------------|
| <i>P. caribaea</i> | S. Bárbara | Honduras | 14° 53' N | 88° 11' W | 200-600 | 1.234 | 25,4 |
| <i>P. caribaea</i> | S. Jeronimo | Honduras | 14° 35' N | 88° 35' W | 400-500 | 1.034 | 29,9 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------|------|
| <i>P. caribaea</i> | S. Cruz Yojoa | Honduras | 14° 54' N | 87° 50' W | 400-680 | 2.700 | 23,3 |
| <i>P. caribaea</i> | D. N. Culmi | Honduras | 14° 54' N | 85° 24' W | 400-600 | 1.440 | 23,5 |
| <i>P. caribaea</i> | La Mosquitia | Honduras | 14° 46' N | 83° 46' W | 11-170 | 2.859 | 27,0 |
| <i>P. caribaea</i> | Limón | Honduras | 15° 50' N | 85° 20' W | 20-85 | 2.452 | 26,6 |
| <i>P. caribaea</i> | S.Ant. Cortés | Honduras | 15° 03' N | 88° 00' W | 200-600 | 3.178 | 24,0 |
| <i>P. caribaea</i> | La Brea | Honduras | 15° 45' N | 88° 58' W | 10-400 | 2.630 | 26,6 |
| <i>P. caribaea</i> | Cpt. 28 Stony ¹ | Austrália | 22° 50' S | 150° 45' E | 50 | 1.650 | - |
| <i>P. caribaea</i> | Cpt. 15 Carrucham ¹ | Austrália | 18° 12' S | 145° 42' E | 20 | 2.000 | - |
| <i>P. caribaea</i> | Lenç. Paulista ¹ | Brasil | 22° 00' S | 49° 00' W | 580 | 1.260 | 22,0 |
| <i>P. caribaea</i> | Agudos ¹ | Brasil | 22° 22' S | 48° 52' W | 550 | 1.210 | 21,0 |
| <i>P. oocarpa</i> | Siguatepeque | Honduras | 14° 30' S | 87° 45' W | 1000-1500 | 1.101 | 21,1 |
| <i>P. oocarpa</i> | Zamorano | Honduras | 14° 14' S | 87° 22' W | 1200-1600 | 1.335 | 19,3 |
| <i>P. oocarpa</i> | San Juan | Honduras | 14° 17' S | 88° 21' W | 1100-1400 | 1.274 | 22,4 |
| <i>P. oocarpa</i> | El Volcan | Honduras | 14° 25' S | 87° 32' W | 1200-1500 | 1.035 | 24,6 |
| <i>P. oocarpa</i> | Teupasenti | Honduras | 14° 10' S | 86° 35' W | 700-1100 | 1.302 | 22,9 |
| <i>P. oocarpa</i> | Guaimaca 1 | Honduras | 14° 30' S | 86° 45' W | 900-1200 | 1.484 | 21,8 |
| <i>P. oocarpa</i> | Las Crucitas | Honduras | 13° 50' S | 86° 30' W | 900-1300 | 1.035 | 22,6 |
| <i>P. oocarpa</i> | Las Botijas | Honduras | 14° 20' S | 87° 28' W | 1100-1400 | 1.069 | 19,3 |
| <i>P. oocarpa</i> | Muzula | Honduras | 14° 00' S | 87° 55' W | 900-1300 | 1.673 | 20,7 |
| <i>P. oocarpa</i> | Las Moras | Honduras | 14° 17' S | 87° 43' W | 1200-1600 | 967 | 23,1 |
| <i>P. oocarpa</i> | El Palmital | Honduras | 14° 51' S | 87° 48' W | 800-1200 | 2.865 | 23,3 |
| <i>P. oocarpa</i> | Agudos ¹ | Brasil | 22° 22' S | 48° 52' W | 550 | 1.210 | 21,0 |
| <i>P. oocarpa</i> | Guinope | Honduras | 13° 51' S | 86° 54' W | 1200-1400 | - | 21,1 |
| <i>P. oocarpa</i> | Guaimaca 2 | Honduras | 14° 30' S | 86° 45' W | 900-1200 | 1.482 | 21,8 |
| <i>P. tecunumanii</i> | Villa Santa 1 | Honduras | 14° 11' S | 86° 15' W | 800-1000 | 1.302 | 22,9 |
| <i>P. tecunumanii</i> | S.Francisco | Honduras | 14° 55' S | 86° 05' W | 900-1590 | 1.491 | 25,6 |
| <i>P. tecunumanii</i> | Villa Santa 2 | Honduras | 14° 11' S | 86° 15' W | 800-1000 | 1.302 | 22,9 |
| <i>P. tecunumanii</i> | Jocon | Honduras | 15° 15' S | 86° 47' W | 775-1000 | 1.166 | 24,3 |
| <i>P. tecunumanii</i> | San Steban | Honduras | 15° 11' S | 53° 33' W | 680-1200 | 1.070 | 25,1 |
| <i>P. tecunumanii</i> | Guajiquiro | Honduras | 14° 05' S | 87° 35' W | 1600-2200 | 1.364 | 17,3 |
| <i>P. tecunumanii</i> | Mt. P. Ridge | Belize | 17° 00' S | 88° 55' W | 700 | 2.064 | 21,2 |
| <i>P. tecunumanii</i> | S. Rafael N. | Nicarágua | 13° 14' S | 86° 08' W | 1150-1200 | 1.366 | - |
| <i>P. tecunumanii</i> | La Breiera | Nicarágua | 13° 14' S | 86° 08' W | 1200-1250 | 1.366 | - |
| <i>P. tecunumanii</i> | Yucul | Honduras | 12° 55' S | 85° 47' W | 900-1100 | 1.394 | 22,4 |

¹ Controle.

A análise de variância (Tabela 2), aplicada aos dados de cada grupo de espécie/procedência, foi realizada de acordo com Snedecor & Cochran (1967).

A estimação dos componentes de variância e parâmetros afins seguiu o método proposto por Vencovsky (1969) e Cruz & Pires (1991). Uma vez que as sementes utilizadas, formadas a partir de polinização aberta, foram coletadas por árvore-mãe dentro de cada grupo de procedência, considerou-se a hipótese de que cada grupo de procedência dentro de cada espécie representa um conjunto de famílias de meio-irmãos derivadas de uma população a ser melhorada pela seleção entre e dentro, seguida de recombinação de genótipos superiores. Admitiu-se que a variação entre médias de procedências é a medida da variação entre médias de famílias de meio-irmãos. As percentagens de seleção utilizadas entre e dentro de procedências, para a escolha dos genótipos com as médias mais elevadas, foram de 30% e 50%, respectivamente.

As estimativas das variâncias genéticas entre médias de procedências ($\hat{\sigma}_{ge}^2$) e dentro de procedências ($\hat{\sigma}_{gd}^2$), das variâncias fenotípicas entre ($\hat{\sigma}_b^2$), dentro ($\hat{\sigma}_{we}^2$) e total ($\hat{\sigma}_t^2$), das variâncias genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), de bloco ($\hat{\sigma}_b^2$) e de ambiente ($\hat{\sigma}_e^2$) foram calculadas a partir da esperança dos quadrados médios:

$$\hat{\sigma}_{ge}^2 = \frac{QM3 - QM2}{n.r} = \frac{1}{4} \hat{\sigma}_A^2;$$

$$\hat{\sigma}_{gd}^2 = \frac{3}{4} \hat{\sigma}_A^2 = 3 \times \hat{\sigma}_{ge}^2$$

Com base nas estimativas das variâncias, efetuou-se o cálculo das estimativas dos coeficientes de herdabilidade, tendo como unidades de seleção:

$$\hat{\sigma}_{fe}^2 = \frac{QM3}{n.r}$$

$$\hat{\sigma}_{fd}^2 = QM1$$

$$\hat{\sigma}_{ft}^2 = \hat{\sigma}_{fd}^2 + \hat{\sigma}_{ge}^2 + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_{ge}^2$$

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{QM4 - QM3}{n.g}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QM2 - QM1}{n}$$

TABELA 2. Esquema da análise de variância com respectivas esperanças dos quadrados médios E(QM).

| Fonte de variação | GL ¹ | QM | E(QM) |
|-------------------|-----------------|-----|---|
| Blocos | r - 1 | QM4 | $\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + n\sigma_b^2$ |
| Procedências | g - 1 | QM3 | $\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\sigma_g^2$ |
| Varição entre | (r - 1) (g - 1) | QM2 | $\sigma_d^2 + n\sigma_e^2$ |
| Varição dentro | rg (n - 1) | QM1 | σ_d^2 |

¹r: número de blocos; g: número de procedências; n: número de plantas por parcela.

Médias de procedências, $\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_{ge}^2}{\hat{\sigma}_{ke}^2}$;

Plantas dentro de procedência, $\hat{h}_d^2 = \frac{\hat{\sigma}_{gd}^2}{\hat{\sigma}_{ki}^2}$;

Plantas no experimento, $\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_e^2}$;

Plantas no bloco, $\hat{h}_b^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{(\hat{\sigma}_{ge}^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{ki}^2)}$.

O coeficiente de variação experimental (CV%) foi calculado por meio de:

$$CV\% = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\mu}$$

onde μ é a média do caráter avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho silvicultural

Os resultados das análises de variância encontram-se sintetizados na Tabela 3. As três espécies apresentaram, em média, percentuais de sobrevivência acima de 90% (Tabelas 4, 5 e 6).

Forma do tronco

Os baixos valores dos coeficientes de variação experimental (Tabela 3) indicam boa precisão do método utilizado na avaliação desse caráter, de acordo com Kageyama et al. (1977).

TABELA 3. Estimativas dos quadrados médios, coeficientes de variação e médias de espécies em relação aos caracteres forma do tronco (FO), bifurcação (BF), foxtail (FT) e volume (VO) do estudo de variabilidade genética das três espécies de *Pinus*.

| Fonte de variação | GL | FO | BF | FT | VO |
|---------------------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Quadrado médio | | | | | |
| Blocos | 4 | - | - | - | - |
| Procedências ¹ | | | | | |
| PTE | 9 | 3,1807 ^{ns} | 0,1800 ^{ns} | 1,1729 ** | 0,002268 ** |
| POO | 13 | 7,4278 ** | 0,8508 ** | 0,9708 ^{ns} | 0,000494 * |
| PCH | 11 | 35,325 ** | 0,4144 ^{ns} | 13,663 ** | 0,000980 * |
| Var. entre | | | | | |
| PTE | 36 | 2,2747 | 0,2616 | 0,3979 | 0,000620 |
| POO | 52 | 1,9933 | 0,2983 | 0,7159 | 0,000240 |
| PCH | 44 | 2,4544 | 0,2764 | 3,5908 | 0,000410 |
| Var. dentro | | | | | |
| PTE | 750 | 1,6991 | 0,1725 | 0,3599 | 0,000173 |
| POO | 1050 | 1,3868 | 0,2877 | 0,3593 | 0,000125 |
| PCH | 900 | 1,5723 | 0,2521 | 3,1413 | 0,000166 |
| Médias | | | | | |
| PTE | - | 5,08 | 2,85 | 5,81 | 0,02823 |
| POO | - | 4,49 | 2,77 | 5,76 | 0,02107 |
| PCH | - | 4,25 | 2,70 | 4,23 | 0,02770 |
| Coeficiente de variação | | | | | |
| PTE | - | 5,17 | 2,62 | 0,89 | 18,72 |
| POO | - | 4,34 | 0,93 | 2,59 | 12,75 |
| PCH | - | 5,52 | 1,44 | 3,97 | 14,05 |

¹ PTE: *Pinus tecunumanii*; POO: *Pinus oocarpa*; PCH: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

* p < 0,05.

** p < 0,01.

^{ns} Não-significativo.

Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as procedências de *P. caribaea* e entre as de *P. oocarpa*; não foi detectada pelo teste F diferença significativa entre as procedências de *P. tecunumanii* aos 5,5 anos de idade (Tabela 3).

Uma análise das médias por espécie mostrou que *P. tecunumanii* (Tabela 4) possui melhor forma que *P. oocarpa* e *P. caribaea* (superioridade de 13% e 20%, respectivamente). A avaliação dentro da espécie indicou como melhores, em um máximo de seis pontos, as procedências de S. Rafael N. (5,42), Yucul (5,20) e Guajiquiro (5,16), sendo a pior média obtida pela procedência Mt. P. Ridge (4,67). A variação percentual entre a melhor e a pior média foi de 16%, a qual não caracteriza-se como diferença significativa, conforme indicado na Tabela 3.

TABELA 4. Médias dos caracteres forma do tronco (FO), bifurcação (BF), foxtail (FT), volume (VO) e percentagem de sobrevivência (SB%) avaliadas das procedências de *Pinus tecunumanii*.

| Procedências | FO | BF | FT | VO | SB% |
|---------------|------|------|------|--------|-----|
| Villa Santa 1 | 4,92 | 2,92 | 5,74 | 0,0332 | 92 |
| S. Francisco | 4,95 | 2,84 | 5,82 | 0,0259 | 96 |
| Villa Santa 2 | 5,04 | 2,90 | 5,81 | 0,0372 | 91 |
| Jocón | 5,12 | 2,88 | 5,90 | 0,0285 | 97 |
| S. Stenban | 5,16 | 2,82 | 5,79 | 0,0313 | 98 |
| Guajiquiro | 5,16 | 2,86 | 5,94 | 0,0172 | 90 |
| Mt. P. Ridge | 4,67 | 2,89 | 5,51 | 0,0299 | 94 |
| S. Rafael N. | 5,42 | 2,81 | 5,89 | 0,0264 | 90 |
| La Breiera | 5,12 | 2,81 | 5,77 | 0,0256 | 97 |
| Yucul | 5,20 | 2,77 | 5,89 | 0,0271 | 95 |
| Média | 5,07 | 2,85 | 5,80 | 0,0282 | 94 |

Foi observada grande variação na forma do tronco entre as procedências de *P. caribaea* (Tabela 5). As médias mais elevadas foram obtidas pelos controles Cpt.15 Carruch. L.A. (5,67) e Cpt. 28 Stony L.A. (5,12) originárias de Pomares Clonais, e pela procedência de Agudos e Lençóis Paulista originárias de áreas de produção de sementes, ambas com 4,66 pontos (Tabela 5). A variação percentual entre o melhor controle, Cpt. 15 Carruch. L.A., e a procedência de pior desempenho, Santa Bárbara (3,51) material não-domesticado, foi de 61%.

TABELA 5. Médias dos caracteres forma do tronco (FO), bifurcação (BF), foxtail (FT), volume (VO) e percentagem de sobrevivência (SB%) avaliadas das procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

| Procedências | FO | BF | FT | VO | SB% |
|------------------------------------|------|------|------|--------|-----|
| S. Bárbara | 3,51 | 2,70 | 4,06 | 0,0268 | 96 |
| S. Jerônimo | 3,95 | 2,70 | 3,70 | 0,0229 | 92 |
| S. Cruz Yojoa | 4,02 | 2,64 | 4,40 | 0,0218 | 95 |
| D. N. Culmi | 4,37 | 2,76 | 4,65 | 0,0268 | 100 |
| La Mosquitia | 3,66 | 2,64 | 3,57 | 0,0267 | 95 |
| Limón | 3,85 | 2,54 | 3,94 | 0,0269 | 97 |
| S. Ant. Cortés | 3,66 | 2,72 | 4,21 | 0,0291 | 97 |
| La Brea | 3,84 | 2,69 | 4,27 | 0,0286 | 96 |
| Cpt. 28 Stony L.A. ¹ | 5,12 | 2,77 | 4,39 | 0,0313 | 87 |
| Cpt. 15 Carruch. L.A. ¹ | 5,67 | 2,77 | 5,00 | 0,0352 | 97 |
| Lençóis Paulista ¹ | 4,66 | 2,74 | 3,92 | 0,0284 | 97 |
| Agudos ¹ | 4,66 | 2,77 | 4,60 | 0,0280 | 98 |
| Média | 4,25 | 2,70 | 4,22 | 0,0277 | 95 |

¹ Controle.

Entre as procedências de *P. oocarpa*, o melhor resultado quanto à forma do tronco foi obtido pela procedência Guinope (5,16), seguida de Agudos (5,04) e Guaimaca 2 (4,60), e o pior desempenho foi obtido por El Palmital (4,01) (Tabela 6). A variação percentual entre a melhor e a pior procedência foi de 29,0%.

Uma comparação entre as melhores procedências de cada espécie mostrou que o *P. caribaea* (Cpt. 15 Carruch. L.A.) foi 5% melhor em forma que o *P. tecunumanii* (S. Rafael N.), e 10% melhor que *P. oocarpa* (Guinope). Esse resultado deve ser interpretado com reserva, uma vez que o *P. caribaea* em questão é proveniente de uma rígida seleção genética, em especial quanto à forma. Ao se comparar a melhor procedência não-domesticada de *P. caribaea*, D. N. de Culmi (4,37), com o melhor *P. tecunumanii* a situação se inverte e a diferença a favor de *P. tecunumanii* passa a ser de 24,0%, e a favor de *Pinus oocarpa*, de 18,0%.

A boa qualidade da forma de *Pinus tecunumanii* tem sido relatada por diversos autores (Eguiluz- Piedra & Perry Junior, 1983; Dvorak, 1986; Raymond, 1987; Lima, 1991).

TABELA 6. Médias dos caracteres forma do tronco (FO), bifurcação (BF), foxtail (FT), volume (VO) e percentagem de sobrevivência (SB%) avaliadas das procedências de *Pinus oocarpa*.

| Procedências | FO | BF | FT | VO | SB% |
|---------------------|------|------|------|--------|-----|
| Siguatopeque | 4,55 | 2,58 | 5,80 | 0,0177 | 95 |
| Zambrano | 4,49 | 2,51 | 5,75 | 0,0207 | 87 |
| San Juan | 4,39 | 2,82 | 5,65 | 0,0181 | 97 |
| El Volcán | 4,14 | 2,81 | 5,57 | 0,0229 | 95 |
| Teupasenti | 4,27 | 2,59 | 5,64 | 0,0204 | 95 |
| Guaimaca 1 | 4,39 | 2,81 | 5,67 | 0,0205 | 98 |
| Las Crucitas | 4,37 | 2,80 | 5,82 | 0,0262 | 95 |
| Las Botijas | 4,54 | 2,79 | 5,85 | 0,0204 | 91 |
| Muzula | 4,44 | 2,74 | 5,87 | 0,0191 | 94 |
| Las Moras | 4,45 | 2,80 | 5,81 | 0,0189 | 95 |
| El Palmital | 4,01 | 2,89 | 5,61 | 0,0201 | 94 |
| Agudos ¹ | 5,04 | 2,84 | 5,90 | 0,0221 | 91 |
| Guinope | 5,16 | 2,84 | 5,90 | 0,0251 | 94 |
| Guaimaca 2 | 4,60 | 2,77 | 5,80 | 0,0226 | 95 |
| Média | 4,48 | 2,77 | 5,76 | 0,0211 | 94 |

¹ Controle.

Bifurcação

Uma análise das médias por espécie mostrou que o *P. tecunumanii* com 2,85 pontos em um máximo de 3 (Tabela 4) apresentou a menor incidência de bifurcação, com superioridade de 2,5% e 6,0% em relação a *P. oocarpa* (Tabela 6) e *P. caribaea* (Tabela 5), respectivamente. Somente entre as procedências de *P. oocarpa* foi detectada diferença significativa ($P < 0,01$) (Tabela 3).

As procedências de *P. tecunumanii*, Villa Santa 1 (2,92), Villa Santa 2 (2,90) e Mt. P. Ridge (2,89), superaram os controles de *P. caribaea* e *P. oocarpa*, com 5,0% a menos de bifurcação. Mesmo não existindo diferenças significativas, verifica-se que, quanto ao *P. caribaea*, os melhores resultados foram obtidos pelos controles Cpt.15 Carruch. L.A. (2,77), Cpt. 28 Stony L.A. (2,77) e Agudos (2,77) e a procedência D. N. Culmi (2,76).

A variação percentual entre as procedências de *P. oocarpa* foi bem mais elevada, 15,0% entre a de El Palmital (2,89) e Zamorano (2,51), com o pior desempenho.

Tais resultados corroboram os de Ladrach (1986), que observou na região Andina da Colômbia (1.750 m de altitude) maior percentagem de bifurcação em *P. oocarpa* do que em *P. caribaea*, e os de Tovar (1987), que encontrou uma menor percentagem de bifurcação em *P. tecunumanii*, comparado a *P. oocarpa* e *P. caribaea*, também na Colômbia.

Verificou-se que em geral foi baixa a incidência de bifurcação entre as espécies.

Foxtail

As espécies com menor incidência de foxtail foram o *P. tecunumanii* e *P. oocarpa*, cuja variação percentual em relação a *P. caribaea* foi de 37,0% a menos.

Não se detectou diferença significativa entre as procedências de *P. oocarpa* em relação a essa característica. Diferenças significativas ($P < 0,01$) foram detectadas entre as procedências de *P. tecunumanii* e entre as de *P. caribaea*.

Entre as procedências de *P. tecunumanii*, as melhores médias foram obtidas por Guajiquiro (5,94), Jocón (5,90), S. Rafael N. (5,89) e Yucul (5,89). A procedência Mt. P. Ridge (5,51) foi a que apresentou maior incidência de foxtail (9,0%).

Entre as procedências de *P. oocarpa* não se detectaram diferenças significativas; no entanto verifica-se que o controle de Agudos (5,90) e as procedências de Guinope (5,90), Muzula (5,87) e Las Botijas (5,85), com valores altos, representaram os melhores desempenhos. A média mais baixa foi obtida por El Volcán (5,57).

Em termos de variação percentual, as procedências de *P. tecunumanii* e *P. oocarpa* mostraram 18,0% a menos de incidência de foxtail que *P. caribaea*, cujos melhores resultados foram obtidos por Cpt.15 Carruch. L.A. (5,0) e D. N. Culmi (4,65). O *P. caribaea* de La Mosquitia (3,57) foi a procedência que mostrou a maior incidência de foxtail (60,0%) em suas árvores. Esses resultados não diferem dos obtidos por Wiersum (1973) e Tovar (1987), que encontraram uma maior incidência de foxtail em procedências de *P. caribaea* do que entre as de *P. tecunumanii* ou as de *P. oocarpa*.

Volume

Os valores do teste F indicam a existência de diferenças significativas entre as procedências (Tabela 3), em todas as espécies estudadas. Entre espécies, aos 5,5 anos de idade, a melhor média foi obtida por *P. tecunumanii* (0,0282 m³), seguido de *P. caribaea* (0,0277 m³) e *P. oocarpa* (0,0211 m³). A variação percentual entre a média de *P. tecunumanii* e a de *P. caribaea* foi de 1,8%, e a de *P. tecunumanii* em relação a *P. oocarpa* foi de 34,0%.

Em relação à procedência, o *P. tecunumanii* de Villa Santa 2 (0,0372 m³) superou em 6,0% o controle Cpt.15 Carruch. L.A. (0,0352 m³) e em 42,0% o *P. oocarpa* de Las Crucitas (0,0262 m³). A variação percentual entre o melhor *P. tecunumanii* e a melhor procedência não-domesticada de *P. caribaea*, San Antonio Cortes (0,0291 m³), foi de 28,0%.

Esses resultados concordam com os obtidos por Wright et al. (1986a, 1986b, 1988, 1990) e enfatizam a superioridade em volume, de *P. tecunumanii* em relação a *P. caribaea* e *P. oocarpa*.

Estimativas de herdabilidade

Deve-se ressaltar que os valores de herdabilidade negativos ou próximos de zero foram interpretados como ausência de variação genética aditiva, e considerados como zero, de acordo com Searle (1971) e Silva (1982).

Forma do tronco

A significância da variância genética e o alto coeficiente de herdabilidade, tendo como unidade de seleção a média de procedências, obtido em relação ao *P. caribaea* ($h_m^2 = 0,93$) indica um elevado nível de controle genético atuando nessa característica da espécie (Tabela 7).

As estimativas de herdabilidade tendo como unidades de seleção plantas dentro de procedências ($h_a^2 = 0,78$), plantas no bloco ($h_b^2 = 0,81$) e plantas no experimento ($h_i^2 = 0,80$) foram inferiores à obtida quando a unidade de seleção foi a média de procedências. O mesmo se observa em relação ao *P. oocarpa* ($h_m^2 = 0,73$, $h_a^2 = 0,15$, $h_b^2 = 0,18$ e $h_i^2 = 0,18$).

Esse resultado contraria as expectativas, pois a possibilidade de explorar a fração da variância genética aditiva é maior quando a seleção é praticada dentro de procedências. O motivo pode estar associado ao número de plantas dentro da parcela, ou ainda a um aumento da variância fenotípica, causada por um efeito de competição dentro da parcela.

Entre as procedências de *P. tecunumanii*, o valor da herdabilidade entre ($h_m^2 = 0,28$) mostra que nessa espécie, na localidade do experimento, o nível de controle genético é bem menor que o observado nas duas outras espécies e não há, apesar da excelente forma do tronco, perspectiva de ganho genético significativo com o material disponível.

Os coeficientes de herdabilidade *P. caribaea* e *P. oocarpa* foram mais elevados que os obtidos por Ledig & Withmore (1981) em *P. caribaea* aos 6,5 anos de idade ($h^2 = 0,13$); Otegbeye (1988) em *P. caribaea* aos 10 anos ($h^2 = 0,56$) e Kageyama et al. (1977) em *P. oocarpa* aos 5 anos $h^2 = 0,16$ a 0,23.

Bifurcação

O cálculo das variâncias genotípicas em *P. tecunumanii* resultou em valores negativos, interpretados como zero, não tendo sido estimados os seus coeficientes de herdabilidade.

O coeficiente de herdabilidade entre obtido em *P. caribaea* ($h_m^2 = 0,33$), foi inferior ao de *P. oocarpa* ($h_m^2 = 0,64$). Em ambas as espécies, as estimativas para plantas no bloco, no experimento e dentro de procedências resultaram em valores próximos a zero, indicando baixa variação genética dentro de procedências. Ledig &

Withmore (1981) obtiveram para progênies de *P. caribaea* um coeficiente de herdabilidade para o caráter bifurcação de 0,25.

Foxtail

Os valores dos coeficientes de herdabilidade entre, obtidos em procedências de *P. caribaea* (0,74) e de *P. tecunumanii* (0,67), considerados altos e superiores aos obtidos por Ledig & Withmore (1981), indicam que a seleção praticada contra o efeito foxtail será eficiente na redução deste e, conseqüentemente, na obtenção de ganhos genéticos. Os coeficientes de herdabilidade cujas unidades de seleção foram valores do indivíduo dentro da procedência, no bloco e no experimento foram próximos de zero. Semelhante ao resultado obtido em relação à bifurcação.

O coeficiente de herdabilidade entre, obtido em *P. oocarpa*, foi de 0,26, considerado baixo e interpretado como indicativo de uma maior atuação do componente ambiental sobre o caráter.

Volume

A magnitude dos valores dos coeficientes de herdabilidade entre procedências, verificadas em *P. caribaea* (0,53), *P. oocarpa* (0,51) e *P. tecunumanii* (0,72), quanto ao volume total da árvore sem casca, foi elevada, indicando maior efeito do componente genético. Também quanto a este caráter, os coeficientes de herdabilidade, calculados com base nas outras unidades de seleção, mostram valores inferiores aos obtidos entre procedências.

Os valores obtidos foram superiores ao encontrado por Ledig & Withmore (1981) em *P. caribaea* quanto à de 6,5 anos.

TABELA 7. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade relativas a quatro caracteres das procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii*.

| Caráter | Espécie | Estimador da variância genética ¹ $\hat{\sigma}_{ge}^2$ | Herdabilidade ² | | | |
|-----------------|---------|--|----------------------------|---------|---------|---------|
| | | | h_m^2 | h_d^2 | h_b^2 | h_i^2 |
| Forma do tronco | PCH | ** | 0,93 | 0,78 | 0,80 | 0,80 |
| | POO | ** | 0,73 | 0,14 | 0,18 | 0,17 |
| | PTE | ns | 0,28 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| Bifurcação | PCH | ns | 0,33 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| | POO | ** | 0,64 | 0,07 | 0,09 | 0,09 |
| | PTE | ns | - | - | - | - |
| Foxtail | PCH | ** | 0,74 | 0,12 | 0,15 | 0,15 |
| | POO | ns | 0,26 | 0,03 | 0,033 | 0,03 |
| | PTE | ** | 0,66 | 0,08 | 0,10 | 0,10 |
| Volume | PCH | * | 0,58 | 0,13 | 0,15 | 0,15 |
| | POO | * | 0,51 | 0,07 | 0,09 | 0,09 |
| | PTE | ** | 0,72 | 0,35 | 0,37 | 0,36 |

$\hat{\sigma}_{ge}^2$: estimador da variância genética entre médias de procedências.

h_m^2 : herdabilidade, considerando que a unidade de seleção é a média da procedência no experimento; h_d^2 : herdabilidade, considerando que a unidade de seleção é o valor do indivíduo dentro da procedência; h_b^2 : herdabilidade, considerando que a unidade de seleção é o valor do indivíduo no bloco; h_i^2 : herdabilidade, considerando que a unidade de seleção é o valor do indivíduo no experimento.

CONCLUSÕES

1. Entre as espécies, o *Pinus tecunumanii* é o que apresenta melhor desempenho silvicultural.
2. As procedências de *Pinus tecunumanii* Villa Santa 1, Villa Santa 2, San Steban e Mountain Pine Ridge mostram baixa incidência de bifurcação e de foxtail e rendimento volumétrico superior ao dos controles comerciais.
3. As procedências S. Rafael N., Yucul e Guajiquiro mostram a melhor forma do tronco.

4. Mais de uma procedência de *Pinus tecunumanii* tem potencial para uso na próxima geração de melhoramento.

5. O melhor resultado obtido por *Pinus caribaea* é o do controle Cpt.15 Carruch.L.A, com boa forma do tronco mas com elevada incidência de foxtail e rendimento volumétrico inferior ao do *Pinus tecunumanii*.

6. *Pinus oocarpa* mostra um rendimento volumétrico inferior ao das outras duas espécies.

7. Os valores das estimativas de herdabilidade (h^2) dos caracteres forma do tronco, foxtail, volume e bifurcação são elevados, e indicam a existência de variações e perspectivas de ganhos genéticos por meio da prática de seleção entre procedências.

AGRADECIMENTOS

À Florestadora Ypê - Floryl S.A., por permitir o uso dos dados experimentais, e aos engenheiros florestais Paulo Roberto Lobo e Wanderley V. Pires, pelo inestimável apoio.

REFERÊNCIAS

- CORNACCHIA, G. **Variabilidade genética em procedências de *P.caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari, *P. oocarpa* Schiede e *P. tecunumanii* (Schw.) Eguiluz & Perry na região Oeste do Estado da Bahia.** Viçosa: UFV, 1994. 155p. Tese de Mestrado.
- CRUZ, C.D.; PIRES, I.E. **Curso sobre uso de recursos computacionais em análises de modelos biométricos aplicados ao melhoramento Florestal.** Viçosa: SIF, 1991. 100p.
- DVORAK, W.S. One year provenance/progeny test results of *Pinus tecunumanii* from Guatemala established in Brazil and Colombia. **Commonwealth Forest Review**, v.64, n.1, p.57-65, 1985.
- DVORAK, W.S. Provenance - Progeny testing of *Pinus tecunumanii*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS, 1986, Williamsburg, Virginia. **Conference proceedings** of IUFRO Conference. Williamsburg: IUFRO: CTIP, 1986. 1v, p.300-309.
- DVORAK, W.S.; RAYMOND, R.H. The Taxonomic status of closely related cone pines in Mexico and Central America. **New Forest**, v.4, p.291-307, 1991.
- EGUILUZ-PIEDRA, T.; PERRY JUNIOR, J. *Pinus tecunumanii* una especie nueva de Guatemala. **Ciencia Forestal**, Coyoacán, Mexico, v.4, n.8, p.3-22, 1983.
- KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, 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, 1977.
- LADRACH, W.E. **Comparaciones entre procedencias de siete coníferas en la zona andina al finalizar ocho años.** Cali: Cartón de Colombia S.A., 1986. 4p. (Investigación Forestal, 105).
- LEDIG, F.T.; WITHMORE, J.L. Heritability and genetic correlations for volume, foxtails and other characteristics of Caribbean Pines in Puerto Rico. **Silvae Genetica**, v.30, n.2/3, p.88-92, 1981.
- LIMA, R.T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia, MG. Brasil - Região de Cerrados. 2 - *Pinus patula* spp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p.1-9, 1991.
- McCARTER, P.S.; BIRKS, J.S. *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*: The application of numerical techniques to some problems of its taxonomy. **Commonwealth Forestry Review**, v.64, n.2, p.117-132, 1985.
- OTEGBEYE, G.O. Genetic variation in growth and form characteristics of *Pinus caribaea*. **Silvae Genetica**, v.37, n.5/6, p.231-236, 1988.
- RAYMOND, R.H. **Provenance and progeny test means at three and five years.** Raleigh, NC: CAMCORE, 1987. 50p.
- SEARLE, S.R. **Linear models.** New York: John Wiley & Sons, 1971. 532p.
- SILVA, A.J.A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 1979. 179p.
- SILVA, R.G. **Métodos de genética quantitativa aplicados ao melhoramento animal.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1982. 162p.

- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. 6.ed. Ames, Iowa: Univ. Press, 1967. 593p.
- TOVAR, L.V. **Ensayo de procedencias de *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa* en los llanos orientales de Colombia**. Bogotá: IDERENA, 1987. 15p. (Investigaciones Forestales).
- VENCOVSKY, R. Genética Cuantitativa. In: KERR, W.E. **Melhoramento e Genética**. São Paulo: EDUSP, 1969. cap.1, 301p.
- WOOLASTON, R.R.; KANOWISK, P.J.; NIKLES, D.G. Genetic parameter estimates for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Coastal Queensland, Australia. **Silvae Genetica**, v.29, n.1, p.21-28, 1990.
- WIERSUM, K.F. Some observations on the occurrence of foxtails in young *P. caribaea* plantations of Turrialba, Costa Rica. **Turrialba**, v.23, n.3, p.362-365, 1973.
- WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. Provenance variation of stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* in Puerto Rico. **Turrialba**, v.38, n.2, p.123-126, 1988.
- WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* in Zambia. **Commonwealth Forest Review**, v.65, n.1, p.33-40, 1986a.
- WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. Variation in volume and wood density of eighth provenances of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* in Conocoto - Ecuador, **IPEF**, Piracicaba, v.1, p.55-57, 1990.
- WRIGHT, J.A.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. Variation of stem volume and wood density of provenances of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* at Agudos, São Paulo, Brazil, **IPEF**, Piracicaba, v.32, p.21-23, 1986b.