

## INFLUÊNCIA DA MORTALIDADE NA EFICIÊNCIA DO USO DA VARIÁVEL DAP EM TESTES GENÉTICOS DE PINUS

Edilson Batista de Oliveira<sup>\*</sup>  
Jarbas Yukio Shimizu<sup>\*\*</sup>  
Mariese Carginin Muchailh<sup>\*\*\*</sup>  
Equipe Técnica DURAFLORA<sup>\*\*\*\*</sup>

### RESUMO

Foram estudados os efeitos das mortalidades no diâmetro de plantas adjacentes e sua influência na análise de variância e nos estudos genéticos de *Pinus oocarpa*. As árvores sem falhas vizinhas tiveram um diâmetro médio 2,7% inferior à média geral, enquanto que, as com uma e duas falhas foram superiores em 1,5% e 5,8%, respectivamente. Foram efetuadas correções destes efeitos em cada árvore e realizadas análises de variância e estimativas de parâmetros genéticos. A correção do efeito de mortalidade melhorou a precisão da análise. Porém, ela não alterou, significativamente, as médias das progênies nem as suas hierarquias em DAP. Assim, mesmo em experimentos com mortalidade em torno de 20%, o ajuste para o seu efeito pode ser dispensado, desde que elas tenham ocorrido aleatoriamente. Lém disso, ficou demonstrado que o DAP pode ser adotado como critério de seleção para melhorar a produção volumétrica, dada a eficiência de sua análise, a facilidade na coleta dos dados e, principalmente, a alta correlação genética com o volume.

PALAVRAS-CHAVE: árvores perdidas, progênies, competição, *Pinus oocarpa*.

### THE EFFECT OF MORTALITY ON THE ASSESSMENT OF PINE GENETIC TEST IN DBH.

#### ABSTRACT

A study was carried out to assess the effect of mortality of adjacent trees on the diameter and on the estimates of genetic parameters. Trees without mortality among the surrounding neighbors had diameters 2.7% smaller than the general mean; those with one and two dead trees among the surrounding neighbors were, respectively, 1.5% and 5.8% larger in diameter than the general mean. The adjustment of individual measurements according to the existence of mortality in the vicinity improved the precision of the analysis of variance. However, it did not significantly change the progeny means or their ranks. Therefore, even with about 20% mortality,

---

\* Eng.-Agrônomo, M.Sc., CREA n° 1211/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Eng.-Florestal, Pd.D., CREA n° 26.763/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\* Eng.-Agrônoma, B.Sc., Bolsista do CNPq - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\*\* Equipe Técnica DURAFLORA, Jundiaí, SP.

there is no need to adjust for its effect on Dbh as long as it occurs randomly throughout the experiment. It was also shown that Dbh can be used as a selection trait to obtain indirect genetic gains in volume.

KEY-WORDS: progenies, competition, *Pinus oocarpa*.

## 1. INTRODUÇÃO

Em experimentos com espécies arbóreas, o crescimento em maior proporção de uma árvore em relação à sua vizinha implica em sua maior demanda de água, luz e nutrientes, afetando, assim, as árvores mais próximas. A mortalidade de árvores, principalmente em idades jovens, beneficia as plantas próximas, especialmente no crescimento em diâmetro. Isto tem levado a algumas restrições na utilização da variável DAP (diâmetro à altura do peito) nos programas de seleção para o melhoramento genético. Geralmente, prefere-se selecionar as árvores pela altura, por ser esta variável considerada menos afetada pela variação no espaçamento, apesar das dificuldades operacionais e erros na sua mensuração.

O diâmetro pode ser medido com maior precisão do que outras variáveis e os erros na sua estimativa podem ser reduzidos com a utilização de instrumentos e métodos adequados. Isto é muito importante porque o diâmetro é uma variável que afeta o volume quadraticamente, enquanto que a altura afeta linearmente. (LOETSCH et al. 1973).

A perda de plantas em experimentos pode ter, muitas vezes, seus efeitos amenizados com ajustes por covariância. Com a cultura do milho, MORAIS et al. (1986) demonstraram que a análise de covariância é um método eficiente na correção do rendimento das parcelas com números de plantas variados. Essa análise é aplicada corrigindo-se a produção para o estande ideal. Entretanto, nos experimentos de melhoramento de espécies florestais, a covariância poderá ter baixa eficiência por corrigir apenas os efeitos na própria parcela em que ocorreram as perdas. Isto ocorre porque experimentos desse tipo raramente têm bordaduras nas parcelas e, assim, uma falha tende a afetar, também, as árvores das parcelas vizinhas que, por sua vez, não levam em conta estes ajustes. Portanto há necessidade de estabelecer um procedimento que amenize os efeitos das falhas em testes genéticos para que a avaliação das progênies não seja prejudicada, principalmente quando esta é baseada no diâmetro do tronco.

Neste trabalho, utilizando um teste de progênie de *Pinus oocarpa*, foram estudados os efeitos da mortalidade de árvores sobre o diâmetro das árvores adjacentes e sua influência na análise de variância, na estimativas de parâmetros genéticos e nas médias das progênies.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um experimento com 92 progênies de *P. oocarpa* e oito testemunhas, totalizando 100 tratamentos.

O experimento foi instalado no município de Agudos-SP em 1979. O delineamento era um lattice 10 x 10 com três repetições e dez plantas por parcela no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m. A mortalidade do povoamento ficou em torno de 20% desde o terceiro ano após o plantio (Tabela 1).

**TABELA 1. Declínio da sobrevivência no teste de progênie de *Pinus oocarpa* no decorrer dos anos após o plantio.**

	Anos após o plantio						
	1	2	3	4	5	6	9
% Sobrevivência	82,4	81,3	80,1	80,1	79,8	78,2	78,2

Para este estudo, foram utilizadas as mensurações aos dez anos após o plantio.

As análises de variância foram realizadas, inicialmente, no delineamento em lattice com observações dentro das parcelas (STEEL & TORRIE 1983). Entretanto, como o quadrado médio dos blocos (ajustados) dentro de repetições foi menor do que o quadrado médio do erro intra-bloco, o experimento foi analisado pelo processo usual de análise de delineamentos em blocos ao acaso, segundo o modelo:

$$Y_{ijk} = m + p_i + b_j + e_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk}$  = efeito da  $ijk$ -ésima observação;  $m$  = média geral;  $p_i$  = efeito da  $i$ -ésima progênie;  $b_j$  = efeito de  $j$ -ésimo bloco;  $e_{ij}$  = erro experimental associado à  $i$ -ésima progênie no  $j$ -ésimo bloco;

$\epsilon_{ijk} \sim \overline{N}(0, \sigma^2)$ , considerando os efeitos das progênies fixos.

Foram estimadas as herdabilidades no sentido restrito a nível de médias de famílias ( $h^2_f$ ) e a nível de indivíduo ( $h^2_i$ ), segundo as expressões:

$$h^2_f = \frac{V_p}{V_p + (V_E)/b} \quad e$$

$$h^2_i = \frac{3V_p}{V_p + V_b + V_e + V_d}$$

onde:

$V_p$  = variância entre progênies

$V_b$  = variância entre blocos

$V_E$  = variância do erro experimental

$V_d$  = variância dentro de parcelas

$V_e$  = variância entre parcelas

Para o cálculo de herdabilidade no sentido restrito a nível de indivíduo, considerou-se que a relação entre a variância entre progênes de polinização livre e a variância genética aditiva é  $V_p = V_A/3$ , conforme SQUILLACE (1974).

Foi estimada, também, a correlação genética entre DAP e volume pela fórmula abaixo, para avaliar a possibilidade de realizar seleções pelo DAP para obter ganhos genéticos indiretos em volume:

$$r_p(x, y) = \frac{COV_{p(x, y)}}{\sqrt{V_{px} \cdot V_{py}}}$$

onde:

$COV_{p(x, y)}$  = Covariância entre progênes nas variáveis x e y  
 $V_{px}$  = Variância entre progênes da variável x  
 $V_{py}$  = Variância entre progênes da variável y

O modelo de variância pode ser escrito, também, como:

$$Y_{ijk} = \bar{Y}_{...} + (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) + \epsilon_{ijk}$$

onde:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_{...} &= m \\ (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) &= p_i \\ (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}) &= b_j \\ (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) &= e_{ij} \end{aligned}$$

O erro amostral ou resíduo  $\epsilon_{ijk}$  é a diferença entre o valor observado ( $Y_{ijk}$ ) e o valor predito ( $\hat{Y}_{ijk}$ ). Logo:

$$\hat{Y}_{ijk} = \bar{Y}_{...} + (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}) + (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) \quad e$$

$$\epsilon_{ijk} = Y_{ijk} - \hat{Y}_{ijk}$$

No valor dos resíduos estão incorporados o efeito das falhas das plantas adjacentes da própria parcela ou de parcelas vizinhas. Assim, considerando  $E_L$  como este efeito com L variando de 1 a 3, representando, respectivamente, nenhuma falha, uma e duas falhas, o modelo pode ser assim reestruturado:

$$\epsilon_{ijk} = E_L + \epsilon_{ijkL}$$

Efeitos de três e quatro falhas não foram estimados devido à reduzida ocorrência destes casos.

Os valores de  $E_L$  foram obtidos pela expressão:

$$E_L = (\bar{Y}_{ijk} - \bar{Y}_{...})$$

Esse valor foi utilizado para o ajuste do diâmetro das árvores, adicionando, para cada árvore, o seu valor  $E_L$  correspondente. Essa correção deve ser realizada com os cuidados semelhantes aos tomados nos ajustes por covariância, para que testes de progênie com sobrevivência demasiadamente reduzida ou com deficiência na casualização e no controle local não fiquem comprometidos pelas distorções que suas mensurações podem representar quanto ao valor de cada progênie.

Para comparação, foi efetuada a simulação dos efeitos das falhas em plantios de *Pinus elliottii* e *P. taeda* com o programa SisPinus (Simulador de Crescimento e Produção de *P. elliottii* e *P. taeda* Estabelecidos no Sul do Brasil) (OLIVEIRA et al. 1989). Esta simulação foi realizada para diferentes idades, alturas dominantes e espaçamentos iniciais dos povoamentos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As árvores do experimento tiveram um DAP médio de 20,64 cm (Tabera 2).

As árvores sem falhas vizinhas tiveram um diâmetro médio 2,7% inferior à média geral, enquanto que, com uma e duas falhas, seus diâmetros foram superiores 1,5% e 5,86%, respectivamente, em relação à média.

**TABELA 2. Número e dimensão das árvores observadas e efeitos de folhas ( $E_L$  nas plantas adjacentes.**

	Número de Árvores	DAP Médio (cm)	Efeito de falhas ( $E_L$ ) (cm)
Sem falhas	1103	20,08	- 0,56
Uma falha	842	20,95	0,31
Duas falhas	300	21,85	1,21
Média Geral	-	20,64	-
<b>Total</b>	<b>2227</b>		

Os efeitos de falhas obtidos neste trabalho são médios para toda as progênies estudadas. É possível que estes efeitos variem entre progênies. Entretanto, um estudo neste sentido não foi possível devido ao número reduzido de plantas por progênie.

O ajuste do DAP para contornar o efeito das falhas contribuiu para reduzir a variância dentro de famílias, aumentar a precisão das estimativas dos componentes de variância da progênie e, conseqüentemente, das estimativas das herdabilidades (Tab. 3). Porém, mesmo com mortalidade de aproximadamente 20% das árvores, desde os primeiros anos após o plantio, as diferenças entre as estimativas ajustadas e não ajustadas, aos 10 anos, não foram expressivas (Tab. 3). Isto pode ter ocorrido não só pela magnitude dos efeitos de falhas mas também, devido à estimativa do efeito "sem falha" ser negativa e dos efeitos "uma" e "duas falhas" serem positivas, resultando em uma compensação aproximada. Outra circunstância que pode ter levado a esse resultado foi a mortalidade de 22% das árvores aos 10 anos, bem distribuídas pela área experimental. Para mortalidades superiores a esta, ou perda de planta com distribuição não aleatória, é provável que o ajuste dos diâmetros pelos seus valores correspondentes dos efeitos de falha torne-se necessário.

Comparando as estimativas dos componentes de variância do DAP com as da altura, observou-se maior eficiência da primeira variável. No caso da herdabilidade a nível de famílias e a nível de plantas individuais, esses valores para o DAP foram superiores em aproximadamente 46% em relação à da altura. A estimativa da correlação genética entre DAP e volume, aos dez anos após o plantio, foi de  $r_{(D;V)}=0.98$ , enquanto que a correlação genética entre a altura e o volume foi de  $r_{(H;V)}=0.93$ , indicando que a seleção das árvores para se obter ganhos em volume poderá ser feita pela variável DAP, com a vantagem de esta ser altamente eficiente no discernimento entre progênies. Os valores percentuais dos efeitos de falhas do exemplo estudado não apresentaram grandes diferenças em relação aos valores simulados para *P. taeda* e *P.elliottii* (Tabela 4). O efeito das falhas aumentou em idades mais avançadas, em sítios melhores e, também, em espaçamentos menores (Tabela 4 e 5). Todos esses aumentos podem ser explicados pela precocidade de competição em melhores sítios e em povoamentos mais densos.

**TABELA 3. Análise de variância e estimativas de componentes de variância para DAP real, DAP ajustado e altura aos 10 anos.**

ŔV	GL	QM DAP	QM DAP Ajustado	QM Altura
Blocos	2	1,1132	0,9994	11,5260
Progênie	99	8,6672	8,5403	2,3269
Erro entre	198	3,4601	3,3993	1,2361
Erro dentro	199	14,5162	13,7854	4,3436
<hr/>				
CV%		9,01	8,96	6,28
Vp		1,7357	1,7137	0,3636
VE		3,4601	3,3993	1,2661
Vb		0,0000	0,0000	0,1029
h <sup>2</sup> f		0,6008	0,6019	0,4139
Vd		14,5162	13,7854	4,3436
h <sup>2</sup> i		0,2851	0,2934	0,1944

Caso os espaçamentos não sejam quadráticos, o efeito de falhas deverá ser estimado com base na distância entre plantas ou seja, entre e dentro das linhas.

TABELA 4. DAP simulados pelo programa SisPinus para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, com espaçamento de 3 m x 3 m para diferentes idades, sítios e diferentes números de falhas nas ad-jacências.

		Altura dominante aos 15 anos					
		17		20		23	
Idade (anos)	Falhas	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>
05	0	8,3 (2,41)	8,1 (2,47)	9,9 (2,61)	9,7 (3,09)	11,5 (3,03)	11,3 (3,54)
	1	8,5 (1,18)	8,3 (2,41)	10,2 (1,96)	10,0 (3,00)	11,8 (2,54)	11,7 (3,42)
	2	8,6	8,5	10,4	10,3	12,1	12,1
10	0	15,7 (4,46)	15,9 (5,03)	18,0 (5,0)	18,2 (5,49)	20,1 (5,47)	20,3 (5,91)
	1	16,4 (3,05)	16,7 (3,59)	18,9 (4,23)	19,2 (4,69)	21,2 (4,72)	21,5 (5,11)
	2	16,9	17,3	19,7	20,1	22,2	22,6
15	0	20,3 (5,42)	20,7 (6,28)	22,9 (6,11)	23,3 (6,87)	25,2 (7,14)	25,5 (7,45)
	1	21,4 (4,67)	22,0 (5,0)	24,3 (5,35)	24,9 (5,62)	27,0 (5,55)	27,4 (6,20)
	2	22,4	23,1	25,6	26,3	28,5	29,1
20	0	23,6 (5,93)	24,1 (7,05)	26,3 (6,84)	26,8 (7,46)	28,7 (7,66)	29,1 (8,25)
	1	25,0 (5,20)	25,8 (5,81)	28,1 (5,69)	28,8 (6,60)	30,9 (6,15)	31,5 (6,67)
	2	26,3	27,3	29,7	30,7	32,8	33,6

(Valores entre parênteses representam o acréscimo percentual entre falhas 0 e 1 e 1 e 2)



TABELA 5. DAP simulados pelo programa SisPinus para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, aos 10 anos de idade em diferentes sítios, espaçamentos e número de falhas nas adjacências.

		Altura dominante aos 15 anos					
		17		20		23	
Espaçamento	Falhas	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>
2,5 x 2,5	0	14,9 (4,69)	14,9 (5,37)	17,0 (5,29)	17,0 (5,88)	18,8 (6,38)	18,8 (6,38)
	1	15,6 (3,20)	15,7 (3,82)	17,9 (3,35)	18,0 (3,33)	20,0 (3,35)	20,0 (4,00)
	2	16,1	16,3	18,5	18,6	20,7	20,8
2,0 x 2,0	0	13,7 (6,57)	13,6 (5,08)	15,5 (6,45)	15,3 (7,19)	17,2 (6,39)	16,9 (7,10)
	1	14,6 (3,42)	14,4 (4,17)	16,5 (4,24)	16,4 (3,66)	18,3 (4,37)	18,1 (4,42)
	2	15,1	15,0	17,2	17,0	19,1	18,9

(Valores entre parênteses representam o acréscimo percentual entre as falhas 0 e 1 e 1 e 2)

#### 4. CONCLUSÕES

O ajuste dos DAPs pelos respectivos efeitos de falhas é um expediente que contribui para reduzir a variância do erro experimental. Porém, esses efeitos não chegaram a afetar, de forma significativa, as estimativas da herdabilidade. Portanto, mesmo que haja falhas em torno de 20%, em teste de progênie de *Pinus*, se elas forem aleatoriamente distribuídas, não haverá necessidade de efetuar os ajustes descritos, para efeito de seleção.

O DAP é uma variável que pode ser utilizada para selecionar as árvores, visando à obtenção de ganhos genéticos indiretos em volume, com as vantagens de ser fácil de medir, ser eficiente na distribuição entre famílias e ter alta correlação genética com o volume.

#### 5. REFERÊNCIAS

- LOETSCH, F.; ZOHRER, F. & HALLER, K.E. **Forest inventory**. Munich, BLV, Verlagsgesellschaft, 1973. v.2.
- MORAIS, A.R.; OLIVEIRA, A.C. & CRUZ, J.C. Comparação e métodos de correção de produção de milho em parcelas experimentais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. **Relatório Técnico Anual do CNPMS 1980-1984**. Sete Lagoas, 1986a p.130.
- OLIVEIRA, Y.M.M.; OLIVEIRA, E.B. & HAFLEY, W.L. **SisPinus - Simulador de crescimento e de produção para plantios de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* sob manejo no sul do Brasil**. Trabalho apresentado no Encontro Brasileiro de Planejamento Florestal, 1., Curitiba, 1989, no prelo.
- SQUILLACE, A.E. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. **Silvae genetica**, Frankfurt, **23**:149-156, 1974.

STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics, with special reference to the biological sciences.** New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481p.