

**EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE EM CLONES DE  
*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake<sup>1</sup>**

**EFFICIENCY OF EARLY SELECTION IN  
*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake CLONES**

João Gabriel Zanon PALUDETO<sup>2</sup>; Regiane Abjaud ESTOPA<sup>3</sup>;  
Evandro Vagner TAMBARUSSI<sup>2,4</sup>

**RESUMO** – Esta pesquisa objetivou estimar a eficiência da seleção precoce em clones de *Eucalyptus* “urograndis”. Para isto, avaliou-se um teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake localizado no município de Telêmaco Borba, PR. O diâmetro à altura do peito – DAP (centímetros) e altura – ALT (metros) foram mensurados aos três e aos nove anos e meio de idade. O experimento foi delineado em blocos completos casualizados com 68 tratamentos (Clones), sendo quatro testemunhas (materiais operacionais). Os ganhos foram estimados por meio dos valores genotípicos obtidos pelos BLUPs nas intensidades de seleção de 10% e 30%. Os componentes de variância, estimados via método REML, foram utilizados na estimação dos parâmetros genéticos. O coeficiente de herdabilidade média de clones ( $\hat{h}_c^2$ ) para os caracteres mostrou-se semelhante (0,88 e 0,91 para DAP e 0,72 e 0,89 para H aos três e nove anos e meio, respectivamente) nas duas idades avaliadas e superior ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2$ ). Os ganhos genéticos variaram de 3,25% para H a 20,58% para DAP aos três anos. A eficiência da seleção precoce – ESP chegou a 100%, mostrando-se eficaz. As correlações genotípicas ( $\hat{r}_g$ ) variaram entre 0,64 (DAP aos três anos x H aos nove anos e meio) a 0,79 (DAP aos três anos x H aos três anos). Desse modo, recomenda-se realizar a seleção precoce aos três anos de idade para ambas as intensidades de seleção, o que proporcionará então, ganhos muito próximos aos da seleção direta.

Palavras-chave: teste clonal; correlações genotípicas; ganhos genéticos; BLUP.

**ABSTRACT** – This research aimed to estimate the early selection efficiency in clones of *Eucalyptus* “urograndis”. So, a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake located in the city of Telêmaco Borba, PR, was evaluated. The diameter at breast height – DBH (centimeters) and height – H (meters) were measured at three and nine and a half years of age. The experiment was a randomized block design with 68 treatments (Clones), four of which were the control (operational material). The gains were estimated using the genotypic value obtained by BLUPs at selection intensities of 10% and 30%. The average heritability of clones ( $\hat{h}_c^2$ ) for the characteristics were similar (0.88 e 0.91 for DBH and 0.72 e 0.89 for H at three and nine and a half years of age, respectively) at the two evaluated ages and greater than broad sense heritability ( $\hat{h}_g^2$ ).

<sup>1</sup>Recebido para análise em 24.06.2017. Aceito para publicação em 30.10.2017.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000, Irati, PR Brasil.

<sup>3</sup>Klabin S.A, Avenida Brasil, nº 26, Bairro Harmonia, 84275-000, Telêmaco Borba, PR, Brasil.

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Evandro Vagner Tambarussi – tambarussi@gmail.com

The efficiency of early selection – ESP reached values of 100%, proving to be effective. Genotypic correlations ( $\hat{r}_g$ ) ranged from 0.64 (DBH at three years x H at nine years and a half) to 0.79 (DBH at three years x H at three years). Thus, it is recommended to perform the early selection at three years of age for both selection intensities, providing gains very close to those of the direct selection.

Keywords: clonal test; genetic correlations; genetic gains; BLUP.

## 1 INTRODUÇÃO

No ano de 2015, o Brasil manteve a liderança no ranking global de produtividade florestal (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016). Os plantios de eucalipto oriundos de empresas florestais brasileiras atingiram uma produtividade média de 36 m<sup>3</sup>/ha/ano, sendo que nos últimos cinco anos a produtividade aumentou em média 0,7% ao ano (IBÁ, 2016). Desde 1980, a eucaliptocultura brasileira baseia-se, principalmente, no cultivo do híbrido *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, conhecido popularmente como *Eucalyptus* “urograndis” (Braga, 2008). Esse híbrido reúne características de rápido crescimento em altura, atribuída à espécie *E. grandis*, e alto incremento diamétrico, atribuído à *E. urophylla*, resultando em maior rendimento e qualidade da madeira (Brigatti et al., 1980).

O aumento de produtividade das plantações de eucaliptos está relacionado ao avanço do conhecimento das técnicas silviculturais e ao avanço dos programas de melhoramento genético. As técnicas de hibridação e clonagem foram de grande importância no avanço do melhoramento florestal. Com a seleção de indivíduos para clonagem, a variância genética total ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) é totalmente aproveitada, possibilitando atingir o ganho máximo em uma geração de melhoramento (Higashi et al., 2000; Bison, 2004; Teixeira et al., 2013).

Considerada uma etapa fundamental do melhoramento florestal, o teste clonal consiste em um ensaio que visa confirmar e comparar o desempenho de clones selecionados, a partir de um delineamento experimental pré-estabelecido, situados em locais que representem as condições para futuros plantios operacionais (Flampton e

Foster, 1993). Além de avaliar o desempenho de diferentes clones, os testes clonais têm por objetivo estudar a interação “clone x ambiente” e estimar parâmetros genéticos a fim de demonstrar a performance da futura floresta clonal (Xavier et al., 2009).

Um ciclo de seleção clonal pode durar de sete a oito anos para os eucaliptos. Assim, uma ferramenta muito útil na redução desse tempo é a seleção precoce (Tambarussi et al., 2017). Essa técnica proporciona maior rapidez aos programas de melhoramento, diminuindo o tempo do ciclo de seleção e, conseqüentemente, aumentando o ganho por unidade de tempo (Pereira et al., 1997; Gonçalves et al., 1998). Diversos autores vêm-se preocupando com a eficiência da seleção em espécies florestais, e concordam que, para aumentar o ganho genético por unidade de tempo, a seleção precoce é importante na maioria dos programas de melhoramento (Kageyama, 1983; Diao et al., 2016; Tambarussi et al., 2017). A correlação em diferentes idades é uma estimativa que norteia a definição da aplicação ou não de seleção precoce (Kageyama e Vencovsky, 1983; Lambeth, 1980; Magnussen, 1988; Diao et al., 2016). A correlação pode ser estimada fenotípica ou genotipicamente, sendo definida como uma quantificação da magnitude da associação genotípica de caracteres entre indivíduos (Falconer e Mackay, 1996).

Desse modo, a presente pesquisa teve por objetivo estimar a correlação fenotípica e genotípica entre as idades em clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, bem como estimar os ganhos com a seleção e a eficiência da seleção precoce.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material Experimental

Os dados utilizados foram cedidos pela empresa Klabin S/A. e são oriundos de um teste clonal de *Eucalyptus grandis*, W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. O material genético de *E. grandis*, que foi utilizado neste experimento, é originário de *Coffs Harbour* – NSW, Austrália, e o de *E. urophylla*, de Ilha das Flores, Indonésia. A empresa implantou este teste na fazenda Monte Alegre (24°20'15"S, 50°24'40"W, a 750 m de altitude e relevo plano), localizada no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná. Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima enquadra-se como Cfb, (temperatura média do mês mais frio de 16,3 °C, temperatura média do mês mais quente de 23,2 °C e média anual de precipitação pluviométrica de 1.478 mm). O ensaio foi implantado em Latossolo Vermelho Distrófico Típico, no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m com 64 clones de *E. "urograndis"*, e quatro testemunhas, sendo dois clones de *E. grandis*, um de *E. saligna* Sm. e um de *E. "urograndis"*. O delineamento utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com 30 repetições e uma planta por parcela, totalizando 2.040 indivíduos em uma área de 1,84 ha. No experimento, foram avaliados os caracteres altura total – ALT (metros) e diâmetro à altura do peito diâmetro à altura do peito – DAP (centímetros) aos três e aos nove anos e meio de idade.

### 2.2 Análise de Variância (ANOVA)

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos, bem como o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias do experimento, ambos com o auxílio do software estatístico SAS (SAS, 1999).

Para testar a hipótese da existência de variância genética total entre os clones, foi realizada análise de variância para cada caractere. O delineamento usado foi o de blocos ao acaso segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + B_j + e_{ij}$$

Em que:  $Y_{ij}$  é o valor fenotípico do  $j$ -ésimo bloco, do  $i$ -ésimo clone;  $\mu$  é a média geral;  $c_i$  é efeito do  $i$ -ésimo clone, considerado como aleatório;  $b_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo bloco;  $e_{ijk}$  é o efeito da interação entre o  $i$ -ésimo clone e o  $j$ -ésimo bloco (erro entre).

A análise de variância foi estruturada a fim de estimar os seguintes parâmetros genéticos e ambientais:  $\hat{\sigma}_g^2$  = análogo da variância genética entre clones e  $\hat{\sigma}_e^2$  = variância ambiental pelo método REML (Máxima Verossimilhança Restrita) utilizando o procedimento MIXED do software estatístico SAS (SAS, 1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para 64 clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e quatro testemunhas (dois clones de *Eucalyptus grandis*, um de *Eucalyptus saligna* e um de *E. "urograndis"*) e seus respectivos componentes de variância.

Table 1. Analysis of variance for 64 clones of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake and four checks (two clones of *Eucalyptus grandis*, one of *Eucalyptus saligna* and one of *E. "urograndis"*) and their respective components of variance.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	QM	E(QM)
Blocos	I-1	QM <sub>b</sub>	–
Clones	J-1	QM <sub>g</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + K\hat{\sigma}_g^2$
Erro entre	(I-1) (J-1)	QM <sub>e</sub>	$\hat{\sigma}_e^2$
Total	JI-1	–	–

### 2.3 Estimativas de Parâmetros Genéticos

As análogas das herdabilidades no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2 = \frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2}$ ) e média de clones ( $\hat{h}_c^2 = \frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{K}}$ ) foram estimadas a partir das variâncias previamente obtidas.

A acurácia ( $\hat{r}_{ac}$ ) foi estimada segundo Resende (2002). Este autor diz que ao considerar os efeitos de tratamentos como aleatórios, o estimador da acurácia é dado por:  $\hat{r}_{ac} = \sqrt{\frac{b\hat{h}_c^2}{1+(b-1)\hat{h}_c^2}}$ , em que  $b =$  é o número de blocos e  $\hat{h}_c^2 = \sqrt{\frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{K}}}$ .

Da fórmula anterior, obtemos que a acurácia é dada por  $\hat{r}_{ac} = \sqrt{\hat{h}_c^2}$ . O coeficiente de variação genotípico ( $CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\phi}_g^2}}{\bar{m}} \cdot 100$ ) e o coeficiente de variação experimental ( $CV_e = \frac{\sqrt{Qm_{residuos}}}{\bar{m}} \cdot 100$ ) também foram estimados.

### 2.4 Estimativa de Ganhos e Correlações

Os ganhos foram estimados nas intensidades de seleção de 10% e 30%, por se tratar de procedimento-padrão da empresa. Essas estimativas foram realizadas a partir dos valores genotípicos obtidos pelo método BLUP (Melhor Predição Linear não Viesada) utilizando o PROC MIXED (SAS, 1999). As correlações fenotípicas foram estimadas empregando o PROC CORR implementado também no software estatístico SAS (1999), que utiliza a correlação de Pearson como procedimento-padrão. As correlações genotípicas ( $\hat{r}_g$ ) entre os caracteres nos diferentes anos foram avaliadas em nível de médias de parcelas, usando a equação:

$$\hat{r}_g = \frac{\hat{\phi}_{g(x,y)}^2}{\sqrt{\hat{\phi}_{gx}^2 \hat{\phi}_{gy}^2}}$$

sendo:

$\hat{\phi}_{gx}^2$ ,  $\hat{\phi}_{gy}^2$  = estimadores do componente quadrático associado à variância genotípica dos caracteres X e Y respectivamente;

$\hat{\phi}_{g(x,y)}^2$  = produtório genotípico cruzado dos caracteres x e y, obtidos pela relação:

$$\hat{\phi}_{g(x,y)}^2 = \frac{PMC_{x,y} - PMR_{x,y}}{r}$$

Em que:

$PMC_{x,y}$ ,  $PMR_{x,y}$  = produtos médios de clones e do resíduo, respectivamente, para a variável XY;

$r$  : número de repetições.

A fim de estimar os produtos médios de clones e dos resíduos para a estimativa do produtório genotípico cruzado, deve-se criar a variável XY, que consiste na somatória dos valores de X e Y e posterior obtenção dos quadrados médios para o seguinte método de estimação:

$$PMC_{x,y} = COV_g(X,Y) = \frac{QMC_{xy} - (QMC_x + QMC_y)}{2};$$

$$PMR_{x,y} = COV_r(X,Y) = \frac{QMR_{xy} - (QMR_x + QMR_y)}{2}.$$

Em que:

$QMC_x$  e  $QMR_x$  = quadrados médios dos clones (genotípico) e dos resíduos para X, respectivamente;  $QMC_y$  e  $QMR_y$  = quadrados médios dos clones (genotípico) e do resíduo para a variável XY.

Para avaliar a eficiência da seleção precoce (ESP), foi utilizada a metodologia de Cruz e Regazzi (1994):

$$ESP = \frac{GS_{j(i)}}{GS_j}$$

Em que:

$GS_{j(i)}$  = ganho indireto no caractere j a partir da seleção no caractere i;

$GS_j$  = ganho direto no caractere j.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Análises de Parâmetros Genéticos

As variâncias apresentaram homocedasticidade e os erros mostraram-se independentes e normalmente distribuídos. A análise de variância indicou a existência de variação significativa a 1% de probabilidade entre os clones para os dois caracteres avaliados.

Isso indica a possibilidade de obter ganhos com a seleção. As médias para DAP e ALT aos três e nove anos e meio de idade foram de 14,16; 17,99 e 21,99 e 30,43, respectivamente (Tabela 2).

As herdabilidades médias de clones ( $\hat{h}_c^2$ ) apresentaram valores elevados para ambos os caracteres aos três e nove anos e meio de idade. Esses valores, além de elevados, foram similares entre caracteres e idades (0,88 e 0,91 para DAP e 0,72 e 0,89 para ALT aos três e nove anos e meio, respectivamente) (Tabela 2). A classificação das herdabilidades foi baseada em Resende (1995),

que considera que os valores variando de 0,01 até 0,15 são baixos, valores entre 0,15 a 0,50 são medianos e estimativas superiores a 0,50 são altas. Desse modo, pode-se inferir que há alto controle genético para ambos os caracteres e idades, potencializando o ganho com a seleção. Os valores das estimativas de coeficientes de herdabilidade média ( $\hat{h}_c^2$ ) e no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2$ ), estimados aos três anos de idade, estão em concordância com os da literatura (Rosado et al., 2012). Massaro et al. (2010) também encontraram estimativas similares às aqui reportadas em clones de *Eucalyptus* spp. aos dois, quatro e seis anos de idade.

Tabela 2. Quadrados médios e parâmetros genéticos estimados para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) em teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos três e nove anos e meio de idade em Telêmaco Borba, estado do Paraná.

Table 2. Mean squares and genetic parameters estimated for diameter at breast height – DBH (cm) and height – H (m) in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake at age three and nine and a half years in Telêmaco Borba, state of Paraná.

Fontes de Variação	Caracteres			
	3 anos		9,5 anos	
	DAP (cm)	ALT (m)	DAP (cm)	ALT (m)
Bloco	20,55 <sup>ns</sup>	23,44 <sup>ns</sup>	64,65 <sup>ns</sup>	105,83 <sup>ns</sup>
Clones	45,59**	20,79**	305,10**	374,82**
Resíduo	6,06	6,51	33,88	48,90
$\sigma_f^2$	7,63	7,07	45,16	62,49
$\hat{\sigma}_e^2$	6,06	6,51	33,87	48,90
$\hat{\phi}_g^2$	1,57	0,56	11,29	13,59
$\hat{h}_g^2$	0,20	0,09	0,25	0,22
$\hat{h}_c^2$	0,88	0,72	0,91	0,89
$\hat{r}_{ac}$	0,94	0,84	0,95	0,94
$C\hat{V}_g$ (%)	8,85	4,24	15,27	12,11
$C\hat{V}_e$ (%)	17,38	14,44	26,47	22,98
$\hat{b}$	0,51	0,29	0,58	0,53
Média	14,16	17,67	21,99	30,43

\*\* : significativo a 1% de probabilidade pelo teste *F*; <sup>ns</sup>: não significativo;  $\sigma_f^2$  e  $\hat{\sigma}_e^2$ : estimativas de variância fenotípica e ambiental, respectivamente;  $\hat{\phi}_g^2$ : estimativa do componente quadrático associado à variabilidade genotípica;  $\hat{h}_g^2$ : herdabilidade no sentido amplo;  $\hat{h}_c^2$ : herdabilidade média entre clones;  $\hat{r}_{ac}$ : acurácia de seleção de clones;  $C\hat{V}_g$  (%): coeficiente de variação genotípica;  $C\hat{V}_e$  (%): coeficiente de variação ambiental;  $\hat{b}$ : relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental ( $C\hat{V}_g/C\hat{V}_e$ ).

\*\* : significant at 1% of probability by test *F*; <sup>ns</sup>: not significant;  $\sigma_f^2$  and  $\hat{\sigma}_e^2$ : estimates of phenotypic and environmental variance, respectively;  $\hat{\phi}_g^2$ : estimate of the quadratic component associates with genotypic variability;  $\hat{h}_g^2$ : broad sense heritability;  $\hat{h}_c^2$ : average heritability among clones;  $\hat{r}_{ac}$ : accuracy of clones selection;  $C\hat{V}_g$  (%): coefficient of genotypic variation;  $C\hat{V}_e$  (%): coefficient of environmental variation;  $\hat{b}$ : relationship between the coefficient of genetic variation and the coefficient of environmental influence ( $C\hat{V}_g/C\hat{V}_e$ ).

Para as estimativas de acurácias ( $\hat{r}_{ac}$ ), os valores variaram de 0,84 a 0,95 para DAP e ALT, respectivamente (Tabela 2). Altos valores de acurácia inferem que a seleção para estes caracteres pode ser considerada precisa, já que os valores reais, ou seja, os valores genotípicos verdadeiros que são desconhecidos, e os valores preditos são muito próximos (Costa et al., 2016). Rosado et al. (2012) e Tambarussi et al. (2017) também encontraram valores similares. Esses autores estudaram a seleção simultânea de clones de eucalipto e constataram altos valores para a acurácia seletiva para os caracteres DAP e ALT aos três anos de idade (0,93 e 0,88, respectivamente). Estimativas de acurácias em idade precoce para clones de híbridos interespecíficos de eucalipto também foram altas, 0,93, 0,96 e 0,98 para DAP e ALT aos três e sete anos (Beltrame et al., 2012). Tambarussi et al. (2017) também encontraram altos valores de acurácia (0,99 para DAP e H) em clones de *Eucalyptus* spp. nas idades de três e cinco anos de idade.

O coeficiente de variação genética ( $CV_g$  %) foi de menor magnitude para os dois caracteres aos três anos de idade (4,24% a 8,85%) em relação aos nove anos e meio de idade (12,11% e 15,27%) (Tabela 2). Pinto et al. (2014) também observaram resultados semelhantes para esses caracteres de crescimento em testes clonais de *E. urophylla*. Esses autores encontraram coeficientes de variação genética para DAP e ALT que aumentaram 6% aos seis anos de idade, em relação aos parâmetros estimados em idade precoce. Silva et al. (2013) verificaram um aumento no coeficiente de variação ao longo dos anos, obtendo 11,09% para ALT e 9,67% para DAP aos 34 meses, e, posteriormente, 22,04% para altura e 22,21% para DAP aos 64 meses, em clones de *Eucalyptus* spp. Esse fato ocorre, provavelmente, porque ao longo do tempo a crescente pressão do ambiente contribui para acentuar a maior expressão alélica, o que, conseqüentemente, acentua a variação genética em idades avançadas.

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental ( $CV_g / CV_e = CV_r = \hat{b}$ ) foi menor que 1,0 para os dois caracteres nas duas idades. Quando essa relação é igual ou maior que 1,0, a condição é altamente favorável para a seleção (Vencovsky, 1978). Os valores encontrados neste estudo não alcançaram a unidade (1,0), isto provavelmente ocorreu devido ao material genético em questão já ter sofrido certo número de processos de seleção e, por consequência, já ter perdido parte de sua variabilidade genética pelos ciclos de melhoramento (Furlan et al., 2007). Conforme foi observado, os  $CV_e$  (%) estão dentro daqueles encontrados na literatura para os eucaliptos para essas idades e para os caracteres avaliados (Rosado et al., 2009; Rosado et al., 2012; Teixeira et al., 2013; Soares et al., 2017) (Tabela 2). No entanto, encontramos valores relativamente baixos de  $CV_g$  (%) (variaram de 4,24 a 15,27), o que influenciou nos baixos valores de  $\hat{b}$ . Resultados semelhantes foram encontrados por Kageyama e Vencovsky (1983), estudando a variação genética em progênies de *E. grandis*. Os autores encontraram valores de  $\hat{b}$  que variaram de 0,36 a 0,62 para ALT e 0,25 a 0,54 para DAP.

### 3.2 Estimativas de Ganhos

Como já esperado, os maiores ganhos foram obtidos com a maior intensidade de seleção. Isso ocorre devido à escolha de menor quantidade de indivíduos (superiores). Observa-se maior potencial de ganho na idade de nove anos e meio para ambas as intensidades de seleção (Tabela 3), indicando que tanto os caracteres DAP quanto altura são mais influenciados por fatores genéticos ao longo dos anos. Beltrame et al. (2012), estudando a seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto, encontraram resultados semelhantes. No estudo desses autores, o ganho percentual para DAP aumentou de 15,12% para 35,64% dos três para os sete anos.

Tabela 3. Estimativas de ganhos genéticos, percentuais e eficiência da seleção precoce nas intensidades de seleção de 10% e 30% em teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos três e nove anos e meio de idade em Telêmaco Borba, estado do Paraná

Table 3. Estimates of genetic and percentage gains of early selection for selection intensities of 10% and 30% in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake at three and nine and a half years of age in Telêmaco Borba, state of Paraná.

Seleção	Caracteres	MOC	MCS	GS	GS (%)	ESP (%)		
10%	DAP <sub>3</sub> (cm)	DAP <sub>3</sub> (cm)	14,16	16,05	1,66	11,76	100	
		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	26,94	4,52	20,58	100	
		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	34,55	3,67	12,06	88,2	
	ALT <sub>3</sub> (m)	ALT <sub>3</sub> (m)	17,67	18,57	0,57	3,25	100	
		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	26,45	4,08	18,56	90,2	
		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	34,71	3,81	12,53	91,6	
	DAP <sub>9,5</sub> (cm)	DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	26,94	4,52	20,58	100	
		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	35,11	4,16	13,67	100	
	ALT <sub>9,5</sub> (m)	ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	35,11	4,16	13,67	100	
		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	26,93	4,51	20,55	99,9	
	30%	DAP <sub>3</sub> (cm)	DAP <sub>3</sub> (cm)	14,16	15,49	1,17	8,27	100
			DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	24,99	2,74	12,50	86,9
ALT <sub>9,5</sub> (m)			30,43	32,96	2,25	7,39	70,0	
ALT <sub>3</sub> (m)		ALT <sub>3</sub> (cm)	17,67	18,34	0,43	2,43	100	
		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	24,50	2,30	10,46	72,7	
		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	33,08	2,36	7,77	73,6	
DAP <sub>9,5</sub> (m)		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	25,44	3,16	14,38	100	
		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	33,52	2,75	9,03	85,5	
ALT <sub>9,5</sub> (m)		ALT <sub>9,5</sub> (m)	30,43	34,04	3,22	10,56	100	
		DAP <sub>9,5</sub> (cm)	21,97	25,11	2,86	13,00	90,4	

DAP<sub>3</sub> e DAP<sub>9,5</sub>: diâmetro à altura do peito aos três e nove anos e meio de idade, respectivamente; ALT<sub>3</sub> e ALT<sub>9,5</sub>: altura aos três e nove anos e meio de idade respectivamente; MOC: média original dos clones; MCS: média dos clones selecionados; GS e GS (%): ganho genético absoluto e percentual, respectivamente; ESP (%): eficiência da seleção precoce.

DAP<sub>3</sub> and DAP<sub>9,5</sub>: diameter at breast high at three and nine and a half years of age, respectively; ALT<sub>3</sub> and ALT<sub>9,5</sub>: height at three and nine and a half years, respectively; MOC: original mean of clones; MCS: mean of the selected clones; GS and GS(%): absolute genetic gain and percentage, respectively; ESP (%): early selection efficiency.

A maior porcentagem de ganho foi observada para a seleção direta aos nove anos e meio de idade (20,58%) para DAP. Verificou-se que em maiores intensidades de seleção, a seleção precoce é mais efetiva (Tabela 3).

Em geral, os ganhos percentuais estimados proporcionados por seleção indireta ou precoce, foram muito próximos aos ganhos diretos, devido aos elevados valores de eficiência da seleção precoce. Pinto et al. (2014) concluíram que a predição de ganhos via seleção precoce para o caractere DAP, na idade de três anos, apresentou uma resposta similar à predição de ganhos diretos para a mesma variável aos seis anos de idade, devido à alta eficiência da seleção precoce. Contudo, no presente estudo, o caractere DAP, aos três anos, mostrou resultados satisfatórios na seleção direta (11,76% para 10% e 8,27% para 30%), além disso, nas intensidades de seleção de 10% e 30% apresentou 100% e 86,9% de eficiência, respectivamente, da seleção precoce em relação ao DAP aos nove anos e meio de idade. Tais resultados, aliados à facilidade de medição desse caractere, tornam o DAP aos três anos de idade o caractere mais interessante para essa prática.

### 3.3 Correlação Genotípica e Fenotípica

As estimativas para as correlações fenotípicas ( $\hat{r}_f$ ) e genotípicas ( $\hat{r}_g$ ) entre todos os caracteres, nas diferentes idades, foram de alta magnitude (Tabela 4). Esse fato indica que a seleção praticada sobre o DAP, em determinada idade, influenciará positivamente na ALT.

Falconer e Mackay (1996) sugeriram cautela ao utilizar a seleção caso dois caracteres se correlacionem negativamente. Contudo, para o presente estudo isso não ocorreu. A resposta à seleção em um determinado caractere ocorrerá no sentido desejado no caractere sob seleção indireta, já que os valores encontrados são altos e positivos.

Analisando-se as correlações, pode-se considerar que há grande porcentagem de sucesso em obter ganhos por meio de seleção indireta e/ou precoce. Recomenda-se selecionar para o caractere DAP aos três anos, pois para DAP as correlações são altas, tanto genotípicas quanto fenotípicas, com as variáveis na idade de rotação. No estudo de Beltrame et al. (2012), os autores também concluíram que seleção com base no caráter DAP aos três anos é uma estratégia viável para a identificação precoce de clones de híbridos de eucalipto com alto vigor de crescimento. Apesar das diferentes idades avaliadas (24, 36, 48 e 60 meses). Moraes et al. (2015), avaliando a seleção clonal de *Eucalyptus*, concluíram que, mesmo que as correlações genotípicas entre as idades de 24 e 60 meses sejam de valor moderado (0,75), a seleção para a variável DAP mostra-se atraente diante da possibilidade do ganho de tempo. A viabilidade da seleção precoce também foi constatada por Tambarussi et al. (2017) em clones de *Eucalyptus* spp., estes autores encontraram correlações genéticas que chegaram a 0,99 entre DAP e H aos três e cinco anos. Os autores relataram que a seleção precoce sobre o caractere DAP, em torno de três anos de idade, apresenta altos ganhos por unidade de tempo, e por isso é recomendável.

Tabela 4. Correlações genotípicas (diagonal superior –  $\hat{r}_g$ ) e fenotípicas (diagonal inferior –  $\hat{r}_f$ ), entre os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP e altura – ALT entre as idades de três e nove anos e meio em um teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Telêmaco Borba, estado do Paraná.

Table 4. Genotypic (upper diagonal –  $\hat{r}_g$ ) and phenotypic (lower diagonal –  $\hat{r}_f$ ) correlations among the traits diameter at breast height – DBH and height – ALT at age three and nine and a half years in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake in Telêmaco Borba, state of Paraná.

	DAP <sub>3</sub>	ALT <sub>3</sub>	DAP <sub>9,5</sub>	ALT <sub>9,5</sub>
DAP <sub>3</sub>	1	0,79**	0,71**	0,64**
ALT <sub>3</sub>	0,71**	1	0,78**	0,70**
DAP <sub>9,5</sub>	0,84**	0,67**	1	0,70**
ALT <sub>9,5</sub>	0,74**	0,66**	0,88**	1

\*\* : significativo a 1% de probabilidade pelo teste *t*.

\*\* : significant at 1% of probability by test *t*.

#### 4 CONCLUSÕES

Os clones avaliados apresentam variabilidade genética para DAP e altura aos três e nove anos e meio de idade.

A seleção em nível de clones é recomendável devido aos altos valores de herdabilidade de média de clones ( $\hat{h}_c^2$ ).

A seleção precoce do DAP aos três anos é recomendada devido às altas e positivas correlações genotípicas.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À empresa Klabin S/A Embalagens, pelo auxílio e liberação dos dados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BISON, O. **Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRAGA, J.L.P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim – Aparecida – SP**. 27 f. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BRIGATTI, R.A.M. et al. **Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* ssp.** Piracicaba: IPEF, 1980. Não paginado. (Circular Técnica, n. 123).

COSTA, R.M.L. et al. Predição de ganhos genéticos em progênies de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage por diferentes métodos de seleção. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 105-113, 2016.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.

DIAO, S. et al. Age trends of genetic parameters, early selection and family by site interactions for growth traits in *Larix kaempferi* open-pollinated families. **BMC Genetics**, v. 104, n. 17, p. 1-12, 2016.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Longman, 1996. 464 p.

FLAMPTON Jr., L.J.; FOSTER, G.S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M.R.; LIBBY, W.J. (Ed.). **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Berlin: Springer Verlag, 1993. p. 110-134.

FURLAN, R.A. et al. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 553-563, 2007.

GONÇALVES, P.S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetic and Molecular Biology**, v. 21, n. 4, 1998.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2000. 11 p. (Circular Técnica IPEF, n. 192).

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Anual 2016**. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>. Acesso em: 6 jun. 2017.

KAGEYAMA, P.Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1983. 147 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

\_\_\_\_\_.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, v. 24, p. 9-26, 1983.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LAMBETH, C.C. Juvenile-mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. **Forest Science**, v. 26, n. 4, p. 571-580, 1980.

MAGNUSSEN, S. Minimum age-to-age correlations in early selections. **Forest Science**, v. 34, n. 4, p. 928-938, 1988.

MASSARO, R.A.M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 597- 609, 2010.

MORAES, C.M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para la selección de clones de *Eucalyptus* en la región de Botucatu, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 27, n. 2, p. 145-153, dez. 2015.

PEREIRA, A.B. et al. Eficiência da seleção precoce em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

PINTO, D.S. et al. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, p. 251-257, 2014.

RESENDE, M.D.V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

\_\_\_\_\_. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

ROSADO, A.M. et al. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, 2009.

\_\_\_\_\_. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS software**. Version 9.0. Cary, 1999.

SILVA, W. de M. et al. Eficiência da seleção precoce de clones de eucalipto avaliados na região do norte do Piauí. Resumo Expandido. In: FERREIRA, J. da S.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. (Coord.). CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL – CONEFOR, 4.; SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA – SEEFOR, 3., 2013, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: [s.n.], 2013. 1 CD-ROM.

SOARES, I.D. et al. Estratégias de seleção de progênies de *Eucalyptus saligna* para produção de sementes melhoradas. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, p. 319-326, 2017.

PALUDETO, J.G.Z.; ESTOPA, R.A.; TAMBARUSSI, E.V. Seleção precoce em *Eucalyptus*.

TAMBARUSSI, E.V. et al. Estimativa de parâmetros genéticos para a seleção precoce em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 1-10, 2017.

TEIXEIRA, J.E.C. et al. Cruzamentos dialélicos entre clones elite de *Eucalyptus grandis* e *Euvalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 497-505, 2013.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-99.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.