

EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE NA RECOMENDAÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO AVALIADOS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO E SUL DA BAHIA

Gabriel Dehon S. P. Rezende¹
 Fernando de Lellis Garcia Bertolucci²
 Magno Antônio Patto Ramalho³

RESUMO - Vinte e quatro clones de eucalipto foram avaliados em nove locais do norte do Espírito Santo e sul da Bahia, dos 2 aos 5 anos de idade, com o objetivo de verificar a eficiência da seleção precoce. Os experimentos foram instalados em 1987 e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 repetições. A eficiência da seleção na fase juvenil foi avaliada através das estimativas das variâncias fenotípicas, genéticas e da herdabilidade nas diferentes idades; estudo da natureza da interação genótipos x idades; e estimativas do ganho realizado com a seleção precoce. Os resultados mostraram que proporcionalmente à variação fenotípica, a variação genética entre os clones foi a mesma ao longo dos anos. Além disso, apesar da significância da interação genótipos x idades, houve predominância da parte simples da mesma, mostrando que não ocorreu mudança significativa na classificação dos clones ao longo do tempo. Esses resultados, associados às estimativas do ganho realizado com a seleção precoce, indicam que essa é uma prática que pode ser recomendada para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento.

PALAVRAS-CHAVE: Seleção precoce; clones; Eucalipto.

EFFICIENCY OF EARLY SELECTION TO RECOMMEND *Eucalyptus* CLONES EVALUATED AT THE NORTH OF ESPÍRITO SANTO STATE AND THE SOUTH OF BAHIA STATE

ABSTRACT - Twenty-four clones of *Eucalyptus* were evaluated in nine sites in northern Espírito Santo state and southern Bahia state, aiming to check the efficiency of the early selection. The trials started in 1987, and a complete block design with 3 replications was used. The efficiency of selection at juvenile stage was evaluated through estimates of phenotypic and genetic variances, heritabilities in different ages, kinds of genotype x age interactions, and estimates of genetic gain. It was realized that phenotypic and genetic variances among clones kept the same proportion over the years. Although the clone x age interaction was significant, its simple part was the most important, showing that the rank of clones did not change significantly over time. Considering these results, and estimates of realized gain from early selection, this procedure can be recommended for improving the efficiency of breeding programs.

KEY-WORDS: Early selection; clones; Eucalypt.

INTRODUÇÃO

O uso de clones nos plantios comerciais de eucalipto é uma prática comum em algumas empresas como é o caso da Aracruz Celulose S.A., que utiliza o plantio clonal em 95% de sua área. Dessa forma, nessas empresas a identificação de clones superiores é o objetivo primordial do programa de melhoramento.

Na recomendação de novos clones, o principal entrave é a demora na etapa de avaliação. Um modo de atenuar esse problema seria realizar a avaliação precoce. Infelizmente para as condições brasileiras são escassas as informações existentes sobre a viabilidade dessa seleção, embora trabalhos realizados no exterior mostrem ser viável tal prática (Gill, 1987; Huehn, 1987; McKeand, 1988; Magnussen, 1989; Rehfeldt, (1992). Magnussen (1988) cita,

1 Departamento de Genética, ESALQ - USP - Cp. 83, CEP 13.400-000 - Piracicaba - SP

2 Aracruz Celulose S.A., Gerência de Desenvolvimento Florestal, Caixa Postal 33-0050, CEP 29190-000, Aracruz - ES.

3 Departamento de Biologia, UFLA - CP.37, CP: 37.200-000, Lavras - MG

como vantagens adicionais da seleção precoce, experimentos menos duradouros, maior facilidade para tomada de dados e maior flexibilidade às mudanças de objetivos dos programas de melhoramento.

Dentro desse contexto, diversas metodologias têm sido propostas visando medir a confiabilidade de um caráter avaliado na fase juvenil, como indicador do comportamento do indivíduo na idade de rotação. Dentre elas, as mais difundidas são a correlação juvenil x adulto (Squillace e Gansel, 1974; Lambeth, 1980; Van Haverheke, 1983; Magnussen, 1988) e a variação dos parâmetros genéticos nas diferentes idades (Namkoong Usanis e Silen 1972; Huehn, Kleischmit e Svolba, 1987; Otegbeye, 1991). Além destas, outra opção seria o estudo da interação genótipo x idades; entretanto, estudos dessa natureza ainda são poucos e não permitem generalizações (Kremer e Larson, 1983; Bridgwater et al., 1985).

Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de verificar a eficiência da seleção precoce, através do estudo da natureza da interação genótipos x idades e da previsão do ganho genético por unidade de tempo, em testes clonais conduzidos em diferentes ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados neste estudo, dados obtidos de testes de avaliação clonal instalados em 1987, em nove locais representativos das áreas de atuação da Aracruz Celulose S.A., distribuídos no norte do Estado do Espírito Santo e sul da Bahia.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e os tratamentos foram constituídos por 24 clones de eucalipto, supostamente híbridos naturais de *E. grandis* e *E. urophylla*. O espaçamento utilizado foi de 3 x 3 metros e as parcelas foram constituídas por três linhas de sete plantas, sendo úteis as cinco centrais.

Os dados de volume sólido (m^3/ha) das árvores, tomados dos 2 aos 5 anos de idade, foram inicialmente submetidos a uma análise de variância por local e idade e em seguida a uma análise de variância conjunta dos locais, para uma mesma idade, com objetivo de verificar a flutuação dos parâmetros genéticos ao longo do tempo. Posteriormente foi feito o estudo da interação genótipos x idades, visando a determinação da melhor época para se realizar a seleção precoce, a partir da análise de todas as combinações de idades duas a duas, de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijkp} = m + c_i + l_j + cl_{ij} + b_{k(j)} + cb_{ik(j)} + d_p + ld_{jp} + db_{pk(j)} + cd_{ip} + cld_{ijp} + e_{ijkp}$$

onde Y_{ijkp} é o valor observado do clone i no bloco k do local j na idade p ; m é a média geral de todos os experimentos; c_i é o efeito do clone i ; l_j é o efeito do local j ; cl_{ij} é o efeito da interação do clone i com o local j ; $b_{k(j)}$ é o efeito do bloco k dentro do local j ; $cb_{ik(j)}$ é o efeito da interação do clone i com bloco k dentro do local j e correspondente ao erro experimental "a"; d_p é o efeito da idade p ; ld_{jp} é o efeito da interação do local j com a idade p ; $db_{pk(j)}$ é o efeito da interação da idade p com o bloco k dentro do local j e corresponde ao erro experimental "b"; cd_{ip} é o efeito da interação do clone i com a idade p ; cld_{ijp} é o efeito da interação do clone i com o local j com a idade p ; e_{ijkp} é o erro experimental associado à observação Y_{ijkp} .

A interação clones x idades foi decomposta em partes simples e complexa como proposto por Vencovsky e Barriga (1992). Foi estimada também, para cada idade, a herdabilidade no sentido amplo ao nível de média de clone e o ganho realizado a partir da seleção aplicada em idades anteriores. Para isso, foi considerada uma intensidade de seleção de 25% e utilizada a seguinte expressão:

$$GSR(\%) = \frac{MS_{pa/pb} - MG_{pb}}{MG_{pb}} \times 100$$

onde GSR é a estimativa do ganho realizado em %; $MS_{pa/pb}$ é a média dos indivíduos na idade pb , selecionados na idade pa ($pb \geq pa$) e MG_{pb} é a média geral dos indivíduos na idade pb .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância conjunta realizadas para cada idade (Tabela 1) mostram, inicialmente, que houve variação significativa entre os diferentes locais e entre os clones utilizados neste estudo, para todas as idades consideradas. Também a interação clones x locais se mostrou significativa indicando, a princípio, um comportamento não coincidente dos clones nos diferentes locais, para qualquer idade considerada. Deve-se ressaltar, que os valores do CV obtidos estão dentro da faixa normalmente observada para a cultura do eucalipto (Fonseca, Maluf e Oliveira, 1990; Oliveira, Bertolucci e Andrade, 1990; Pásztor, Etori, Zanato e Morais, 1990).

As estimativas dos componentes de variância (σ^2_C , σ^2_{CL} , σ^2_e , σ^2_F) aumentaram em valor absoluto ao longo do tempo. Tal fato poderia, a princípio, indicar uma maior liberação da variabilidade

TABELA 1. Resultados das análises de variância conjunta dos locais e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, por idade, para a característica volume (m^3/ha) dos clones de eucalipto.

FV	G.L.	QM			
		2 anos	3 anos	4 anos	5 anos
Locais (L)	8	10152,82**	43766,34**	54646,68**	96600,63**
Bloco/local	18	49,35	307,45	970,51	2848,98
Clones (C)	23	1747,93**	11182,42**	53543,70**	160986,44**
L x C	184	81,40**	529,26**	1747,75**	4751,48**
Erro	414	54,83	230,06	820,90	2455,48
CV e (%)		20,50	18,8	20,2	23,8
Média (m^3/ha)		36,08	80,64	142,01	208,37
Var. genética entre clones (σ_G^2)		61,72	394,56	1918,37	5786,48
Var. da int. clones x locais (σ_{CL}^2)		8,86	99,73	308,95	765,33
Var. ambiental entre parcelas (σ_E^2)		54,83	230,06	820,90	2455,48
Var. fenotípica, nível de média de clones (σ_F^2)		64,74	414,16	1983,10	5962,46
Herdabilidade nível de média de clones (h_a^2)		95,33	95,27	96,73	97,05

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

genética ao longo dos anos. Contudo, as estimativas da herdabilidade, que é uma medida relativa, praticamente não se alteraram com o decorrer do tempo (Tabela 1), indicando que a proporção da variabilidade fenotípica que pode ser utilizada com a seleção foi a mesma dos 2 aos 5 anos. Em outras palavras, pode-se argumentar que a variabilidade genética liberada entre os clones foi proporcionalmente a mesma nas várias idades, uma vez que a precisão experimental, avaliada através do coeficiente de variação (CV), se manteve sempre em níveis semelhantes (Tabela 1). Esse resultado permite inferir que, pelo menos a princípio, é viável a realização da seleção em idades inferiores a 5 anos.

O resumo das análises de variância conjunta subdividida no tempo (Tabela 2), considerando todas as idades duas a duas, mostra, além do que foi discutido anteriormente, significância da fonte de variação "idades" e também ocorrência de interação significativa entre clones e idades, para todas as combinações. Esse fato, em uma análise preliminar, poderia indicar uma redução na eficiência da seleção precoce. Contudo, observou-se em todos os casos, que a parte simples explicou mais de 90% dessas interações. Isso significa que a magnitude da interação clones x idades foi função principalmente da diferença entre os valores absolutos das variâncias genéticas observadas em cada época, e não de mudanças na

classificação dos clones ao longo do tempo, o que evidentemente não prejudica o mérito da seleção na fase juvenil.

As estimativas do ganho realizado em uma dada idade pela seleção efetuada em ano anterior foram de magnitude semelhante ao ganho proporcionado pela seleção aplicada no ano correspondente (Tabela 3). Isto é, a seleção realizada com 3 anos, por exemplo, forneceu o mesmo ganho que seria obtido pela seleção aos 2 anos e resposta no terceiro ano. Estimou-se também, para cada situação, o ganho realizado por ano e, neste caso, observa-se que seu valor aumenta na medida em que se reduz a idade de seleção, em relação às idades mais avançadas (Tabela 3). Essa diferença representa a vantagem da seleção precoce, ou seja, o quanto se adiciona ao ganho com a seleção de genótipos superiores, se a mesma for praticada antes da idade de rotação. As maiores estimativas do ganho realizado por unidade de tempo foram obtidas quando se selecionou aos 2 anos de idade. Assim, por exemplo, se a seleção for executada aos 2 anos, o ganho anual passa de 8,7% para 17,8%, quando se compara com 5 anos, o que representa uma vantagem de 9,08 pontos percentuais em favor da seleção precoce (Tabela 3).

Essa possibilidade de sucesso com a prática da seleção precoce tem sido constatada em outras oportunidades (Franklin, 1979; Lambeth, 1980; Van Haverheke, 1983; Loo et al., 1984,

TABELA 2. Resultados das análises de variância conjunta para volume (m^3/ha) dos clones de eucalipto, subdividida no tempo, considerando todas as combinações de idades duas a duas e estimativas da variância de interação clones x idades (σ^2_{Ci}) com seus desdobramentos.

FV	G.L.	QM					
		2x3	2x4	2x5	3x4	3x5	4x5
Locais (L)	8	44829,4**	54427,9**	83137,5**	96251,9**	130091,0**	144929,2**
Blocos/local	18	278,4	670,3	1716,3	1090,3	02268,2	3664,2
CLones (C)	23	10793,0**	36975,1**	96761,5**	56379,1**	126605,6**	199189,3**
L x C	184	488,8**	1220,3**	2887,6**	2022,871**	4023,3**	6016,4**
Erro a	414	238,5	595,3	1490,3	910,6	1944,2	2979,7
Idades (I)	1	643248,5**	3635377,8**	9617234,7**	1220227,0**	5286039,6**	1426830,2**
L x I	8	9099,6**	10371,6**	23615,9**	2171,1**	10286,0**	6318,1**
Erro b	18	78,3	349,5	1182,0	187,7	888,2	355,3
C x I	23	2137,3**	18496,5**	65972,8**	8347,0**	45563,2**	15340,9**
L x C x I	184	121,8**	608,8**	1945,3**	254,1**	1257,4**	482,8**
Erro c	414	46,3	280,5	1020,0	140,4	741,3	296,6
CV (%)		11,67	18,8	26,1	10,6	18,8	9,8
Var. da int. clones x idades (σ^2_{Ci})		74,6	662,5	2371,4	299,7	1641,0	550,3
Parte simples (%)		72,1	645,9	2326,5	286,5	1616,9	520,7
		96,6	97,5	98,1	95,6	98,5	94,6
Parte complexa (%)		2,6	16,6	44,9	13,3	24,1	29,6
		3,4	2,5	1,9	4,4	1,5	5,4

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 3. Estimativa do ganho realizado (GSR) quando se pratica a seleção precoce em diferentes idades.

Idades	GSR(%)	GSR(%) ano	Vantagem da Seleção Precoce (%)
3	29,15	9,72	-
2x3	29,15	14,57	4,85
4	35,07	8,76	-
2x4	32,89	16,44	7,68
3x4	32,89	10,96	2,20
5	43,49	8,70	-
2x5	35,56	17,78	9,08
3x5	35,56	11,85	3,15
4x5	41,80	10,45	1,75

Foster, 1986; Gill, 1987 e Rehfeldt, 1992). Fica, portanto, evidenciada a eficiência dessa prática, mostrando que sua utilização poderá tornar o processo de recomendação de clones muito mais dinâmico.

CONCLUSÕES

A seleção precoce de clones pode ser recomendada para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento de eucalipto, uma vez que a variabilidade genética liberada entre os clones foi proporcionalmente a mesma nas diferentes idades. Além disso, a magnitude da interação clones x idades foi função principalmente da diferença entre os valores absolutos das variâncias genéticas observadas em cada época, e não de mudanças na classificação dos clones ao longo do tempo.

A avaliação aos 2 anos proporcionou as maiores estimativas do ganho realizado com a seleção precoce, sendo, portanto, essa a idade indicada para se praticar a seleção de clones de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIDGWATER, F.E.; WILLIAMS, C.G.; CAMPBELL, R.G. Patterns of leader elongation in loblolly pine families. *Forest Science*, Bethesda, v.31, p.933-944, 1985.
- FONSECA, S. da; MALUF, J.L; OLIVEIRA, A.C. de. Adubação de *Eucalyptus camaldulensis* com boro e zinco em solos do cerrado na

- região de Brasilândia, Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, *Anais...* Campos do Jordão, 1990, p.403-406.
- FOSTER, S. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. *Forest Science*, Bethesda, v.31, p.944-959, 1986.
- FRANKLIN, E.C. Model relating levels of genetic variance to stand development of four North American conifers. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.28, p.207-212, 1979.
- GILL, J.G.S. Juvenile - mature correlations and trends in genetic variances in Sitka spruce in Britain. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.36, n.5/6, p.189-194, 1987.
- HUEHN, M. clonal mixtures, juvenile - mature correlations and necessary number of clones. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.36, n.2, p.83-92, 1987.
- HUEHN, M.; KLEISCHMIT, J.; SVOLBA, J. Some experimental results concerning age dependency of different components of variance in testing Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) clones. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.36, n.2, p.68-71, 1987.
- KREMER, A.; LARSON, P.R. Genetic control of height growth components in jack pine seedlings. *Forest Science*, Bethesda, v.29, p.451-64, 1983.
- LAMBETH, C.C. Juvenile - mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. *Forest Science*, Bethesda, v.26, n.4, p.571-80, 1980.
- LOO, J.A.; TAUER, C.G.; van BUIJTENEN, J.P. Juvenile - mature relationships and heritability estimates of several traits in loblolly pine (*Pinus taeda*). *Canadian Journal of Forestry Research*, Ottawa, v.14, p.822-825, 1984.
- McKEAND, S.E. Optimum age for family selection for growth tests of loblolly pine. *Forest Science*, Bethesda, v.34, p.400-411, 1988.
- MAGNUSSEN, S. Minimum age-to-age correlations in early selections. *Forest Science*, Bethesda, v.34, n.4, p.928-38, 1988.
- MAGNUSSEN, S. Determination of optimum selection ages: a simulation approach. In: SOUTHERN TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 20, Charleston, 1989. *Proceedings...* Charleston, 1989. p.269-285.
- NAMKOONG, G.; USANIS, R.A.; SILEN, R.R. Age - related variation in genetic control of height growth in Douglas - fir. *Theoretical Applied and Genetics*, New York, v.42, p.151-159, 1972.
- NICHOLS, J.W.P. Preliminary observations on the changes with age of heritability of certain wood characteristics in *Pinus radiata* clones. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH MEETING, Sec. 41, Melbourne, 1965. *Proceedings ...* Melbourne:UFRO, 1965. V.1.
- OLIVEIRA, A.C. de; BERTOLUCCI, F. de L.G.; ANDRADE, H.B. Avaliação do *Eucalyptus camaldulensis* nas condições edafoclimáticas do norte e nordeste de Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. *Anais...* Campos do Jordão, 1990. p.474-485.
- OTEGBEYE, G.O. Age trends in the genetic control of stem diameter of *Eucalyptus tereticornis* and the implication for selection. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.40, n.2, p.85-87, 1991.
- PÁSZTOR, Y.P. de C; ETTORI, L. de C.; ZANATTO, A.C.S.; MORAIS, E. Teste internacional de procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, *Anais...* Campos do Jordão, 1990. p.421-424.
- REHFELDT, G.E. Early selection in *Pinus ponderosa*: compromises between growth potencial and growth rhythm in developing breeding strategies. *Forest Science*, Bethesda, v.38, n.3, p.661-677, 1992.
- SQUILLACE, A.E.; GANSEL, C.R. Juvenile - mature correlations in Slash pine. *Forest Science*, Bethesda, v.20, n.3, p.225-229, 1974.
- VAN HAVERHEKE, D.F. Seventeen year performance of *Pinus flexilis* and *P. strobiformis* progenies in Eastern Nebraska. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.32, n.3/4, p.71-76, 1983.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.