

Ganho genético em propriedades físicas e mecânicas de clones de *Eucalyptus*Genetic gain in physical and mechanical properties of *Eucalyptus* clonesMaria Carolina Gaspar Botrel¹, José Reinaldo Moreira da Silva², Paulo Fernando Trugilho²,
Sebastião Carlos da Silva Rosado² e Bruno Ricardo Fernandes³**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros fenotípicos e genotípicos, estimar os ganhos genéticos e caracterizar e selecionar clones de *Eucalyptus*, para as propriedades físicas e mecânicas da madeira. Foram utilizados nove clones híbridos de *Eucalyptus* cultivados no município de Taiobeiras, MG, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 3 repetições. Os parâmetros fenotípicos e genéticos foram estimados a partir dos quadrados médios. Foram estimados os ganhos genéticos para os caracteres com efeito significativo de clone. Para as propriedades físicas e mecânicas, o efeito de clone foi significativo, exceto para a contração volumétrica. Para densidade básica, densidade a 0%, massa seca e contração tangencial e radial os ganhos foram de 6,98; 27,58; 6,89; -11,02 e -15,63%, respectivamente. Para as propriedades mecânicas os ganhos estimados foram de 8,63% (MOEc), 9,50% (MORc), 14,79% (MOEf) e 10,26% (MORf). Foi observado potencial genético para programas de melhoramento com altas herdabilidades e possibilidades de consideráveis ganhos com a seleção.

Palavras-chave: Madeira, Clone, *Eucalyptus*, Ganho genético

Abstract

The aim of the research was: i) to estimate phenotypical and genetic parameters for physical and mechanical wood properties, ii) to estimate genetic gains, and iii) to select *Eucalyptus* clones, by means of physical and mechanical wood properties. Were analyzed nine *Eucalyptus* clones cultivated at Taiobeiras County region, located in the North of Minas Gerais State. Three meters long logs were utilized for samples preparation. The experimental completely randomized design was used, with three repetitions. From the expected mean square, the phenotypical and genetic parameters were estimated. It was estimated the genetic gain for the characteristics that showed significant differences. For physical and mechanical properties of wood the clone effect was significant. The physical wood properties showed significant clone effect, except for the volumetric shrinkage. For physical wood properties, the obtained predict genetic gains were: basic density = 6.98%, wood dry mass = 27.58%, dry density = 6.89%, tangential shrinkages = 11.02% and radial shrinkages = 15.63. For mechanical properties, the obtained predict genetic gains were: modulus of elasticity in compression parallel to the grain = 8.63%; compression strength parallel to the grain = 9.50%; modulus of elasticity in static bending = 14.79% and modulus of rupture = 10.26%.

Keywords: Wood, Clone, *Eucalyptus*, Genetic gain

INTRODUÇÃO

Entre os gêneros de interesse econômico plantados comercialmente nas zonas tropicais e subtropicais do globo, inegavelmente, o *Eucalyptus* está entre os mais bem sucedidos, em face do rápido crescimento e da grande diversidade de espécies. Zobel e Jett (1995) relataram que a alta variabilidade desse gênero, em termos do número de materiais genéticos existentes e associada

a amplas diferenças nos caracteres da madeira, permite que inúmeras aplicações tecnológicas sejam possíveis.

O Brasil possui clima favorável ao reflorestamento, principalmente de *Eucalyptus* e em função disso, é um dos países com uma das maiores áreas reflorestadas do planeta, com aproximadamente 3.000.000 ha, o que, segundo Flynn e Shield (1999), corresponde a 22% do reflorestamento mundial com eucaliptos.

¹Mestre em Engenharia Florestal - Professora do Curso de Agronomia da Faculdade Assis Gurgacz - Avenida das Torres, 500 - Cascavel, PR - 85814-620 - E-mail: carolinabotrel@yahoo.com.br

²Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - 37200-000 - E-mail: jreinaldo@ufla.br, trugilho@ufla.br, scrosado@ufla.br

³Graduando do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - 37200-000 - E-mail: brunorinandes@yahoo.com.br

O melhoramento genético aplicado ao gênero *Eucalyptus* apresenta-se como uma opção potencial para o aumento da produção de madeira. Isso é possível não apenas pela capacidade produtiva e alta adaptabilidade das espécies, mas, principalmente, pela variabilidade inter e intra-específica que expressa diversificadas propriedades anatômicas, físicas, mecânicas e químicas da madeira, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira. A existência de variações quantitativas e qualitativas entre indivíduos é de grande interesse para o melhorista, já que a variabilidade constitui matéria-prima para seu trabalho.

A seleção de árvores superiores de espécies de *Eucalyptus* em programa de melhoramento foi baseada nos valores fenotípicos de caracteres dendrométricos (diâmetro, altura e volume). Esse procedimento, porém, não garantiu a seleção de genótipos com caracteres tecnológicos desejados para usos industriais da madeira. Por isso, os estudos das propriedades, físicas e mecânicas são de importância fundamental para a seleção de materiais genéticos que produzam madeira de qualidade e que garanta produtos finais com superioridade destacada.

Dentre as propriedades físicas da madeira, a densidade básica é uma das mais importantes, considerada parâmetro de qualidade e utilizada em diversos setores florestais e está relacionada a vários outros caracteres da madeira. Outra importante propriedade física da madeira é a retratibilidade ou instabilidade dimensional. Skaar (1988) definiu essa propriedade como o fenômeno decorrente da variação dimensional, em função da troca de sua umidade com o meio que o envolve.

Segundo Stamm (1964) a quantidade de energia produzida está intimamente relacionada à massa seca. A densidade básica, juntamente com o volume de cada árvore, permite estimar a quantidade de madeira seca existente em uma determinada área.

As propriedades mecânicas da madeira representam a expressão do seu comportamento quando sujeitas à ação de esforços externos e internos, como de sua própria massa. O conhecimento destas propriedades constitui um dos fundamentos básicos para a determinação de seus possíveis usos, principalmente na construção civil. Por isso, o conhecimento da variabilidade contida e a forma de expressão de tais propriedades são fundamentais no processo de seleção ou melhoramento genético florestal.

Para auxiliar programa de melhoramento genético da qualidade da madeira, este trabalho objetivou estimar os parâmetros fenotípicos e genotípicos, estimar os ganhos genéticos e caracterizar e selecionar clones de *Eucalyptus*, para as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 9 clones híbridos de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1), com 78 meses, plantados no espaçamento 2 x 3 m, provenientes da Empresa Carvoval localizada em Taiobeiras, MG (15°48'S, 42°13'W, altitude média de 1.090 m, temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 827 mm). Foram selecionadas três árvores por clone as quais foram abatidas, identificadas e amostradas. Os caracteres de crescimento (diâmetro a 1,30 m do solo - $D_{1,30m}$, altura total - HT e volume total - VT), sem casca, foram obtidos na cubagem rigorosa. A seguir retirou-se a primeira tora de 3 m, a partir de 0,30 m do solo, a qual foi transportada para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (DCF/UFLA), onde se retirou o pranchão central de 8 cm de espessura. A seguir, no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA) foram retirados os corpos-de-prova para os testes físico-mecânicos na madeira.

Tabela 1. Clones híbridos de *Eucalyptus* spp. avaliados aos 78 meses de idade.

Table 1. *Eucalyptus* spp. hybrids clones estimated at the age 78 months.

Clone	Cruzamentos
FGA-49	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-35	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-34	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-30	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-50	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
I-953	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-601	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-380	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-249	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>

Foram determinadas a densidade básica e a porcentagem pelo método de imersão descrito por Vital (1984), em corpos-de-prova de 2,5 x 2,5 x 10 cm. O volume (cm³) saturado foi determinado com imersão em água. Em seguida, as amostras foram secadas suavemente em estufa de circulação de ar a (105 ± 2)°C, evitando o colapso. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança de precisão (0,01 g) e determinou-se o volume a 0% com imersão em mercúrio. A densidade básica foi calculada pela

relação entre massa seca e o seu volume saturado e a densidade a 0% pela relação da massa e o volume, ambos a 0% de umidade. A massa seca individual da árvore foi obtida, multiplicando-se a densidade básica e o volume sem casca de cada árvore-amostra.

Para a determinação das contrações da madeira, foi utilizada a norma ASTM D143-94 (ASTM, 1997) nos mesmos corpos-de-prova utilizados para a determinação da densidade básica. As medições lineares, radial e tangencial, foram obtidas em pontos previamente demarcados, por meio de um paquímetro digital (0,01 mm), obtidas nas condições de completamente saturados e de 0% de umidade. As contrações radial, tangencial e volumétrica foram calculadas como porcentagem da variação em relação às respectivas dimensões saturadas.

Para realização dos ensaios de compressão paralela e flexão estática, os corpos-de-prova foram acondicionados na sala de climatização [temperatura de $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $(60 \pm 5)\%$], até atingirem massa constante, isto é, umidade de equilíbrio higroscópico média de 12%. Os ensaios foram realizados baseados na norma D 143-94 (ASTM, 1997), utilizando em uma Máquina Universal (Emic DL 30.000 - DCF/UFLA). As condições de condução dos ensaios encontram-se resumidas na Tabela 2.

Na análise estatística utilizou-se o software Genes, versão 2.1 de 2004. As análises de variância seguiram o delineamento inteiramente casualizado (Equação 1) e conforme estrutura apresentada na Tabela 3.

$$Y_{ij} = \mu + C_i + e_{ij} \quad (1)$$

em que:

Y_{ij} = observação do i-ésimo clone na j-ésima repetição (ramete);

μ = média geral;

C_i = efeito do i-ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, 9$), efeito fixo;

e_{ij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Da esperança dos quadrados médios da análise de variância foram estimados os seguintes parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, conforme Cruz (1997):

- | | |
|---|--|
| a) Variância fenotípica | $\rightarrow \hat{\sigma}_f^2 = Q_1/r$ |
| b) Variância ambiental | $\rightarrow \hat{\sigma}_e^2 = Q_2$ |
| c) Componente quadrático genotípico | $\rightarrow \hat{\sigma}_c^2 = Q_1 - Q_2/r$ |
| d) Coeficiente de determinação genotípica | $\rightarrow h_c^2(\%) = (\hat{\sigma}_c^2 / \hat{\sigma}_p^2) \times 100$ |
| e) Coeficiente de variação genética | $\rightarrow CV_c\% = (\sqrt{\hat{\sigma}_c^2} / \text{média}) \times 100$ |
| f) Coeficiente de variação experimental | $\rightarrow CV_e\% = (\sqrt{\hat{\sigma}_e^2} / \text{média}) \times 100$ |
| g) Índice de variação | $\rightarrow Iv = \text{Razão } CV_c / CV_e$ |
| h) Ganho esperado com a seleção | $\rightarrow \text{Ganho} = i \times \sqrt{\hat{\sigma}_c^2} \times \sqrt{h_c^2} \times 100$
em que:
i = índice de seleção |

Os ganhos foram previstos pela seleção de dois clones em nove, seleção de 22%, que padroniza um índice de seleção de 1,3426, conforme apresentou Cotteril e Dean (1990). Para comparação múltipla das médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott.

Tabela 2. Dimensão dos corpos-de-prova e velocidade utilizadas nos ensaios mecânicos da madeira.

Table 2. Sample dimensions and speed used in the wood mechanical tests.

Ensaio	Propriedade	Dimensões do corpo-de-prova (mm)	Velocidade do teste (mm/min)
Flexão estática	- módulo de ruptura (MORc) - módulo de elasticidade (MOEc)	410 x 25 x 25	1,3
Compressão paralela às fibras	- resistência à compressão paralela às fibras (MORf) - módulo de elasticidade (MOEf)	100 x 25 x 25	0,566

Tabela 3. Estrutura da análise de variância para as características da qualidade da madeira.

Table 3. (Variance analysis for the wood quality characteristics).

Fonte de variação	Grau de liberdade	E (Q.M.)	Q.M.	F
Clone	(C - 1)	$\hat{\sigma}_e^2 + r \hat{\sigma}_c^2$	Q_1	$Q_1 \div Q_2$
Erro	(C - 1)r	$\hat{\sigma}_e^2$	Q_2	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades físicas

A análise de variância realizada para os nove clones de *Eucalyptus* spp. para densidade básica (Db), densidade a 0% (D0%), massa seca estimada, contração tangencial e radial ($p \leq 0,01$), mostrou que o efeito de clone foi altamente significativo ($p \leq 0,01$) e indicou a possibilidade de realizar a seleção dos melhores genótipos, visando à redução da instabilidade dimensional da madeira (Tabela 4). A partir dos valores dos coeficientes de variação experimental (CVe) pode-se considerar que o delineamento experimental e, ou a coleta de dados foram adequados e revelam uma razoável experimental. O coeficiente de variação experimental para a densidade básica foi semelhante ao encontrado por Trugilho *et al.* (2001). Para a massa seca, este valor foi inferior ao encontrado pelos mesmos autores (50,45%). Já Xavier (2001) obteve, para a densidade a 0%, coeficiente de variação experimental de 6,74%, semelhante ao encontrado neste estudo. A contração volumétrica apresentou maior coeficiente de variação (17,04%), seguida pelas contrações radial (11,52%) e tangencial (7,81%). Contudo, esses valores estão de acordo com os encontrados na literatura, permitindo confiança nas estimativas dos parâmetros fenotípicos e genéticos. A maior parte da variância fenotípica foi constituída pela variância genética, refletindo em altos valores de herdabilidade, de 80,44 e 79,40%

para as contrações tangencial e radial, respectivamente (Tabela 4).

Trugilho *et al.* (2001) encontraram valores de 85,88 kg de massa seca por árvore, em *Eucalyptus grandis*, aos 7 anos, inferior ao do presente trabalho. Esta diferença pode ser devida aos volumes individuais das árvores. Os valores de densidade básica estão coerentes com trabalhos de Oliveira *et al.* (2005) e Santos *et al.* (2003). A estimativa da densidade básica, para os nove clones, variou de 0,477 a 0,586 g/cm³ (Tabela 4), o que permite sua classificação em material genético de baixa e média densidade. Valores de 0,477 g/cm³ (I-953) e 0,508 g/cm³ (FGA-50), estão próximos aos citados na literatura e dentro dos limites recomendados para matéria-prima na produção de celulose e papel. Densidade de 0,586 g/cm³ (FGA-49) poderá ser indicada para fins energéticos na produção de carvões mais adequados à siderurgia. Madeiras de menores densidades são indicadas, geralmente, para o uso decorativo. Já para estruturas com esforços mecânicos é mais recomendado o uso de madeiras mais densas. Silva *et al.* (2005) encontraram melhor qualidade para a usinagem de rasgo com furadeira horizontal em madeiras de menores densidades, oriundas da região central das toras. Os valores médios das contrações tangencial, radial e volumétrica foram de 7,94; 5,88 e 14,71%, respectivamente (Tabela 4), inferiores àqueles encontrados por Caixeta *et al.* (2003) e Oliveira e Silva (2003).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para densidade básica (D_b), densidade a 0% (D_{0%}), massa seca (MS), contração tangencial (CT), contração radial (CR) e contração volumétrica (CV), em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 4. (Summary of variance analysis and estimated genetic parameters for basic density (D_b), dry density (D_{0%}), dry mass (MS), tangential, radial and volumetric shrinkages in *Eucalyptus* spp. clones at 78 months of age).

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios					
		D _b (g/cm ³)	D _{0%} (g/cm ³)	MS (kg/árvore)	CT (%)	CR (%)	CV (%)
Clones	8	0,0033**	0,0058**	3032,91**	1,97**	2,23**	11,59 ^{ns}
Resíduo	18	0,0006	0,0012	500,29	0,39	0,46	6,29
Média		0,525	0,679	129,25	7,94	5,88	14,71
CV _e (%)		4,49	5,03	17,30	7,81	11,52	17,04
CV _c (%)		5,71	5,76	22,48	9,15	13,06	-
σ _f ²		0,0011	0,0019	1010,97	0,65	0,74	-
σ _e ²		0,0002	0,0004	166,76	0,12	0,15	-
σ _c ²		0,0009	0,0015	844,21	0,52	0,58	-
h _c ²		82,93	79,73	83,50	80,44	79,40	-
CV _c / CV _e		1,27	1,15	1,30	1,17	1,13	-
Ganho		0,037	0,049	35,65	0,87	0,92	-
Ganho (%)		6,98	6,89	27,58	11,02	15,63	-

** - Significativo; ns - Não significativo pelo teste de F ($p \leq 0,01$);

CV_e: coeficiente de variação experimental, CV_c: coeficiente de variação genética, σ_f²: variação fenotípica, σ_e²: variação ambiental, σ_c²: componente quadrático genotípico, h_c²: coeficiente de determinação genotípica, CV_c / CV_e: índice de variação; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção de 2 clones.

As estimativas de herdabilidade foram de elevada magnitude para a densidade básica (82,93%), densidade a 0% (79,73%), massa seca (83,50%), contração tangencial (80,44%) e contração radial (79,40%), demonstrando que esses caracteres estão sob alto controle genético e possibilitarão ganhos expressivos com a seleção. A relação entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental (CVc/CVe) obtidos foi maior que a unidade, que segundo Kageyama (1980) e Vencovsky (1978) trata-se de importante indicador para o ganho genético na seleção, mostrando situação favorável. A predição de ganhos genéticos na seleção constitui-se em grandes contribuições da genética quantitativa (CRUZ e REGAZZI, 1994). Numa intensidade de seleção direta de 22%, o ganho foi de 27,58% para a massa seca (aumento médio de 35,65 kg/árvore). Para a densidade básica e densidade a 0% os ganhos foram de 6,98 e 6,89%, com seleção de dois clones superiores. Comparativamente, Moura (2000) obteve 11,95% para o ganho da densidade básica. O menor valor encontrado pode ser atribuído ao material utilizado no presente trabalho, que foi a partir de clones previamente selecionados. Já para as contrações tangencial e radial os ganhos diretos foram de -11,02 e -15,63%, respectivamente. Valores negativos proporcionam redução para os caracteres, pois se busca madeiras com menores contrações, isto é, mais estáveis dimensionalmente.

Os resultados das comparações múltiplas para a densidade básica e a 0%, massa seca e contrações tangencial, radial e volumétrica encontram-se na Tabela 5.

Para a densidade básica e a 0%, os clones selecionados foram FGA-49 (0,586 e 0,757 g/cm³) e I-380 (0,557 e 0,720 g/cm³). Para massa seca, os clones selecionados foram FGA-30 (192,18 kg) e

FGA-34 (150,32 kg). Observa-se que para esses caracteres foram selecionados clones que apresentaram as maiores médias, com objetivo de aumentar as densidades e a massa seca. Para a contração tangencial foram selecionados os clones FGA-30 (6,90%) e I-249 (7,01%) e para a contração radial foram selecionados os clones FGA-35 (4,65%) e o FGA-30 (5,07%). Nestes casos, os clones selecionados foram aqueles que apresentaram menores médias, ou seja, aqueles que possuem menores instabilidades dimensionais, estando menos sujeitos aos empenamentos devido à secagem. A seleção do clone FGA-30 permite obtenção de material com baixos valores das contrações tangencial e radial, simultaneamente. Este fato pode gerar benefícios para o rendimento de madeira serrada, após o processamento da madeira.

Propriedades mecânicas

Observa-se que o efeito de clone foi altamente significativo ($p < 0,01$), para módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras (MOEc), resistência à compressão paralela às fibras (MORc), módulo de elasticidade à flexão estática (MOEf) e o módulo de ruptura (MORf), cujos coeficientes de variação experimental foram, respectivamente, de 4,51; 3,02; 4,51 e 4,64% (Tabela 6), indicando um nível de alta precisão experimental. Já as estimativas de herdabilidade foram de 87,43 (MOEc), 94,54% (MORc), 94,95% (MOEf) e 90,02% (MORf), que permitiram estimar os respectivos ganhos de 8,63; 9,50; 14,79 e 10,26%. O forte controle genético na expressão destes caracteres também foi verificado por Moura (2000) e Xavier (2001). Já Oliveira (2005) obteve ganhos genéticos semelhantes, de 5,37% (MOEc), 8,05% (MORc), 9,15% (MOEf), e 7,00% (MORf). O índice de variação (CVc/CVe) foi superior a uma unidade em todas

Tabela 5. Valores médios para densidade básica (D_b), densidade a 0% ($D_{0\%}$), massa seca, contração tangencial (CT), contração radial (CR) e contração volumétrica (CV), comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância, em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 5. (Average values of basic density (D_b), dry density ($D_{0\%}$), dry mass, tangential shrinkages (CT), radial shrinkages (CR), and volumetric shrinkages (CV) compared through the grouping test of Scott-Knott, 5% of significance, in *Eucalyptus* spp. clones at age 78 months).

Clones	D_b (g/cm ³)	$D_{0\%}$ (g/cm ³)	Massa seca (kg)	CT (%)	CR (%)	CV (%)
FGA-49	0,586 a	0,757 a	146,51 b	7,90 b	6,49 a	15,35 a
FGA-35	0,513 b	0,653 b	103,66 c	7,44 b	4,65 b	12,52 a
FGA-34	0,524 b	0,640 b	150,32 b	8,64 a	6,96 a	14,18 a
FGA-30	0,540 a	0,690 a	92,18 a	6,90 b	5,07 b	14,74 a
I-953	0,477 b	0,610 b	89,91 c	9,34 a	5,56 b	16,49 a
I-601	0,493 b	0,700 a	115,46 c	7,78 b	5,40 b	13,38 a
I-380	0,557 a	0,720 a	123,80 c	7,76 b	5,84 b	13,06 a
I-249	0,531 b	0,677 b	100,49 c	7,01 b	5,71 b	13,80 a
FGA-50	0,508 b	0,670 b	140,92 b	8,69 a	7,24 a	18,82 a

médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

as propriedades de resistência mecânica estudadas. Os valores encontrados no presente trabalho são coerentes com aqueles apresentados por outros pesquisadores, mesmo avaliando outros materiais genéticos de idades diferentes.

Os valores médios e a comparação múltipla realizada para os caracteres de resistência mecânica encontram-se na Tabela 7. Para todas as propriedades mecânicas da madeira foi selecionado o clone I-380. Este fato é corroborado por Kollmann e Cotê (1968) que relataram sobre a forte influência da densidade nas propriedades mecânicas da madeira, considerando que este mesmo clone foi selecionado para a densidade básica. O clone I-601 foi selecionado para os

módulos de elasticidade (MOEc e MOEf). Já o clone FGA-30 foi selecionado para os módulos de ruptura (MORc e MORf).

CONCLUSÕES

O efeito de clone foi altamente significativo nas propriedades físicas e mecânicas da madeira, com exceção da contração volumétrica.

Foi observado potencial genético para programas de melhoramento com altas herdabilidades e possibilidades de consideráveis ganhos com a seleção.

Os clones FGA-49 e I-380 apresentaram maiores densidades.

Tabela 6. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para módulo de elasticidade à compressão (MOEc), resistência à compressão (MORc), módulo de elasticidade à flexão (MOEf) e módulo de ruptura (MORf), em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 6. (Summary of variance analysis and estimated genetic parameters for modulus of elasticity in compression parallel to the grain (MOEc), compression strength parallel to the grain (MORc), elasticity modulus in static bending (MOEf) and rupture modulus (MORf) in *Eucalyptus* spp. clones at the 78 months of age).

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios (MPa)			
		MOEc	MORc	MOEf	MORf
Clones	8	977561,3**	47,3**	1708462,8**	213,9**
Resíduo	18	122851,3	2,5	86156,6	21,3
Média		7763,7	53,0	6506,7	99,5
CV _e (%)		4,51	3,02	4,51	4,64
CV _c (%)		6,87	7,28	11,30	8,05
σ_f^2		325853,78	15,79	569487,62	71,32
σ_e^2		40950,44	0,86	28718,87	7,12
θ_c^2		284903,34	14,93	540768,75	64,20
h _c ²		87,43	94,54	94,95	90,02
CV _c / CV _e		1,52	2,40	2,51	1,73
Ganho		670,09	5,04	962,09	10,21
Ganho (%)		8,63	9,50	14,79	10,26

**Significativo, pelo teste de F ($p \leq 0,01$).

CV_e: coeficiente de variação experimental, CV_c: coeficiente de variação genética, σ_f^2 : variação fenotípica, σ_e^2 : variação ambiental, θ_c^2 : componente quadrático genotípico, h_c²: coeficiente de determinação genotípica, CV_c / CV_e: índice de variação; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção de 2 clones.

Tabela 7. Valores médios para módulo de elasticidade à compressão (MOEc), resistência à compressão (MORc), módulo de elasticidade à flexão (MOEf) e módulo de ruptura (MORf), comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância, em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 7. (Average values of elasticity modulus in compression parallel to the grain (MOEc), compression strength parallel to the grain (MORc), modulus of elasticity in static bending (MOEf) and modulus of rupture (MOEc), compared through the grouping test of Scott-Knott, 5% of signification, in *Eucalyptus* spp. clones at the 78 months of age).

Clone	MOEc (MPa)	MORc (MPa)	MOEf (MPa)	MORf (MPa)
FGA-49	7825,68 a	54,65 b	6526,55 c	103,34 a
FGA-35	7105,62 b	49,41 c	5810,52 e	85,79 b
FGA-34	7948,07 a	53,50 b	6676,04c	99,81a
FGA-30	8158,36 a	56,08 b	6855,53c	111,06 a
I-953	6813,74 b	46,41 d	5505,62 e	92,00 b
I-601	8282,80 a	55,81 b	7298,24 b	107,11 a
I-380	8591,17 a	59,11 a	7822,93 a	107,64 a
I-249	7735,11 a	53,24 b	5798,39 e	95,45 b
FGA-50	7413,35 b	49,48 c	6266,62 d	93,41 b

*médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

Para a massa seca da árvore, os clones FGA-30 e FGA-34 apresentaram maiores valores.

Os clones FGA-30 e I-249 apresentaram menores contrações tangenciais e os clones FGA-35 e FGA-30 apresentaram menores contrações radiais.

Para as propriedades mecânicas, o clone I-380 obteve o maior destaque.

O clone I-601 apresentou maiores MOEc e MOEf e o clone FGA-30 apresentou maiores MORc e MORf.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standards**. Denver, 1997. p.23-53. (D143/94: standard methods of testing small clear specimens of timber).

CAIXETA, R.P.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J.T. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.43-51, 2003.

COTTERIL, P.P.; DEAN, C.A. **Successful tree breeding with index selection**. Melbourne: CSIRO, 1990. 80p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442p.

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

FLYNN, B.; SHIELD, E. ***Eucalyptus* progress in higher value utilization: a global review**. Tacoma: Robert Flynn & Associates, 1999. 212p.

KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden**. 1980. 125p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1980.

KOLLMANN, F.; COTÊ, W. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. 592p. cap.1.

MOURA, M.C.O. **Variações em características do crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus***. 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OLIVEIRA, A.N. **Previsão de ganho genético nas propriedades da madeira de *Eucalyptus* avaliadas em amostragens destrutivas e não destrutivas**. 2005. 78p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C. Variação radial da re-tratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

SANTOS, P.E.T.; GERALDI, I.O.; GARCIA, J.N. Estimativas de parâmetros genéticos de propriedade físicas e mecânicas da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.63, p.54-64, 2003.

SILVA, J.R.M.; MUÑIZ, G.I.B.; LIMA, J.T.; BONDUELLE, A.F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.479-487, 2005.

SKAAR, C. **Wood-water relations**. Berlin: Springer Verlag, 1988. 263p.

STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press Company, 1964. 549p.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.M.; LINO, A.L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v.7, n.1, p.104-114, 2001.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-199.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).

XAVIER, K.G. **Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliada por marcadores RAPD, e variações nas propriedades da madeira**. 2001. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ZOBEL, B.J.; JETT, J.B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337p.

Recebido em 29/03/2006

Aceito para publicação em 29/10/2007