

# DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL) E SUA RELAÇÃO COM AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DA ÁRVORE EM CLONES DE *Eucalyptus*

Paulo Fernando Trugilho<sup>1</sup>, Sebastião Carlos da Silva Rosado<sup>1</sup>, José Tarcísio Lima<sup>1</sup>, Franciane Andrade de Pádua<sup>2</sup>, Marcos Aurélio Mathias de Souza<sup>3</sup>

(recebido: 17 de novembro de 2006; aceito: 22 de março de 2007)

**RESUMO:** Os objetivos do presente estudo foram: a) verificar a variação da DRL em função da posição longitudinal no tronco (1,3 e 3,0 m de altura) das árvores; b) determinar a relação existente entre a DRL com o diâmetro a 1,3 m de altura do solo (DAP) e da altura total (h) e; c) estimar os seus parâmetros genéticos e fenotípicos das características estudadas. Foram usados 11 clones, híbridos naturais de *Eucalyptus*, provenientes da Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do Estado de Minas Gerais. O extensômetro mostrou-se eficiente e rápido na medição da DRL, tornando-se uma ferramenta útil para identificar árvores com diferentes níveis de tensões. A deformação residual longitudinal apresentou diferença significativa entre clones e não foi significativa para posição longitudinal do tronco. Não houve correlação significativa entre a deformação residual longitudinal e as características de crescimento da árvore. Tanto a DRL, quanto às características de crescimento apresentaram altos valores de herdabilidade, mostrando com isso alto controle genético na expressão dessas características e grande potencial para o melhoramento genético.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, madeira, deformação residual longitudinal, tensão de crescimento.

## LONGITUDINAL RESIDUAL STRAIN (DRL) AND ITS RELATIONSHIP WITH THE CHARACTERISTICS OF THE TREE GROWTH IN *Eucalyptus* CLONES

**ABSTRACT:** The objectives of the present study were: a) to verify the variation of DRL between two longitudinal position (1,3 m and 3 m height) in the stem of trees; b) to determine the relationship between DRL with diameter at 1,3 m of soil height (DBH) and total height (h) and; d) to estimate genetic and phenotypic parameters of the studied characteristics. Eleven natural hybrid *Eucalyptus* clones were used. These clones were sampled at the Fazenda Riacho, which belongs to the Companhia Mineira de Metais of the Votorantim Group, located at Paracatu, region Northwest of Minas Gerais State, Brazil. According to the results the extensometer was efficient and fast for the measurement of DRL, becoming a useful tool to identify trees with different intensities of growth stresses. The differences of DRL amongst clones were statistically significant, however the differences of DRL between the two longitudinal positions in the stem were not statistically significant. There was no significant statistical correlation between DRL and growth characteristics of the trees. Both DRL and growth characteristics resulted in high genetic heritability, indicating that these characteristics are under high genetic control, and therefore with potential for genetic improvement.

Key words: *Eucalyptus*, wood, longitudinal residual strain, growth stresses.

### 1 INTRODUÇÃO

Além dos atributos normalmente citados que tornam o gênero *Eucalyptus* importante como fonte de matéria-prima fabril, Assis (1999) destaca outros de importância como sua capacidade produtiva, adaptabilidade a diversos ambientes e, sobretudo, a expressiva diversidade de espécies que possui, tornando possível atender os requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira.

Entretanto, a madeira da grande maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, apresenta

limitações técnicas quanto à substituição das madeiras tropicais na indústria madeireira. A mais importante dessas limitações são as rachaduras e empenamentos de tábuas e toras, que constituem o principal fator de redução do rendimento industrial, sendo que ambas são causadas pelas tensões de crescimento.

As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está de pé, mas tão logo esta é cortada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos de toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento (FERRAND, 1983). Sendo assim, a zona periférica da tora, sob tração,

<sup>1</sup>Professores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – trugilho@ufla.br; scrosado@ufla.br; jtlima@ufla.br

<sup>2</sup>Doutoranda do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – paduafa@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Pós-Graduando do Departamento de Engenharia e Tecnologia da Madeira da UFPR – Avenida Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico – 80.120-170 – Curitiba – PR.

tende, após o abate, a diminuir e a parte central a expandir, causando com isso as rachaduras de topo nas toras (MALAN, 1979). As tensões de crescimento ocorrem na árvore antes da derrubada, atuando como uma forma de lhes conferir estabilidade (WYK, 1978).

Estas tensões de crescimento podem ser determinadas a partir da medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro de um tronco de uma árvore (LISBOA, 1993). Desta forma, os processos de medição determinam as deformações e não as tensões.

Os objetivos do presente estudo foram: a) verificar a variação da deformação residual longitudinal em relação à posição longitudinal de amostragem (1,30 m e 3,00 m) nas árvores; b) verificar a relação existente entre a deformação residual longitudinal com o diâmetro a 1,30 m altura do solo (DAP) e a altura total (h) da árvore e; c) estimar os parâmetros genéticos das características estudadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material experimental e local de amostragem

Foram utilizados 11 clones de híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade, plantados no espaçamento 10 x 4 m, em regime agrosilvopastoril, onde, no primeiro ano foi plantado arroz, no segundo soja e do terceiro em diante, pastagem para gado de corte. Tais clones são provenientes de teste clonal da Fazenda Riacho que pertence à Companhia Mineira de Metais (CMM-Agro) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do Estado de Minas Gerais. A área está situada a 17°36'09" de latitude Sul, 46°42'42" de longitude Oeste de Greenwich e altitude 550 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 24° C e a precipitação média anual é de 1450 mm.

### 2.2 Seleção dos clones

Os clones foram inicialmente classificados quanto ao crescimento, sendo selecionados os três mais produtivos, os quatro menos produtivos e os quatro de produtividades intermediárias do local. Foram avaliadas três árvores por clone em duas posições longitudinais: a 1,30 m de altura do solo (DAP) e a três metros de altura em relação ao solo. Essas árvores foram escolhidas dentro de um teste clonal, desconsiderando as árvores da bordadura do experimento.

Adotou-se, ainda, como critério de seleção das árvores a forma do fuste, a ausência de bifurcação e boas condições fitossanitárias.

### 2.3 Avaliação das características de crescimento

Foram considerados como características de crescimento o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP) e a altura total (h) da árvore. O DAP foi mensurado com casca por meio de uma fita diamétrica, em centímetros. A altura total foi determinada com trena após a derrubada das árvores. O DAP médio e a altura total média foram calculados a partir da média aritmética das alturas totais das três árvores avaliadas.

### 2.4 Avaliação da deformação residual longitudinal (DRL)

A deformação residual longitudinal (DRL) foi determinada na árvore em pé em duas posições longitudinais do tronco comercial, na altura do DAP e a 3 m de altura em relação ao solo, sendo medida na direção norte, sul, leste e oeste, conforme orientação do fabricante do aparelho utilizado. Para a medição da DRL foi usado o extensômetro modelo CIRAD-Forêt. O método está descrito detalhadamente no trabalho de Souza (2002).

A tensão de crescimento longitudinal é proporcional ao valor da DRL média, sendo obtida de forma indireta.

### 2.5 Delineamento estatístico

Inicialmente foi realizada uma análise de variância para a DRL considerando-se o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, disposto em parcela subdividida, sendo o efeito do clone a parcela e, a posição longitudinal (1,3 m e 3 metros de altura no tronco) representa a subparcela dentro da parcela. Esta análise visa verificar o efeito da DRL em relação à posição longitudinal no tronco das árvores.

O modelo estatístico utilizado nesse delineamento foi:

$$Y_{ikj} = \mu + C_i + e_i + P_k + CP_{ik} + \varepsilon_{ik}$$

em que,  $Y_{ikj}$  é a i-ésima observação do clone i, na k-ésima posição longitudinal P e na j-ésima repetição;  $\mu$  é uma constante inerente a todas as observações;  $C_i$  é o efeito do i-ésimo clone ( $i = 1, 2, \dots, 11$ ), efeito fixo;  $e_i$  é o erro a;  $P_k$  é o efeito da k-ésima da posição longitudinal k ( $k = 1$  e  $2$ ), efeito fixo;  $CP_{ik}$  é o efeito da interação do i-ésimo clone com a k-ésima posição longitudinal, efeito fixo e;  $\varepsilon_{ik}$  é o erro b (erro experimental).

Foram, ainda, realizadas análises de variância para as características de crescimento, DAP e altura total, e utilizado o teste de Tukey-Kramer para a comparação múltipla. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_i = \mu + C_i + e_i$$

em que,  $Y_i$  é o efeito da  $i$ -ésima observação do clone  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 11$ );  $\mu$  é constante inerente a todas as observações;  $C_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo clone, efeito fixo e;  $e_i$  é o erro experimental associado à observação  $Y_i$ .

A estrutura de análise de variância para as características está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Estrutura da análise de variância para as características de crescimento.

**Table 1** – Structure of the variance analysis for growth characteristics.

FV	GL	E (Q.M.)	Q.M.	F
Clone	(c - 1)	$\delta_e^2 + r \phi_c^2$	$Q_1$	$Q_1 \div Q_2$
Erro	r (c - 1)	$\delta_e^2$	$Q_2$	

## 2.6 Estimativa de parâmetros genéticos

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância foi possível estimar os parâmetros genéticos fenotípicos e ambientais, de acordo com Cruz (1997), listados a seguir:

Variância fenotípica

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{Q_1}{r}$$

Variância ambiental

$$\hat{\sigma}_e^2 = Q_2$$

Variância genotípica

$$\hat{\sigma}_c^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$$

Herdabilidade clonal

$$h_c^2(\%) = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2} \times 100$$

Coefficiente de variação genético

$$CV_c \% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_c^2}}{\text{média}} \times 100$$

Coefficiente de variação fenotípico

$$CV_f \% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2}}{\text{média}} \times 100$$

Coefficiente de variação experimental

$$CV_e \% = \frac{\sqrt{Q_2}}{\text{média}} \times 100$$

Índice de variação

$$Iv = \text{Razão } CV_c / CV_e$$

De posse dos valores do coeficiente de herdabilidade foi possível estimar os ganhos diretos esperados com a seleção de clones superiores para os níveis de DRL, através da equação:

$$\text{Ganho} (\%) = (S) \times \sqrt{h_c^2} \times 100$$

em que, S é o diferencial de seleção (relação entre a média da população selecionada e a média da população) e;  $h_c^2$  é a herdabilidade clonal.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios para cada característica analisada nos clones de *Eucalyptus* utilizados estão apresentados na Tabela 2. Pelos resultados médios da DRL verifica-se a existência de grande variação entre os clones avaliados. Pela Tabela 3, apresenta-se a análise de variância considerando o delineamento inteiramente casualizado disposto em parcelas subdivididas.

Pela Tabela 2, verifica-se que a DRL média nas árvores vivas, causada pelas tensões de crescimento foi de 0,090 mm. Esse valor médio está acima do encontrado por Lima et al. (2004), 0,071mm, em clones de *Eucalyptus* em diferentes idades, de Muneri et al. (2000), que para *E. cloeziana* aos 4 anos de idade encontraram um valor de 0,077mm e de Pádua et al. (2004) que verificaram valores para a DRL em clones de híbridos de *Eucalyptus* de 0,074 mm aos 49 meses; 0,083 mm aos 92 meses e 0,069 mm aos 104 meses. Deve ser ressaltado, que as avaliações foram feitas em idades, locais e espécies diferentes e, isto pode ter contribuído para a ocorrência dessa variação entre os resultados. Verifica-se, pela Tabela 2, que os clones 2 e 10 apresentaram, respectivamente, a menor (0,059 mm) e a maior (0,145 mm) DRL média, indicando o menor e maior nível de tensão longitudinal de crescimento presente na madeira.

**Tabela 2** – Valores médios da deformação residual longitudinal (DRL) e das características de crescimento da árvore.

**Table 2** – Average values of the longitudinal residual deformation (DRL) and characteristics of the tree growth.

Clone	DRL (mm)			Características de Crescimento	
	1,3 m	3 m	Média	DAP (cm)	h (m)
1	0,069	0,078	0,073	24,5	26,9
2	0,053	0,064	0,059	31,1	28,5
3	0,120	0,121	0,120	27,6	30,8
4	0,112	0,105	0,109	26,7	26,7
5	0,082	0,079	0,080	25,8	29,3
6	0,063	0,074	0,069	26,8	30,0
7	0,070	0,076	0,073	30,7	30,6
8	0,086	0,088	0,087	28,9	31,4
9	0,087	0,096	0,096	27,9	25,9
10	0,146	0,144	0,145	26,2	29,5
11	0,077	0,078	0,078	25,0	27,0
Média	0,088	0,092	0,090	27,3	28,8

Observa-se, na Tabela 3, que somente o efeito de clone foi significativo. Como o efeito de posição longitudinal não foi significativo, a avaliação dessa característica pode ser simplificada e realizada somente na altura do DAP (1,3 m de altura do solo), o que denota uma economia de tempo e custo na avaliação da DRL. Este resultado foi semelhante ao obtido por Lima et al. (2004) em clones de *Eucalyptus*, porém em local e idade diferentes.

**Tabela 3** – Análise de variância da deformação residual longitudinal (DRL) para o delineamento em parcela subdividida.

**Table 3** – Variance analysis of the longitudinal residual strain (DRL) for the split plot design.

FV	GL	SQ	QM	Significância
Clone (C)	10	0,0390	0,0039	0,0001
Erro a	22	0,0035	0,0002	
Posição (P)	1	0,0003	0,0003	0,1553
C x P	10	0,0008	0,0001	0,8071
Erro b	22	0,0031	0,0001	
Total	65	0,0467		

O efeito de clone foi altamente significativo (Tabela 3), indicando que a característica DRL pode representar um grande potencial para avaliação de genótipos visando o melhoramento genético e a qualidade da madeira sólida. Os estudos de Lima et al. (2004) e Pádua et al. (2004) também resultaram em

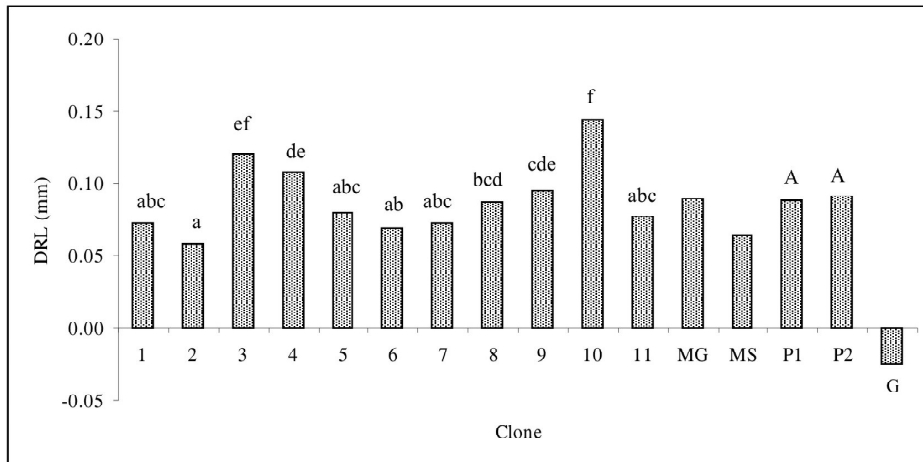
diferença significativa da DRL entre clones. Já Muneri et al. (2000) não encontraram diferença significativa entre os clones de *Eucalyptus cloeziana* aos quatro anos de idade.

Na Figura 1, ilustra-se a variação existente entre os clones analisados e apresenta-se o teste de comparação múltipla realizado. Clones e posições seguidos pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey-Kramer ( $p < 0,05$ ). Mostra, ainda, a média geral (MG) dos 11 clones, a média dos clones selecionados (MS), as posições 1 (P1 = 1,3 m) e 2 (P2 = 3,0 m) e o ganho genético (G) esperado com a seleção dos clones 2 e 6.

Os estudos da variabilidade genética, das características de interesse do melhorista, são de extrema importância e são passíveis de serem realizados por meio do conhecimento dos parâmetros genéticos, como as variâncias genotípicas e fenotípicas e coeficientes de herdabilidade (KAGEYAMA, 1980).

O conceito de herdabilidade é um dos mais importantes e mais usados em genética quantitativa, já que ela expressa a proporção de variação que é atribuída à diferença genética entre os indivíduos (ZOLBEL & TALBERT, 1984).

Pela Tabela 4, apresentam-se os resultados da análise de variância, considerando o modelo inteiramente casualizado, para a DRL, DAP e altura total, bem como, as estimativas dos seus parâmetros genéticos e fenotípicos, obtidas a partir das esperanças dos quadrados médios. Para todas as características avaliadas o efeito de clone foi altamente significativo, o que indica a existência de alta variabilidade, possibilitando obter ganho genético com a seleção de clones superiores.



**Figura 1** – Valores de DRL (mm) dos clones de *Eucalyptus* avaliados.

**Figure 1** – Values of DRL (mm) of the *Eucalyptus* clones appraised.

**Tabela 4** – Resumo das análises de variância para a deformação residual longitudinal (DRL), obtida a 1,3 m de altura do solo (DAP), DAP e altura total (h) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos.

**Table 4** – Summary of the variance analyses for the longitudinal residual deformation (DRL), obtained at 1,3 m of the soil height (DAP), DAP and total height (h) and the estimates of the genetic and phenotypic parameters.

FV	GL	Quadrado médio		
		DRL	DAP	h
Clone	10	0,00230**	14,46**	10,78**
Resíduo	22	0,00013	2,5	1,13
Média	-	0,088 mm	27,4 cm	28,8 m
CV <sub>e</sub> (%)	-	13,0	5,77	3,69
$\sigma_f^2$	-	0,00077	4,82	3,59
$\sigma_e^2$	-	0,00013	2,5	1,13
$\phi_{g}^2$	-	0,00072	3,99	3,22
$h_m^2$	-	94,3	82,7	89,5
CV <sub>c</sub> (%)	-	30,6	7,3	6,2
CV <sub>f</sub> (%)	-	31,5	8,0	6,6
CV <sub>c</sub> /CV <sub>e</sub>	-	2,4	1,3	1,7
Média-S	-	0,062 mm	30,9 cm	29,6 m
Ganho	-	-0,025 mm	2,94 cm	0,70 m
Ganho (%)	-	-28,2	10,7	2,4

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

$\sigma_f^2$ : variação fenotípica,  $\sigma_e^2$ : variação ambiental,  $\phi_g^2$ : componente quadrático genotípico,  $h_m^2$ : coeficiente de determinação genotípica, CV<sub>c</sub>: coeficiente de variação genética, CV<sub>f</sub>: coeficiente de variação fenotípica, CV<sub>e</sub>: coeficiente de variação experimental, CV<sub>c</sub>/CV<sub>e</sub>: índice de variação, Média-S: média dos dois clones selecionados (2 e 7), Ganho: ganho esperado em valores reais dos dois clones selecionados, Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção dos dois clones.

Para verificar a eficiência da exatidão dos resultados experimentais foram determinados os coeficientes de variação experimental, os quais são uma medida de variabilidade. No presente estudo, a estimativa do coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) para a DRL foi de 13%, para o DAP de 5,77%, para a altura total (h) de 3,69% (Tabela 4). Estes valores são considerados baixos, o que indica a boa confiabilidade na qualidade dos dados e a alta eficiência do delineamento usado.

Pela Tabela 4, observa-se, ainda, que os coeficientes de herdabilidade estimados foram de 94,3%, 82,7%, 89,5% e 85,4%, respectivamente para a DRL, DAP e altura total (h). Valores elevados de herdabilidade indicam alto controle genético dessas características que, assim, tornam-se passíveis de melhoramento. Vários autores também já encontraram valores elevados de herdabilidade para DAP e altura da árvore, tais como Moura (2000) e Silveira (1999) e para a DRL como Pádua et al. (2004).

O índice de variação, que é a relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação fenotípica ( $CV_g/CV_p$ ), para a DRL e para as características de crescimento, estão apresentados na Tabela 4. O índice de variação da DRL foi o maior, sendo de 2,4, superior aos encontrados para as características de crescimento estudadas. Segundo Vencovsky (1978), esta relação é um importante indicador das possibilidades de sucesso, na obtenção de ganhos genéticos, através da seleção, mostrando que a situação é favorável, quando os valores são maiores que 1,0.

Os resultados demonstram que tanto a DRL como as características de crescimento apresentam-se muito favoravelmente à obtenção de ganho com a seleção.

A capacidade de predição de ganhos genéticos, a partir de um processo de seleção, é considerado uma das grandes contribuições da genética quantitativa (PAULA, 1995). No presente estudo foram selecionados os clones 2 e 6 por apresentarem os menores valores de DRL como apresentado na Tabela 2. A seleção desses dois clones proporcionará um ganho genético esperado de 2,94 cm para o diâmetro à altura do peito, que representa 10,7%, 0,70 m para altura total, representando 2,4%, e uma queda de 0,025 mm na deformação residual longitudinal, representando 28,2%.

O ganho genético esperado para DAP foi menor que o encontrado por Moura (2000) e próximo aos valores encontrados por Silveira (1999).

As características envolvidas no crescimento da árvore, tais como DAP e h são de suma importância para o melhorista, pois, representam a produção de um povoamento florestal.

De acordo com Tabela 5, os resultados das correlações entre as características de crescimento e DRL foram baixos, indicando uma fraca influência das características de crescimento sobre esta propriedade. Este resultado indica que a tensão de crescimento também não deve ser afetada pelas características de crescimento, pois a DRL é uma medida indireta dessa tensão.

Pela Figura 2, mostra-se a variação observada entre os clones para as características de crescimento consideradas e o teste de comparação múltipla realizado. Valores médios seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-Kramer ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 5** – Correlação fenotípica entre a deformação residual longitudinal (DRL), diâmetro a 1,3 m de altura do solo (DAP) e altura total (h).

*Table 5* – Phenotypic correlation between longitudinal residual deformation (DRL), diameter at 1,3 m of the soil height (DAP) and total height (h).

	DRL	DAP	h
DRL	1	-0.26ns	0.10ns
DAP		1	0.42ns
h			1

ns não-significativo a 1% de probabilidade.

#### 4 CONCLUSÕES

A deformação residual longitudinal média (DRL) para os 11 clones avaliados foi de 0,090 mm.

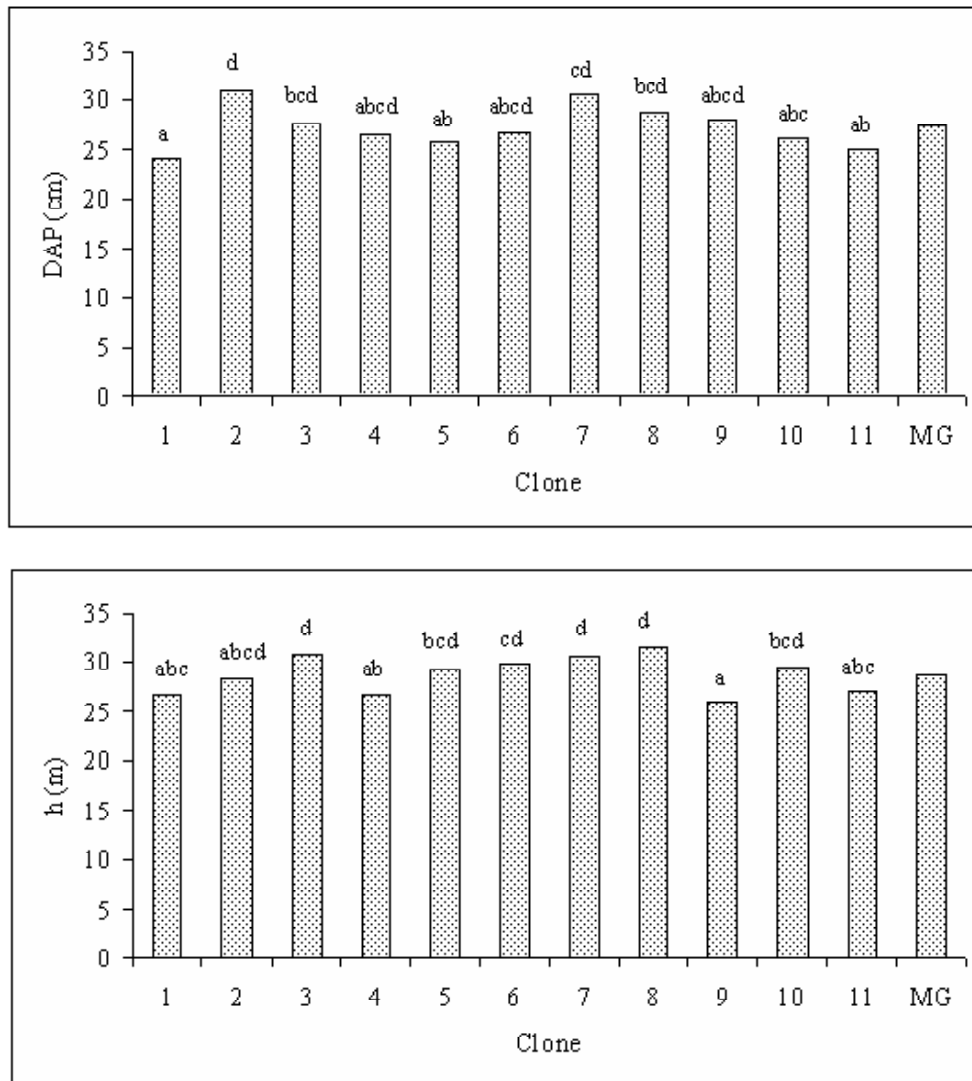
Não houve diferença estatística significativa na DRL determinada a 1,3 m e a 3 m de altura, demonstrando que a medição a 1,3 m é suficiente para estimar a DRL da árvore, o que permite um ganho tempo e redução de custos no processo amostragem e coleta de dados.

Os coeficientes de variação experimental foram considerados baixos para todas as características avaliadas, indicando uma boa precisão experimental.

Os valores de herdabilidade foram elevados para todas as características avaliadas, indicando que as mesmas estão sob forte controle genético.

Não foi observada correlação significativa entre a DRL com as características de crescimentos DAP e altura total.

Para todas as características avaliadas, o efeito de clone foi altamente significativo, o que torna possível a utilização dos mesmos em um amplo programa de melhoramento florestal, buscando tanto o melhoramento das características de crescimento quanto da qualidade da madeira.



**Figura 2** – Valores médios do diâmetro a 1,3 m de altura do solo (DAP) e da altura total (h).

**Figure 2** – Average values of the diameter at 1,3 m of the soil height (DAP) and total height (h).

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. **Workshop...** Viçosa: DEF/SIF/UFV/IEF, 1999. p. 61-72.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.
- FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of eucalyptus. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 13, n. 1, p. 75-81, 1983.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em procedências de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden**. 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1980.

- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.
- LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 1993. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- MALAN, F. S. The control of end-splitting in sawlogs: a short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p. 14-18, 1979.
- MOURA, M. C. de O. **Variações em características do crescimento em clones de *Eucalyptus***. 2000. 63 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- MUNERI, A.; KNIGHT, J.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and tree size, wood properties and timber distortion of 4 year old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In: IUFRO CONFERENCE: THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Austrália. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, 2000. p. 292-300.
- PÁDUA, F. A. de; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T.; CARDOSO JÚNIOR, A. A.; OLIVEIRA, A. C. de. Estimativa de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 152-160, 2004.
- PAULA, R. C. de. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para característica de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn**. 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambiente definidos pela qualidade de sítio e espaçamento**. 1999. 124 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- SOUZA, M. A. M. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATUNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-199.
- WYK, J. L. van. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 107, p. 47-53, Dec. 1978.
- ZOLBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest the improvement**. New York: J. Wiley & Sons, 1984. 505 p.