

AVALIAÇÃO DA TENSÃO DE CRESCIMENTO EM CLONES DE *Eucalyptus*

Paulo Fernando Trugilho¹
José Tarcísio Lima¹
Sebastião Carlos da Silva Rosado¹
Lourival Marin Mendes¹
Fábio Akira Mori¹
Marcos Aurélio Mathias de Souza²

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa foram de avaliar a magnitude da tensão de tração longitudinal em árvores de 11 clones de *Eucalyptus*; verificar a variabilidade existente entre os clones e; a variação em duas posições longitudinais (1,3 e a 3 m de altura). Pelos resultados verificou-se que o efeito de clone foi altamente significativo, enquanto que os efeitos de posição longitudinal e interação (clone x posição longitudinal) foram não significativos. A tensão média foi de 288 kgf/cm², sendo de 279 e 296 kgf/cm² a 1,30 e a 3 metros de altura, respectivamente. A variação da tensão entre os clones foi de 139 a 448 kgf/cm².

Palavras-chaves: Tensão de crescimento, *Eucalyptus*, clones

ABSTRACT

EVALUATION OF GROWTH STRESS IN *Eucalyptus* CLONES

The objectives this research were: a) to evaluate the magnitude of the strain of longitudinal traction in trees of eleven clones of *Eucalyptus*; b) to verify the existent variability between clones and; c) to verify the variation in two longitudinal positions (1.3 and to 3 m of height). The results showed that the clone effect was highly significant, while the effects of longitudinal position and the interaction (clone x longitudinal position) was not significant. The average tension was of 288 kgf/cm², varying from 279 and 296 kgf/cm² to 1.30 and 3 meters of height, respectively. The variation of the strain among the clones was from 139 to 448 kgf/cm².

Key words: Growth stress, *Eucalyptus*, clones

INTRODUÇÃO

As tensões de crescimento são encontradas no fuste de árvores verdes, as quais podem ser orientadas longitudinalmente, tangencialmente e radialmente

(Kubler, 1987). Estas tensões representam um tipo de tensão gerada durante o crescimento da árvore que ajudam a manter o equilíbrio da árvore, não devendo ser confundidas com a tensão resultante do peso da copa da árvore, ou da tensão da seiva

¹ Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras

² Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná

Recebido para publicação em 2002.

ou, mesmo as resultantes da madeira de reação e das tensões de secagem (Dinwoodie, 1966). As tensões de crescimento mais severas e variáveis são as longitudinais, razão pela qual a maioria dos estudos tem sido a elas direcionados (Wilkins, 1986).

As tensões de crescimento originam-se na região cambial dos troncos das árvores, durante a maturação das paredes celulares. Segundo Wilkins (1986) existem duas hipóteses mais aceitas para explicar as causas dessas tensões: uma formulada por Watanabe e Boyd relaciona o inchamento da parede celular e conseqüente tração da molécula de celulose à deposição de lignina; a outra hipótese, de Kubler, propõe que o encurtamento das células periféricas seja resultante da contração dos cristais de celulose das microfibrilas na camada S_2 .

As tensões de crescimento originam-se na região cambial dos troncos das árvores, durante a maturação das paredes celulares. Essas tendem a contraírem-se longitudinalmente e simultaneamente expandirem-se lateralmente. Desde que essas células são partes integrantes dos tecidos das árvores, elas são quase que inteiramente impedidas de sofrerem essas alterações dimensionais (Wilhelmy & Kubler, 1973).

Estas tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está de pé, mas tão logo ela 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). Assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o abate, a contrair e a parte central, sob compressão, a expandir, o que causa as rachaduras de topo nas toras (Malan, 1979). As tensões de crescimento ocorrem na árvore antes da derrubada, atuando como uma forma de dar-lhes estabilidade (Van Wyk, 1978).

Boyd (1950), citado por Gaiotto (1993), para efeito de comparação quantitativa, verificou que as tensões de crescimento em eucaliptos variam de 70 a 280 kgf/cm², que são valores superiores aos das cargas de ruptura no ensaio de tração normal às fibras.

Existem várias formas de se estimar as tensões de crescimento, sendo que cada método possui a sua particularidade. As tensões podem ser

determinadas com base na medição da alteração nos comprimentos de peças de madeira (flecha ou deslocamento), após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro do tronco de uma árvore (Lisboa, 1993).

Atualmente, busca-se estudar as tensões de crescimento, na expectativa de avaliar a sua relação com a ocorrência de defeitos na madeira sólida e com isso tentar amenizar o seu efeito, provocando a melhoria da qualidade do produto, promovendo a agregação valor e aumentando a competitividade.

Nicholson (1971) idealizou um método para medir a tensão em pequenas áreas ao redor da circunferência dos troncos. Seu objetivo era desenvolver um método rápido de determinação da tensão longitudinal de crescimento na superfície de árvores em pé e em toras. Assim, poderia comparar os níveis de tensão entre árvores em programas de melhoramento e testar tratamentos de neutralização de tensões nas toras. Além desse, outros métodos foram desenvolvidos, como por exemplo o método de Jacobs (1938). Este avalia as deformações dos sarrafos retirados de uma prancha diametral. O método das perfurações de orifícios foi desenvolvido por Boyd (1950). Contudo ambos são considerados destrutivos.

A avaliação da tensão de crescimento pelo método indireto e não destrutivo, por meio da deformação residual longitudinal mensurada pelo extensômetro (medidor de deformações de crescimento) pode ser uma ferramenta muito útil para a ciência e tecnologia da madeira e para o melhoramento florestal. No caso da tecnologia, a importância caracteriza-se pelo estudo da distribuição dessas forças ao longo do tronco e suas relações com outras características da madeira. No caso do melhoramento florestal, a importância está na possibilidade de seleção do material genético de melhor qualidade, apresentando menor propensão de defeitos originários das tensões de crescimento. Por ser um método simples e rápido, conseqüentemente reduzirá custos, pois, dispensará o abate da árvore e o preparo das amostras em laboratórios.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a magnitude da tensão de tração longitudinal em árvores de 11 clones de *Eucalyptus*, verificar a variabilidade existente entre os clones e a variação em duas posições longitudinais (1,3 e a 3 m de altura).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 11 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, com 6 anos de idade. Os clones foram 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. São provenientes de teste clonal na Fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais (VM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada município de Paracatu, região noroeste do estado de Minas Gerais.

De cada clone foram selecionadas três árvores em duas posições longitudinais, ou seja, a 1,30 m (DAP) e a três metros de altura em relação ao solo. Essas árvores foram escolhidas dentro de um teste clonal, não sendo consideradas as árvores da bordadura. Adotou-se, ainda, como critério de seleção das árvores, a forma do fuste, a ausência de bifurcação e boas condições fitossanitárias.

A tensão de crescimento longitudinal foi estimada pela deformação residual longitudinal (DRL), determinada na árvore em pé, e o módulo de elasticidade do ensaio de tração paralela às fibras. A DRL foi medida na direção norte, sul, leste e oeste, conforme orientação do fabricante do aparelho utilizado. Para a medição da DRL foi utilizado o extensômetro (medidor de deformações de crescimento).

O método utilizado consiste em fixar dois pinos no tronco sem casca. Um pino é situado distante do outro 45 mm, tendo o cuidado de fixá-los na direção da grã. Tais pinos estão conectados a um medidor de deformações, cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após a calibragem do aparelho, é feito um furo de 20 mm de diâmetro com um arco de pua entre os dois pinos, com o

objetivo de liberar as tensões longitudinais. A deformação ou deslocamento é registrado em um mostrador digital. A estimativa da tensão de crescimento longitudinal é obtida por meio da equação 1.

$$TCL = \frac{DRL * MOE}{45} \quad (1)$$

onde, TCL é a estimativa da tensão de crescimento longitudinal (kgf/cm²), MOE é o módulo de elasticidade para o ensaio de (kgf/cm²), DRL é a deformação longitudinal residual ou deslocamento (mm) e 45 é a distância entre os pinos (mm). Essa equação é sugerida pelo fabricante do equipamento.

O ensaio de resistência à tração paralela às fibras foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio, modelo Emic DL – 30.000 conforme o procedimento descrito na norma D 143 – 94 (Standard methods of testing small clear specimens of timber) (ASTM, 1997).

Os corpos-de-prova destinados ao ensaio de tração paralela às fibras foram obtidos nas duas posições longitudinais, o mais próximo possível dos locais de determinação da DRL, ou seja, na região mais externa do alburno. A dimensão dos corpos-de-prova seguiu a orientação da norma D 143-94 da ASTM. Antes dos ensaios, os corpos-de-prova foram acondicionados em uma sala de climatização à temperatura de 20 ± 3°C e umidade relativa de 60%, até atingirem peso constante. Dessa forma, os testes foram realizados com a madeira em seu equilíbrio higroscópico, a cerca de 12% de umidade. As deformações ou deslocamentos apresentados pelos corpos-de-prova foram obtidos por extensômetro fixado diretamente nos mesmos.

A avaliação experimental considerou o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições (árvores), disposto em parcela subdividida, onde o efeito do clone é a parcela e a posição longitudinal (1,30 e 3 metros de altura) representa a subparcela.

O modelo estatístico utilizado no delineamento fica conforme equação 2.

$$Y_{ik} = \mu + C_i + e_i + P_k + CP_{ik} + \epsilon_{ik} \quad (2)$$

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios da deformação residual longitudinal, módulo de elasticidade e a estimativa da tensão longitudinal de crescimento estão apresentados na Tabela 1. Os valores obtidos para o módulo de elasticidade estão de acordo com os normalmente encontrados na literatura. Segundo

Lima (1999), estes clones podem ser classificados como sendo de média resistência.

Verifica-se que o valor médio relativo à deformação residual longitudinal (DRL) foi de 0,090 mm. Esse valor médio está acima do encontrado por Lima (2001), de 0,071 mm, que trabalhou com clones de *Eucalyptus* em diferentes idades e do de Muneri et al. (2000) que, para *Eucalyptus cloeziana* aos 4 anos de idade, obtiveram valor de 0,077 mm. Deve ser ressaltado que as idades, os locais de avaliação e as espécies estudadas não são as mesmas, o que pode ter contribuído para a ocorrência dessa diferença. Os clones 2 (0,059 mm) e 10 (0,145 mm) foram os que apresentaram a menor e a maior média de deformação residual longitudinal (DRL), respectivamente. Estes mesmos clones foram os que apresentaram os menores e maiores valores de tensão de crescimento longitudinal, sendo de, respectivamente, 139 e 448 kgf/cm². Essa faixa de variação foi maior que a encontrada por Boyd (1950),

Tabela 1. Valores médios da deformação residual longitudinal (DRL), módulo de elasticidade (MOE) e estimativa da tensão de crescimento longitudinal (TCL).

Table 1. Average values of the longitudinal residual deformation (DRL), modulus of elasticity (MOE) and estimate of the longitudinal growth stress (TCL).

Clone	DRL (mm)			MOE (kgf/cm ²)			TCL (kgf/cm ²)		
	P ₁	P ₂	Média	P ₁	P ₂	Média	P ₁	P ₂	Média
1	0,069	0,078	0,073	145606	135629	140618	224	234	229
2	0,053	0,064	0,059	95621	114865	105243	112	165	139
3	0,120	0,121	0,120	161005	148371	154688	433	402	417
4	0,112	0,105	0,109	140443	123492	131968	354	290	309
5	0,082	0,079	0,080	155176	168830	162003	283	296	290
6	0,063	0,074	0,069	127502	140338	133920	180	225	203
7	0,070	0,076	0,073	111564	138313	124939	173	234	204
8	0,086	0,088	0,087	145735	144454	145095	280	282	281
9	0,087	0,096	0,096	157936	169253	163595	307	390	349
10	0,146	0,144	0,145	133121	145623	139372	431	464	448
11	0,077	0,078	0,078	171595	168140	169868	292	303	298
Média	0,088	0,092	0,090	140482	145210	142846	279	299	288

citado por Gaiotto (1993) (70 a 280 kgf/cm²).

A Tabela 2 apresenta o resumo da análise de variância para o delineamento experimental adotado para as variáveis DRL e TCL. Pode-se verificar que o efeito de clone foi altamente significativo, indicando a existência de grande variabilidade entre os materiais avaliados. Essa variabilidade é desejada pois possibilita a seleção de clones que apresentem menor valor de tensão de crescimento e que conseqüentemente produzirão madeira menos propensa a apresentarem defeitos indesejáveis nas peças após abate e desdobro na serraria. Verifica-se, também, que os efeitos da posição longitudinal e interação foram não significativos. Este resultado é interessante pois permite que a estimativa da tensão de crescimento seja obtida somente a 1,30 m de altura, uma vez que em posições mais altas no tronco é mais difícil a sua obtenção.

As Figuras 2 e 3 apresentam o teste de comparação múltipla para o efeito de clone em relação às duas variáveis estudadas.

Analisando os resultados presentes nas Figuras 2 e 3 pode-se verificar que, de forma geral, os clones podem ser classificados em três grupos. O grupo um seria representado pelos clones de número 1, 2, 6 e 7, com DRL e TCF média de 0,069 mm e 194 kgf/cm², respectivamente. O grupo dois seria representado pelos clones 4, 5, 8 e 11, com DRL e TCF média de 0,089 mm e 295 kgf/cm², respectivamente. O grupo três seria representado pelos

clones 3, 9 e 10, com DRL e TCF média de 0,120 mm e 405 kgf/cm², respectivamente. O grupo um, por apresentar menor valor médio de DRL e TCL, possui clones com maiores chances de produzirem madeira de melhor qualidade para finalidade de produção de sólidos.

CONCLUSÕES

O efeito de clone foi altamente significativo, indicando a existência de uma grande variação entre os materiais avaliados, tanto para a DRL como para a TCL;

Os efeitos de posição longitudinal e interação clone x posição longitudinal não foram estatisticamente significativos;

Os valores médios da DRL e TCL foram de 0,090 mm e 288 kgf/cm², respectivamente;

Os clones 2 e 10 foram os que apresentaram, respectivamente, o menor e maior valor médio de DRL e TCL;

O teste de comparação múltipla sugere uma possibilidade de classificação dos 11 clones de três grupos distintos, sendo o grupo um formado pelos clones 1, 2, 6 e 7, o grupo dois pelos clones 4, 5, 8 e 11 e o grupo três pelos clones 3, 9 e 10;

Pelos valores médios da DRL e TCL, o grupo um apresenta clones de maior potencial para produção de sólidos de madeira.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o delineamento experimental adotado para a DRL e TCL.

Table 2. Resume of the variance analysis for experimental designs adopted for DRL and TCL.

FV	GL.	DRL (m m)		TCL (kgf/cm ²)	
		QM	Significância	QM	Significância
Clone (C)	10	0,003903	0,0001	51985,369697	0,0001
Erro a	22	0,000160		5014,606061	
Posição (P)	1	0,000301	0,1553	4940,015152	0,2188
P x C	10	0,000082	0,8071	3393,915152	0,4035
Erro b	22	0,000139		3082,787879	
Total	65				

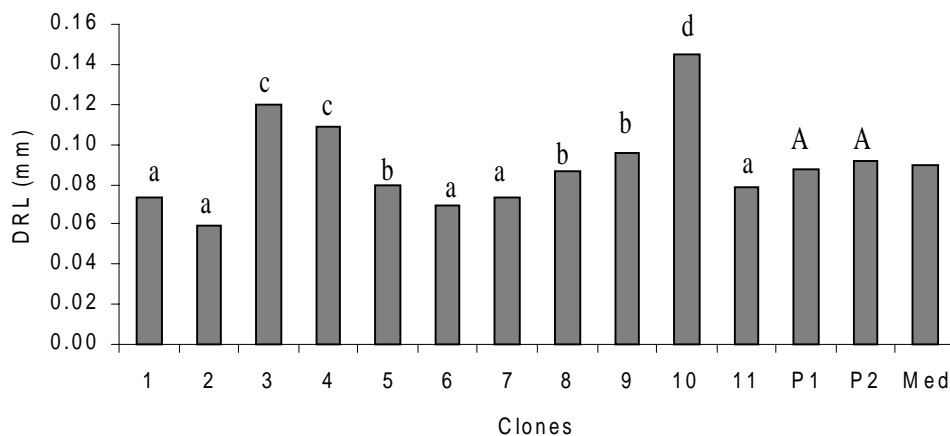


Figura 2. Comparação múltipla para o efeito de clone e posição longitudinal (P_1 e P_2) da DRL. Clones e posição longitudinal seguido pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Figure 2. Multiple comparison for longitudinal position (P_1 and P_2) and clone effect of the DRL. Clones and longitudinal position proceeded by the same letter no differ to each other, for the test of Scott-Knott ($p < 0,05$).

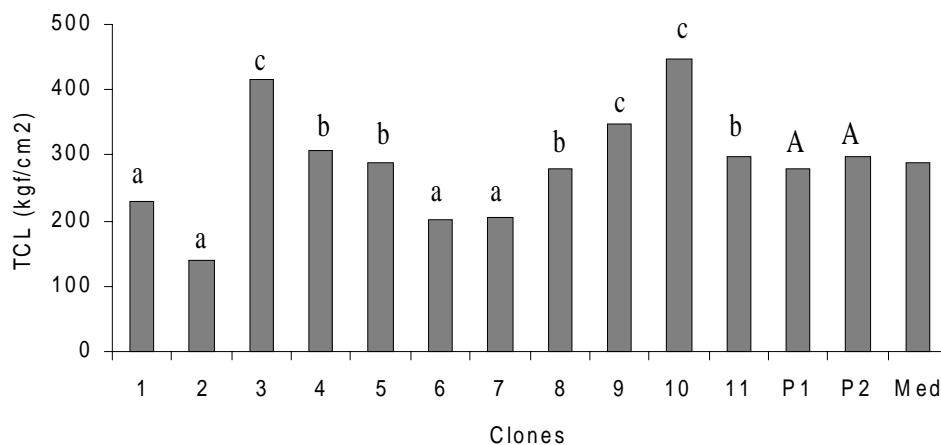


Figura 3. Comparação múltipla para o efeito de clone e posição longitudinal (P_1 e P_2) na estimativa da TCL. Clones e posição longitudinal seguido pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Figure 3. Multiple comparison for longitudinal position (P_1 and P_2) and clone effect in the estimate of TCL. Clones and longitudinal position proceeded by the same letter no differ to each other, for the test of Scott-Knott ($p < 0,05$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM. Standard Methods of Small Clear Specimens of Timber. In: _____. *Annual book of ASTM standards*, Danvers, 1997. p. 23-53 (Designation: D 143-94).
- BOYD, J. D., The growth stresses: III. The origin of growth stresses. **Australian Journal of Scientific Research**. Serie B – Biological Sciences. Melbourne, v.3, n.3, p.294 – 309, 1950.
- DINWOODIE, J. M., Growth stresses in timber: a review of literature. **Forestry**, London, v.39, n.2, p.162-270, 1966.
- FERRAND, J.Ch. Growth stresses and silviculture of eucalyptus, **Australian Forest Research**, Melbourne, v.13, n.1, p.75 – 81, 1983.
- GAIOTTO, M.R. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâminas**. ESALQ-USP, Piracicaba, 1993. 119 p.
- JACOBS, M. R. **The fiber tension of wood stens with special reference to the genus *Eucalyptus***. Canberra: Commonwealth Government Printer, 1938. 39 p. (Bulletin n° 22).
- KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Oxford, v.10, n.3, p. 61 – 119, Mar. 1987.
- LIMA, J. T. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**. Viçosa, 2001 (no prelo).
- LIMA, J.T. **Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus***. University of Wales, Bangor, 1999. 276p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira).
- LISBOA, C.D.J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 1993. 298 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.109, p.14 – 18, 1979.
- 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.
- NICHOLSON, J. E. A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs. **Wood Science and Technology**. New York, v.5, p. 40 – 48, 1971.
- VAN WYK, J. L., Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.109, p.47 – 53, Dez. 1978.
- WILHELMY, V.; KUBLER, H. Stresses and cheks in log ends from relieved growth stresses. **Wood Science**, Madison, v.6, n.2, p.136 – 142, 1973.
- WILKINS, A. P. Nature and origin of growth stresses in trees. **Australian Forestry**, Malbourne, v.49, n.1, p. 56-62, 1986.