

# DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E SUA RELAÇÃO COM ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DA MADEIRA EM CLONES DE EUCALYPTUS

Marcos Aurélio Mathias de Souza<sup>1</sup>  
Paulo Fernando Trugilho<sup>2</sup>  
José Tarcísio Lima<sup>3</sup>  
Sebastião Carlos da Silva Rosado<sup>4</sup>

## RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram verificar a variação da deformação residual longitudinal em clones de eucaliptos e determinar a sua correlação com algumas características físicas e mecânicas da madeira e com as de crescimento da árvore. Os resultados indicam que a deformação residual longitudinal (DRL) não apresentou correlação significativa com as características de crescimento da árvore e com os teores de lignina insolúvel, solúvel e total. A DRL apresentou correlação positiva e significativa com o índice de rachamento, as densidades básica e seca, desvio da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento. Palavras-Chave: Tensão de crescimento, madeira, *Eucalyptus*

## LONGITUDINAL RESIDUAL DEFORMATION AND YOUR RELATIONSHIP WITH SOME CHARACTERISTICS OF GROWTH AND OF THE WOOD IN CLONES OF EUCALYPTUS

### SUMMARY

This research aimed to evaluate the variation of the longitudinal residual deformation of eucalyptus clones and to determine the correlation among the longitudinal residual deformation and tree growth characteristics and with some wood characteristics. The results indicate that the longitudinal residual deformation (DRL) didn't present significant correlation with tree growth characteristics and insoluble, soluble and total lignin content. The DRL presented positive and significant correlation with the split index, the basic and dry density, grain angle, volumetric, radial and tangential shrinkage and cleavage strength.

Key words: Growth stress, wood, *Eucalyptus*

## INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* apresenta atributos que o torna importante fonte de matéria-prima fabril, dentre eles destaca-se a sua capacidade produtiva, a adaptabilidade a diversos ambientes e, sobretudo, a expressiva diversidade de espécies que possui, o que possibilita atender a requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira (Assis, 1999),

Por outro lado, a madeira desse gênero apresenta, de modo geral, defeitos intrínsecos, os quais comprometem decisivamente a sua utilização para usos considerados mais nobres.

Assim, apesar dos atributos de caráter silvicultural serem vantajosos os de caráter tecnológicos, quase sempre, representam limitações a utilizações pela indústria madeireira.

É comum a madeira, da grande maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, apresentar tais limitações técnicas o que prejudica de fato a substituição das madeiras tropicais pela indústria madeireira. As limitações mais importantes são representadas pelos empenamentos e rachaduras em toras e tábuas, as quais constituem os principais fatores de redução do rendimento industrial, sendo que ambas são

<sup>1</sup> Aluno de Doutorado do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da UFPR – [mams@ufpr.br](mailto:mams@ufpr.br)

<sup>2</sup> Professor - UFLA - Brasil - [trugilho@ufla.br](mailto:trugilho@ufla.br)

<sup>3</sup> Professor - UFLA - Brasil - [jtlima@ufla.br](mailto:jtlima@ufla.br)

<sup>4</sup> Professor - UFLA - Brasil - [scrosado@ufla.br](mailto:scrosado@ufla.br)

causadas principalmente pelas tensões de crescimento. Segundo Fernandes (1982), as rachaduras e empenamentos que ocorrem na madeira, acima do ponto de saturação das fibras, têm origem nas tensões de crescimento.

As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está em 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 a derrubada, a diminuir e a parte central sob compressão a expandir, o que causa as rachaduras de topo nas toras (Malan, 1979). As tensões de crescimento estão presentes na árvore antes da sua derrubada e atuam como forma de dar-lhes estabilidade (Van Wyk, 1978).

As causas das altas tensões de crescimento não são bem conhecidas, mas há suspeita de que estejam relacionadas com fatores genéticos, idades, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação do fuste (Opie et al., 1984).

Estas tensões de crescimento podem ser determinadas nas toras, após a derrubada, ou no tronco da árvore viva. Vários métodos são utilizados para se estimar o valor das tensões, sendo uns considerados mais simples e práticos e outros mais difíceis e complicados. A maioria dos métodos utiliza o princípio da medição das alterações nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a outros elementos vizinhos, dentro do tronco de uma árvore (Lisboa, 1993). Outros, similarmente, se baseiam na medição de deformações ou deslocamentos provocados por perfurações diretamente em troncos ou toras. Estas deformações ou deslocamentos estão diretamente relacionados às tensões de crescimento, especialmente a longitudinal.

Alguns trabalhos têm procurado avaliar o grau de associação existente entre as tensões longitudinais de crescimento e as características intrínsecas da madeira, como, por exemplo, o de Nicholson et al. (1972), Nicholson e Hillis (1975) e Fernandes (1982).

Os objetivos deste trabalho foram verificar a variação da deformação residual longitudinal em clones de eucaliptos e determinar a sua correlação com algumas

características físicas e mecânicas da madeira e as de crescimento da árvore.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados onze clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, com seis anos de idade. Os clones foram provenientes de teste clonal implantado em espaçamento 10 x 4 m, sob regime agrosilvopastoril, onde, no primeiro ano foi plantado arroz, no segundo soja e do terceiro em diante, pastagem para gado de corte. O teste clonal foi instalado na Fazenda Riacho, que pertence à Companhia Mineira de Metais (VMM-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 1.450 mm.

Os clones foram inicialmente classificados quanto ao crescimento. Dessa forma, foram selecionados três clones de maior produtividade volumétrica, quatro clones de menor produtividade e outros quatro clones de produtividade intermediária do local. De cada clone foram mensuradas um número de três árvores.

Adotou-se, ainda, como critério de seleção das árvores, a forma do fuste, a ausência de bifurcação, boas condições fitossanitárias e não foram consideradas as árvores da bordadura.

Foram consideradas como características de crescimento o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total (HT) e os incrementos médios anuais (IMA), levando-se em consideração o espaçamento de 10 x 4 m. O volume individual das árvores foi determinado a partir dos dados da cubagem rigorosa, onde utilizou-se a equação proposta por Smalian.

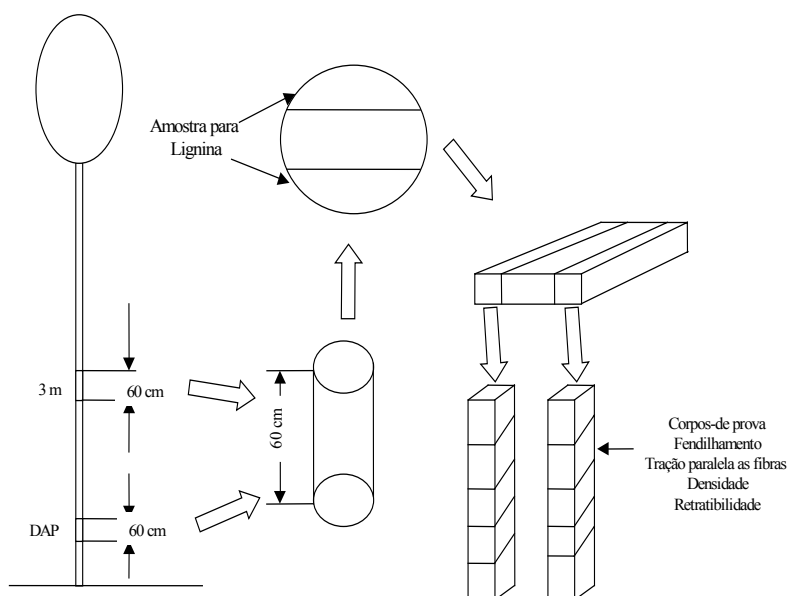
Para o cálculo do incremento médio anual (IMA) foi adotado um fator de correção ( $F_c=0,43$ ), pois a cubagem rigorosa foi feita somente até a altura de 9,30 m da árvore, ficando um volume muito expressivo como sendo considerada a ponta da árvore.

A deformação residual longitudinal (DRL) e o desvio da grã foram determinados na árvore em pé, ou seja, antes da sua derrubada, a 1,30 m (DAP) e a 3 m de altura em relação ao solo. As medições foram feitas nas direções 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) e o desvio da grã foi determinado pelo riscador. As medições foram realizadas conforme Souza (2002). Após as medições as árvores foram derrubadas e amostradas, para a determinação das características da madeira, conforme esquema apresentado pela figura 1.

Foram consideradas como características da madeira o desvio da grã, algumas características químicas, físicas e mecânicas da madeira. Para as análises físicas, químicas e mecânicas da madeira, foram utilizados os dois toretes de 60 cm retirados

da Madeira da Universidade Federal de Lavras (UFLA) para a determinação das propriedades avaliadas na madeira.

Foram consideradas como características físicas a densidade básica e seca e a retratibilidade da madeira. Para a determinação das densidades básica e seca e da retratibilidade da madeira foram utilizados os mesmos corpos-de-prova. Estes foram confeccionados nas dimensões 2,5 x 2,5 x 2,5 cm e numerados para que identificassem as árvores, as posições longitudinais e os clones de onde foram retirados. Estes foram imersos em água até atingirem a saturação completa. Na determinação dos volumes, tanto na condição de saturação e seca em estufa a  $103 \pm 2$  °C, usou-se o método hidrostático tendo como líquido deslocado o mercúrio. Periodicamente, fez-se a tomada da temperatura do líquido, a fim de fazer as devidas correções de valores de sua densidade



nas alturas do DAP e a 3 m em relação ao solo (figura 1). Esses dois toretes foram encaminhados ao Laboratório de Tecnologia

ao longo do ensaio. Na condição seca em estufa, além do volume foram determinados os pesos secos dos corpos-de-prova.

Figura 1: Esquema da amostragem na árvore para a determinação das propriedades químicas, físicas e mecânicas

Figure 1: Sampling sketch on the tree for the determination of the chemical, physical and mechanical properties

Para o estudo da retratibilidade da madeira, utilizou-se a norma ASTM D143 – 94 (American Society for Testing and Materials-ASTM, 1997). As medições das dimensões tangenciais e radiais foram realizadas com paquímetro digital, com sensibilidade de 0,01

mm, diretamente nas amostras, em locais previamente estabelecidos e demarcados.

Foram consideradas como características químicas os teores de lignina Klason insolúvel, solúvel e total na madeira. O teor de lignina insolúvel (Klason) foi

determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, tendo sido utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi tomada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel.

As amostras utilizadas para esta análise, foram retiradas das costaneiras obtidas de cada torete como mostrado na figura 1. Essas peças foram limpas superficialmente para que não houvesse contaminações de fungos, óleo e sujeiras nas amostras.

Por meio de uma desempenadeira, foram retiradas maravalhas que, posteriormente, foram moídas num moinho

Tabela 1: Resumo das condições dos ensaios (d 143 - 94, astm, 1997)

Table 1: Summary of the methods of testing (d 143 - 94, astm, 1997)

Teste	Propriedade	Velocidade do teste
Tração paralela às fibras	Resistência	1,0 mm/minuto
	Módulo de elasticidade	1,0 mm/minuto
Fendilhamento	Resistência	2,5 mm/minuto

Antes dos ensaios, os corpos-de-prova foram acondicionados em uma sala de climatização à temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60%, por aproximadamente dois meses, até atingirem peso constante. Dessa forma, os testes foram realizados com a madeira em seu equilíbrio higroscópico, a cerca de 12% de umidade.

Os dados das características mensuradas na madeira foram considerados como sendo o valor médio obtido nas duas posições de medição.

O restante do material foi transportado em toras, conforme o esquema mostrado na figura 2, para imediato desdobro na serraria da VMM. O processo de desdobro consiste na retirada de duas costaneiras (serra circular geminada) sendo em seguida, o semibloco transformado em tábuas em uma serra múltipla (corte simultâneo). As tábuas foram obtidas nas dimensões 12,0 x 2,0 cm e com comprimento de acordo com a tora de origem, em seguida, foram identificadas e medidas as

tipo Wiley, peneiradas em peneira de 40 e 60 mesh. Foi utilizada para a análise a fração retida na peneira de 60 mesh.

Foram consideradas como características mecânicas à resistência à tração paralela às fibras e resistência ao fendilhamento. Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaio, modelo Emic DL - 30.000, no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e, atenderam às determinações da ASTM (1997), seguindo o procedimento da norma D 143 - 94 (Standard methods of testing small clear specimens of timber). As condições dos ensaios mecânicos estão dispostas na tabela 1.

rachaduras de maior comprimento em ambas as extremidades. Para resolver o problema de comprimento diferente das toras utilizadas, o índice de rachamento foi determinado utilizando-se o valor médio, obtido conforme a seguinte equação:

$$IR(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{j=1}^m L_j} \times 100$$

em que,

IR(%) = índice de rachadura em percentagem;

$C_i$  = comprimento da maior rachadura, nas duas extremidades, das  $n$  tábuas obtidas nas  $m$  toras;

$L_j$  = comprimento das tábuas das  $m$  toras.

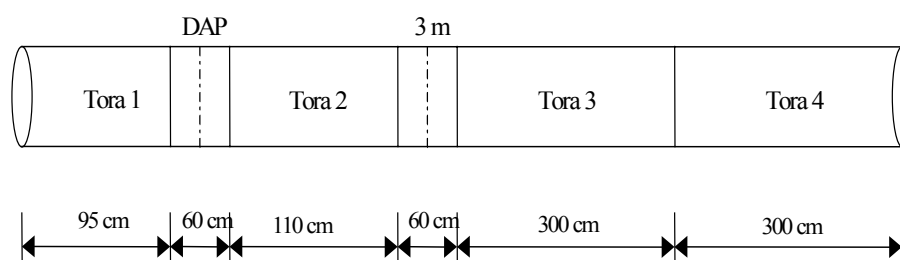


Figura 2 Esquema da retirada dos toretes para determinação das propriedades da madeira e das toras para o desdobro

Figure 2: Sampling sketch for obtaining logs for determination of wood proprieties

Os resultados foram avaliados considerando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições (árvores-amostra). Foi determinada a correlação simples existente entre as características de crescimento e as da madeira com a deformação residual longitudinal (DRL).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para as características de crescimento, deformação residual longitudinal (DRL), índice de rachamento de tábuas (IR) e desvio da grã, para os clones de Eucalyptus, encontram-se na tabela 2.

Pela tabela 2, verifica-se que a deformação residual longitudinal (DRL) média nas árvores vivas, ocasionada pelas tensões de

crescimento nos clones estudados, foi de 0,090 mm. Esse valor médio está acima do encontrado por Lima et al. (2003), 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. O clone 2 (0,059 mm) foi o que apresentou a menor média de deformação residual longitudinal (DRL), enquanto que a maior média ocorreu no clone 10 (0,145 mm). Observa-se, ainda, que o clone 2 não foi o maior IMA e nem o clone 10 o menor, sugerindo que esta propriedade não sofreu influência da taxa de crescimento.

Tabela 2: Valores médios para as características de crescimento, deformação residual longitudinal, índice de rachamento de tábuas e desvio da grã

Table 2: Average values for growth characteristics, longitudinal residual deformation, split index of boards top and grain angle

Clone	DRL (mm)	IR (%)	Grã (°)	DAP (cm)	HT (m)	IMA (st/ha/ano)
1	0,073	4,1	4,1	24,5	26,9	32,6
2	0,059	10,1	3,1	31,1	28,5	49,1
3	0,120	17,1	3,8	27,6	30,8	51,2
4	0,109	7,2	2,6	26,7	26,7	40,3
5	0,080	6,3	3,1	25,8	29,3	42,9
6	0,069	4,8	1,8	26,8	30,0	47,0
7	0,073	7,6	2,8	30,7	30,6	53,2
8	0,087	9,8	2,0	28,9	31,4	54,7
9	0,096	9,3	3,3	27,9	25,9	43,2
10	0,145	19,8	4,0	26,2	29,5	40,9
11	0,078	5,3	2,5	25,0	27,0	38,0
Média	0,090	9,2	3,0	27,3	28,8	44,8

DAP = diâmetro a altura do peito, HT = altura total da árvore; IMA = incremento médio anual; Grã = desvio da grã

As rachaduras das tábuas variaram entre 4,1% e 19,8%, sendo, respectivamente, referentes aos clones 1 e 10. O valor médio foi

de 9,2%, sendo menor que o encontrado por Caixeta (2000), em Eucalyptus, em idades variando de 13 a 17 anos.

Os maiores valores de desvio da grã ocorreram nos clones 1 e 10, sendo a média de 4,1° e 4,0°, respectivamente. O menor desvio da grã ocorreu no clone 6, com 1,8°. Esses valores foram superiores aos encontrados por Lima et al. (2001), estudando clones de eucalipto aos 8 anos de idade.

O diâmetro a altura do peito (DAP) médio foi de 27,3 cm, sendo que os clones 1 e 2 apresentaram, respectivamente o menor e o maior DAP (24,5 e 31,1 cm). A altura total (HT) média foi de 28,8 m e o incremento médio anual (IMA) estimado foi de 44,8 st/ha/ano. O maior e menor IMA ocorreu para o clone 8 (54,7 st/ha/ano) e clone 1 (32,6 st/ha/ano), respectivamente.

A tabela 3 apresenta os valores médios para as características avaliadas na madeira dos clones selecionados. A densidade é uma das propriedades mais estudadas, devido à facilidade de sua determinação, sua importância tecnológica e sua relação com outras características da madeira. A densidade básica média dos clones estudados foi de 0,508 g/cm<sup>3</sup> e a densidade seca média foi de 0,594 g/cm<sup>3</sup>. O clone 10 apresentou a maior média, tanto para densidade básica como para densidade seca, que foi de 0,576 g/cm<sup>3</sup> e 0,704 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Os valores médios da densidade básica estão de acordo com os encontrados por Cruz (2000), porém, foram inferiores aos obtidos por Silveira (1999), que também trabalhou com clones de *Eucalyptus*.

É fato conhecido que a madeira se movimenta ou trabalha, isto é, retrai ou incha, de acordo com a umidade relativa ambiental (Galvão e Jankowsky, 1985). A variação dimensional da madeira é uma característica que pode limitá-la e até mesmo desqualificá-la para algumas utilizações, causando, em alguns casos, a substituição por outros materiais (Moura, 2000).

O clone 10 foi o que apresentou o maior valor médio para a contração volumétrica total, contração radial e contração tangencial, as quais foram de 18,0%, 6,3% e 11,8%, respectivamente. O clone 2 foi o que apresentou a menor média para essas três características, sendo de 12,8%, 3,8% e 8,2%, indicando que este clone apresenta potencial para uso como sólido de madeira, diferente do

clone 10. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Moura (2000), que trabalhou com clones de *Eucalyptus*.

O coeficiente de anisotropia médio (CA) foi maior para o clone 7 (2,4), enquanto que os clones 5 e 8 apresentaram os menores valores médios, de 1,6. A média do coeficiente de anisotropia dos clones avaliados foi 1,87, valor próximo ao obtido por Xavier (2001), que foi de 1,81 e ligeiramente superior ao determinado por Moura (2000), que foi de 1,74.

O valor médio da resistência a tração paralela às fibras foi de 126 MPa. Os clones 5 e 2 apresentaram o maior e o menor valor médio, sendo de, respectivamente, 160 e 96 MPa. O módulo de elasticidade médio, para o ensaio de tração paralela às fibras, foi de 13.810 MPa, conforme observado na tabela 4. Estes valores estão de acordo com os obtidos por Xavier (2001) e Moura (2000). Segundo Lima (1999), estes clones podem ser classificados como sendo de média resistência.

A resistência ao fendilhamento apresentou valor médio de 0,575 MPa. Os clones 1 e 2 foram os que apresentaram o maior e o menor valor médio, de 0,613 e 0,468 MPa, respectivamente, conforme se observado na tabela 4. Esses valores estão em conformidade aos encontrados por Mainieri (1978), em madeiras nativas de densidades básicas médias semelhantes a dos clones avaliados neste trabalho.

Na tabela 3 encontram-se os valores médios das características lignina insolúvel, solúvel e total dos clones estudados. Os valores médios estão em conformidade com a literatura usual. O clone 4 foi o que apresentou o maior valor médio para lignina insolúvel (29,6%) e o clone 9 foi o que apresentou o menor valor (23,2%). A lignina solúvel apresentou valor médio de 2,3%, com amplitude variando de 2,0% a 2,6%. A lignina total apresentou valores médios variando de 25,4% a 31,7%, com uma média de 28,4%. Essa média foi um pouco superior à encontrada por Trugilho et al. (1996), para *Eucalyptus saligna* de idades diferentes; porém, este valor está dentro do que normalmente é relatado na literatura para a madeira de *Eucalyptus*.

Tabela 3: valores médios obtidos das características na madeira dos clones de *Eucalyptus*, aos 6 anos de idade  
 Table 3: *Average values of wood characteristics of Eucalyptus clones, at 6 years of age*

Clone	Características Avaliadas											
	DB (g/cm <sup>3</sup> )	DS (g/cm <sup>3</sup> )	CV (%)	CT (%)	CR (%)	CA	Fend (MPa)	Trac (MPa)	MOE (MPa)	LI (%)	LS (%)	LT (%)
1	0,511	0,592	13,6	8,6	5,0	1,7	0,613	103	13790	25,4	2,3	27,7
2	0,421	0,483	12,8	8,2	3,8	2,2	0,468	96	10321	27,3	2,0	29,3
3	0,512	0,604	15,1	9,8	5,0	2,0	0,603	147	15169	23,7	2,4	26,1
4	0,501	0,578	13,3	8,7	4,4	2,0	0,517	102	10756	29,6	2,1	31,7
5	0,556	0,656	15,2	9,5	6,1	1,6	0,604	160	15887	26,2	2,3	28,5
6	0,541	0,629	13,9	8,7	5,0	1,8	0,611	119	13133	27,8	2,4	30,2
7	0,462	0,536	14,0	9,0	4,5	2,4	0,573	106	12252	24,7	2,3	27,0
8	0,509	0,591	13,9	8,2	5,2	1,6	0,600	151	14229	26,8	2,6	29,4
9	0,493	0,568	13,0	8,1	4,7	1,7	0,495	134	16043	23,2	2,2	25,4
10	0,576	0,704	18,0	11,8	6,3	1,9	0,689	127	13668	25,8	2,4	28,2
11	0,512	0,596	14,0	8,7	5,1	1,7	0,560	147	16658	27,0	2,4	19,4
Média	0,508	0,594	14,2	9,0	5,0	1,87	0,526	126	13.810	26,1	2,3	27,5

DB = densidade básica; DS = densidade seca; CV, CT e CR = contração volumétrica, tangencial e radial, respectivamente; CA = coeficiente de anisotropia; Fend = resistência ao fendilhamento, Trac = resistência à tração paralela; MOE = módulo de elasticidade à tração paralela; LI, LS e LT = teor de lignina insolúvel, solúvel e total, respectivamente

A tabela 4 apresenta a matriz de correlação entre a deformação residual longitudinal (DRL) e as características de crescimento da árvore. De acordo com tabela 4 observa-se que os valores das correlações entre as características de crescimento e deformação residual longitudinal foram baixos, indicando uma fraca influência das características de crescimento sobre esta propriedade. Este

resultado mostra que a tensão de crescimento longitudinal, também, não deve ser afetada pelas características de crescimento, sendo a DRL uma medida indireta dessa tensão. As características de crescimento, como o diâmetro à altura do peito e altura total, apresentaram correlação positiva e significativa com o incremento médio anual, o que era esperado.

Tabela 4: Matriz de correlação fenotípica entre as características deformação residual longitudinal (DRL), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) incremento médio anual (IMA)

Table 4: *Fenotypic matrix correlation between the longitudinal residual deformation (LRD), diameter breast height (DBH), total height (TH) mean annual increment (MAI)*

	DRL	DAP	HT	IMA
DRL	1	-0,26ns	0,10ns	-0,09ns
DAP		1	0,42ns	0,83**
HT			1	0,78**
IMA				1

\*\* significativo a 1% de probabilidade

A tabela 5 apresenta os valores de correlação entre a DRL e as características avaliadas na madeira. Pode-se observar que a deformação residual longitudinal (DRL) apresentou um significativo coeficiente de correlação simples de 0,68 com o índice de rachamento de tábuas. Este resultado indica que é possível prever a tendência de rachamento de tábuas fazendo-se, no campo, a medição e avaliação do valor da DRL. O valor do coeficiente de correlação foi relativamente baixo devido a vários fatores, tais como o próprio efeito de clone, tamanho diferenciado das tábuas e sua variação radial, uma vez que a DRL é obtida na região periférica da tora. Caso fossem utilizadas somente as tábuas mais externas para estimar o índice de rachamento, o valor da correlação tenderia a aumentar. Também, observou-se que a

DRL apresenta correlação positiva e significativa com o desvio da grã (0,34), densidade básica (0,52) e seca (0,58), contração volumétrica (0,69), radial (0,46) e tangencial (0,71) e resistência ao fendilhamento (0,40). Estes resultados estão de acordo aos encontrados por Nicholson e Hillis (1975) e Fernandes (1982). Lima et al. (2003) também encontrou correlação significativa e positiva entre a DRL e a densidade básica (0,53) da madeira em híbridos naturais de *Eucalyptus*. A DRL não apresentou correlação com o coeficiente de anisotropia, resistência à tração paralela e módulo de elasticidade, teores de lignina insolúvel, solúvel e total. A não existência de correlação com os teores de lignina contradiz o encontrado por Nicholson et al. (1972), trabalhando com *Eucalyptus regnans* aos 30 anos de idade.

Tabela 5: Valores das correlações simples entre as características avaliadas

Table 5: Single correlation values among the evaluated characteristics

	DRL	Grã	IR	DB	DS	CV	CR	CT	CA	Fend	Trac	MOE	LI	LS	LT
DRL	1	0,34*	0,68**	0,52**	0,58**	0,69**	0,46**	0,71**	-0,04ns	0,40**	0,24ns	0,17ns	-0,12ns	0,17ns	-0,11ns
GRA		1	0,31*	0,14ns	0,19ns	0,33*	0,15ns	0,40*	0,16ns	0,23ns	-0,06ns	0,12ns	-0,43**	0,02ns	-0,43**
RAC			1	0,15ns	0,24ns	0,53**	0,16ns	0,51**	0,16ns	0,21ns	0,12ns	-0,02ns	-0,29*	0,11ns	-0,28ns
DB				1	0,99**	0,73**	0,87**	0,64**	-0,52**	0,71**	0,43**	0,43**	-0,04ns	0,33*	-0,01ns
DS					1	0,82**	0,89**	0,73**	-0,47**	0,74**	0,42**	0,40*	-0,07ns	0,33*	-0,03ns
CV						1	0,81**	0,93**	-0,18ns	0,72**	0,28ns	0,22ns	-0,18ns	0,24ns	-0,15ns
CR							1	0,70**	-0,59**	0,70**	0,44**	0,42**	-0,20ns	0,32*	-0,17ns
CT								1	0,02ns	0,71**	0,17ns	0,06ns	-0,13ns	0,15ns	-0,12ns
CA									1	-0,20ns	-0,36*	-0,37*	0,02ns	-0,18ns	0,00ns
FEN										1	0,23ns	0,20ns	-0,12ns	0,42**	-0,08ns
TRA											1	0,74**	-0,18ns	0,44*	-0,13ns
MOE												1	-0,43**	0,29*	-0,40*
LI													1	0,00ns	0,99**
LS														1	0,00ns
LT															1

DRL = deformação residual longitudinal; Grã = desvio da grã; IR = índice de rachamento de tábuas; DB = densidade básica; DS = densidade seca; CV, CT e CR = contração volumétrica, tangencial e radial, respectivamente; CA = coeficiente de anisotropia; Fend = resistência ao fendilhamento, Trac = resistência à tração paralela; MOE = módulo de elasticidade à tração paralela; LI, LS e LT = teor de lignina insolúvel, solúvel e total, respectivamente

\*, \*\* e ns significativo a 5, 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste de F

O desvio da grã apresentou correlação significativa e positiva com o índice de rachamento (0,31), contração volumétrica (0,33) e tangencial (0,40) e negativa com o teor de lignina insolúvel e total (-0,43).

O índice de rachamento apresentou correlação significativa e positiva somente com as contrações volumétrica (0,53), tangencial (0,51) e negativa com o teor de lignina insolúvel (-0,29). Pelo fato da correlação entre a contração volumétrica e tangencial ter sido elevada (0,93), pode-se usar qualquer uma dessas variáveis para se prever a tendência de rachamento em tábuas.

As densidades básica e seca apresentaram correlação significativa e positiva com as contrações volumétrica, radial e tangencial, sendo significativa e negativa com o coeficiente de anisotropia. Este resultado está de acordo com a literatura usual. Entretanto, a correlação foi de maior magnitude entre as densidades e a contração radial. As duas densidades se correlacionam significativamente e positivamente com a resistência ao fendilhamento, resistência à tração paralela às fibras e o módulo de elasticidade, sendo de maior magnitude no primeiro caso.

As contrações volumétrica, radial e tangencial apresentaram correlação significativa e positiva com a resistência ao fendilhamento, sendo de 0,72, 0,70 e 0,71, respectivamente.

Os teores de lignina insolúvel e total praticamente não apresentaram correlação significativa com as outras características da madeira, exceto para o desvio da grã e módulo de elasticidade, em que a correlação foi significativa e negativa. O teor de lignina solúvel apresentou correlação significativa e positiva com as densidades básica e seca, contração radial e resistência ao fendilhamento, além da tração paralela às fibras e o seu módulo de elasticidade. Porém, os valores são de baixa magnitude.

## CONCLUSÕES

- a deformação residual longitudinal (DRL) não apresentou correlação com as características de crescimentos, ou seja com o DAP, a altura total (HT) e com o incremento médio anual (IMA);
- a correlação entre a DRL e o índice de rachamento foi significativa (0,68), o que permite utilizar esta variável como uma ferramenta confiável para a seleção de genótipos menos propensos ao desenvolvimento de rachaduras em tábuas;
- a DRL apresentou correlação positiva e significativa com as densidades básica e seca, desvio da grã, contração volumétrica, radial e tangencial e resistência ao fendilhamento;
- não foi observada correlação entre a DRL e os teores de lignina insolúvel, solúvel e total, indicando que não é o teor de lignina que



interfere no valor da DRL e sim o processo de lignificação e o tipo de lignina;

- O desvio da grã apresentou correlação significativa e positiva com o índice de rachamento contração volumétrica e tangencial e negativa com o teor de lignina insolúvel e total;
- O índice de rachamento apresentou correlação significativa e positiva com as contrações volumétrica, tangencial e negativa com o teor de lignina insolúvel.

## BILBIOGRAFIA

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).

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.

CAIXETA, R. P. **Propriedade da madeira de Eucalyptus: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CRUZ, C. R. **Caracterização da madeira de clones de Eucalyptus para utilização na indústria madeireira**. 2000. 64 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FERNANDES, P. S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de Eucalyptus urophylla S. T. Blake**. 1982. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

FERRAND, J.Ch. Growth stresses and silviculture of eucalyptus, **Australian Forest Research**, Melbourne, v.13, v.1, p.75 – 81, 1983.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional de madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. Lignins: occurrence, formation, structure and reactions. New York: **John Wiley & Sons**, 1971. p.241-266.

GOMIDE, J. L. & DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, São Paulo, v.47, n.8, p.36-38, 1986.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Desvio da grã em madeira de clones de Eucalyptus. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba. 2001 (submetido).

LIMA, J. T. **Clonal variation in the solid wood properties of Eucalyptus**., 1999. 276p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira). University of Wales, Bangor.

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, 2003 (no prelo).

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.

MAINIERI, C. Fichas de características das madeiras brasileiras. Piracicaba, Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT – Divisão de madeira. 1978.

MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.109, p.14 – 8, 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.

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.; CAMPBELL, G. S.; BLAND, D. E. Association between wood characteristics and growth stress level: a preliminary study. **Wood Science**, Madison, v.4, n.2, p. 109-112, october, 1972.

NICHOLSON, J. E. & HILLS W. E. Some tree growth-wood property relationships of Eucalyptus. **Canadian Journal Forest Research**, Melbourne, v.5, p. 424 – 432, 1975.

OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. Eucalyptus for wood production. Melbourne: **CSIRO**, 1984. 434 p.

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 Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna. **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p 94-111, 1996.

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.

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