

## **DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM *Eucalyptus sp.* E *Corymbia sp.***

José Tarcísio LIMA<sup>1</sup>; Bruno C. D. SOARES<sup>1</sup>; Selma L. GOULART<sup>1</sup>; José Reinaldo M. da SILVA<sup>1</sup>; Paulo F. TRUGILHO<sup>1</sup>; Paulo R. G. HEIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil

**Resumo:** As tensões de crescimento são esforços mecânicos, gerados durante o crescimento da árvore, que a ajudam a se manter em pé, equilibrando a copa e suportando esforços externos. Em árvores com crescimento muito rápido, como as do gênero *Eucalyptus* e *Corymbia*, essas tensões tendem a ocorrer em maiores intensidades e podem causar graves problemas na utilização da sua madeira durante o processamento. Para observar o nível das tensões de crescimento às quais as árvores estão submetidas, pode ser feita a aferição das deformações residuais longitudinais (DRL), permitindo essa observação de forma indireta. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi verificar as diferenças entre espécies e a magnitude de distribuição periférica das DRLs entre posições cardinais de amostragem em árvores de 37 anos. Foram amostradas duas árvores de sete espécies do gênero *Eucalyptus* e duas do gênero *Corymbia*. Observou-se diferença entre as espécies para a variável deformação residual longitudinal encontrada nas árvores de *Eucalyptus sp.* e *Corymbia sp.* analisadas no presente estudo, de modo que não foi observado nenhum padrão de comportamento entre as espécies do mesmo gênero. A deformação residual longitudinal média encontrada em *Eucalyptus grandis* foi a menor, de 27,62  $\mu\text{m}$ , enquanto a espécie *Corymbia citriodora* foi a que apresentou o maior valor médio de DRL, sendo de 106,38  $\mu\text{m}$ . A espécie *Eucalyptus grandis* foi a que apresentou menor magnitude de distribuição periférica de DRL e a espécie *Corymbia citriodora* foi a que apresentou maior magnitude de distribuição periférica da DRL.

**Palavras-chave:** madeira, tensão de crescimento, método não destrutivo.

## **LONGITUDINAL RESIDUAL STRAINS IN *Eucalyptus spp.* AND *Corymbia spp.***

**Abstract:** Growth stresses are mechanical forces generated during tree growth that help to maintain the balance of the crown. In trees of fast growing like those of *Eucalyptus* and *Corymbia*, these tensions tend to occur at higher intensities and can cause serious problems in the use of its wood. In order to observe the level of growth stresses to which the trees are submitted, the measurement of the longitudinal residual strain (LRS) can be made, allowing this observation indirectly. In this context, the aim of this study was to determine the differences between species and the magnitude of peripheral distribution of LRS between sampling cardinal positions in trees of 37 years old. Two trees were sampled of seven species of *Eucalyptus* gender and two species of *Corymbia* gender. It was observed that there is difference between the species for the variable longitudinal residual strain found in *Eucalyptus spp.* and *Corymbia spp.* trees analyzed in this study, so that there was no observed behavior pattern between species of the same gender. The average of longitudinal residual strain found in *Eucalyptus grandis* was the lower, being of 27.62 micrometers, while the *Corymbia citriodora* specie was the specie that presented the higher average value of LRS,

being of 106.38 micrometers. The *Eucalyptus grandis* specie showed the smaller level of peripheral distribution of LRS and the *Corymbia citriodora* specie showed the smaller level of peripheral distribution of LRS.

**Keywords:** wood, growth stresses, nondestructive method.

## 1 – INTRODUÇÃO

Ao se referir às madeiras de florestas plantadas como as do gênero *Eucalyptus*, verifica-se um grande conhecimento do seu valor silvicultural. Porém, ainda se faz necessário o maior aprofundamento de pesquisas sobre a qualidade de sua madeira. Desse modo, são necessários mais estudos relativos ao desempenho da madeira, para melhor compreender a qualidade dessa matéria-prima, que, além de possuir um rápido crescimento volumétrico, deve apresentar características adequadas para os diversos fins da madeira.

Para análise da qualidade da madeira são utilizados vários métodos de ensaios, desde os destrutivos, aqueles em que a árvore é derrubada, até os métodos não destrutivos, em que a madeira é analisada com a árvore viva no campo. Sendo assim, os ensaios não destrutivos, nos proporcionam ganho de tempo e redução de custo, sem a necessidade de abater a árvore. Dentre os métodos não destrutivos para estimativa das propriedades da madeira, o Extensômetro tem sido utilizado como indicador das tensões de crescimento por meio da observação das DRLs (TRUGILHO et al., 2002).

Entende-se por tensões de crescimento os esforços mecânicos, gerados durante o crescimento da árvore, que a ajudam a manter o equilíbrio da copa em resposta a fatores ambientais como a luz, vento e inclinação do terreno (SOUZA, 2002). O autor comenta ainda que agentes silviculturais como o desbaste, poda e densidade do plantio também podem provocar maior ou menor aparecimento das tensões de crescimento. Os motivos da ocorrência de altos níveis de tensões de crescimento ainda não são bem esclarecidos, mas, segundo Rech e Silva (2001), isso pode estar relacionado às características genéticas, idade, tamanho da tora, inclinação do tronco e taxa de crescimento da árvore. As tensões de crescimento estão associadas ao crescimento normal da árvore, com origem na região do câmbio (SEVERO, 2002).

Em árvores com crescimento muito rápido, como as do gênero *Eucalyptus*, as tensões de crescimento tendem a ocorrer em maiores intensidades e podem causar graves problemas na utilização da sua madeira. O método desenvolvido pelo Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département Dês Forêts CIRAD-Forêt, utiliza o medidor de deformação de crescimento (growth strain gauge) e apresenta vantagem devido à facilidade de uso e a rapidez na coleta de dados no campo, pois a avaliação é feita na árvore em pé. Esse método baseia-se na determinação da deformação residual longitudinal (DRL) a uma distância fixa, a qual é diretamente proporcional à tensão de crescimento na direção longitudinal. No Brasil, alguns estudos vêm sendo realizados, utilizando o método do CIRAD-Forêt, e os mesmos apresentaram resultados satisfatórios, especialmente, na classificação e seleção de clones de *Eucalyptus* (SOUZA, 2002, TRUGILHO et al., 2002). Souza (2002) afirmou que o método do CIRAD-Forêt se mostrou confiável, de fácil operação e rápido na coleta dos dados de campo.

O trabalho teve como objetivo verificar diferenças da DRL entre espécies de *Eucalyptus* adultos e verificar diferenças na DRL entre posições cardinais de amostragem.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, nove espécies (*E. grandis*, *E. pilularis*, *E. urophylla*, *E. maculata*, *E. saligna*, *E. Citriodora*, *E. dunnii*, *E. cloeziana*, *E. microcorys*) com 37 anos de idade foram analisadas, utilizando-se de duas árvores representando cada espécie. Os materiais foram provenientes do campus experimental da Universidade Federal de Lavras, localizada no Sul de Minas Gerais.

A deformação residual longitudinal (DRL) foi medida nas árvores em pé a 1,3 m de altura do solo (diâmetro a altura do peito DAP). Para a fixação do extensômetro, foi feito um painel, retirando-se uma porção da casca da árvore. O aparelho foi fixado em quatro pontos (norte, sul, leste e oeste) do tronco à altura do DAP, e obtidas quatro leituras da DRL por árvore, simultaneamente (FIGURA 1).

O delineamento experimental inteiramente casualizado foi usado para análise estatística, seguindo o modelo estatístico  $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$ , em que:

$Y_{ij}$  = valor da variável testada sob o i-ésimo nível de tratamento;

$\mu$  = média geral do experimento para a variável;

$t_i$  = efeito do i-ésimo nível de tratamento;

$e_{ij}$  = erro aleatório.

Foi realizada a análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para verificação da diferença entre as médias de DRL encontradas para as espécies analisadas e o teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias de DRL obtidas.



Figura 1 – Extensômetro usado na medição da deformação residual longitudinal (DRL)

## 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem ser encontrados os dados biométricos das árvores amostradas para a avaliação das deformações residuais longitudinais (DRL).



Tabela 1 – Valores médios das características de crescimento das árvores analisadas

Espécie	Árvore	DAP (m)	Altura (m)
<i>Eucalyptus grandis</i>	1	0,668	38,0
	2	0,630	43,5
<i>Eucalyptus pilularis</i>	1	0,547	40,9
	2	0,423	37,4
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1	0,309	26,2
	2	0,417	34,0
<i>Corymbia maculata</i>	1	0,579	43,7
	2	0,633	39,0
<i>Eucalyptus saligna</i>	1	0,583	42,0
	2	0,611	43,0
<i>Corymbia citriodora</i>	1	0,605	41,0
	2	0,525	32,0
<i>Eucalyptus dunnii</i>	1	0,684	39,5
	2	0,796	39,0
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	1	0,592	27,7
	2	0,442	19,8
<i>Eucalyptus microcorys</i>	1	0,503	35,4
	2	0,277	18,8

DAP = diâmetro à altura do peito

A árvore 2 de *Eucalyptus dunnii* apresentou o maior diâmetro à altura do peito (DAP) [0,796 m], enquanto a árvore 2 de *E. microcorys* foi a que apresentou o menor DAP (0,277 m) e a menor altura (18,8 m). A árvore 1 de *Corymbia maculata* foi a mais alta, com 43,7 m.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios, máximos, mínimos e o coeficiente de variação (CV) da DRL observada nas árvores de *Eucalyptus spp.* amostradas. Observa-se que a espécie *C. citriodora* apresentou o maior coeficiente de variação (69%) para a DRL, enquanto o menor CV foi observado para *E. pilularis* (35%). A espécie *C. citriodora* também foi a que apresentou maior amplitude entre os valores máximos e mínimos de DRL obtidos. A menor amplitude foi observada para a espécie *E. grandis*.

Tabela 2 – Valores médios, máximos, mínimos e coeficiente de variação das deformações residuais longitudinais encontradas para cada espécie avaliada

(...continua...)

Espécie	Parâmetros	DRL
<i>Eucalyptus grandis</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	27,63 A
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	45,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	10,00
	CV (%)	52,10
<i>Eucalyptus pilularis</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	73,25 ABC
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	121,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	38,00
	CV (%)	34,53
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	62,50 ABC
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	91,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	20,00
	CV (%)	41,10



Espécie	Parâmetros	DRL
<i>Corymbia maculata</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	38,25 AB
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	61,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	18,00
	CV (%)	42,73
<i>Eucalyptus saligna</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	47,63 AB
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	70,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	11,00
	CV (%)	35,56
<i>Corymbia citriodora</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	106,38 C
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	281,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	51,00
	CV (%)	68,95
<i>Eucalyptus dunnii</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	66,38 ABC
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	110,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	33,00
	CV (%)	36,56
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	73,88 ABC
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	141,00
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	30,00
	CV (%)	49,13
<i>Eucalyptus microcorys</i>	Média ( $\mu\text{m}$ )	84,88 BC
	Máximo ( $\mu\text{m}$ )	150
	Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	48
	CV (%)	44,32

CV = coeficiente de variação. Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de significância.

Os valores de DRL estão compatíveis com aqueles encontrados para clones de *E. cloeziana* com 10 anos de idade por Baillères et al. (1995) [71  $\mu\text{m}$ ], por Muneri et al. (1999) [71  $\mu\text{m}$ ] e por Muneri et al. (2000) para a mesma espécie, porém com 4 anos de idade [77  $\mu\text{m}$ ]. Neste último caso os autores encontraram DRL variando de 38,8 a 132,5  $\mu\text{m}$ .

Lima et al. (2014) encontraram valores de DRL que variaram entre 49  $\mu\text{m}$  a 95  $\mu\text{m}$ , analisando árvores de *Eucalyptus sp.* com idade entre 8,5 e 15 anos, sendo semelhantes aos encontrados na Tabela 2. Os coeficientes de variação encontrados na Tabela 2 são considerados altos comparados aos encontrados no trabalho de Lima et al. (2004), entre 11% e 19%.

Foi observado na análise de variância no delineamento estatístico utilizado, ao nível de 5% de significância, que houve diferença estatística entre uma ou mais espécies analisadas para a variável DRL. Havendo esse indicativo, as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de significância, conforme descrito na Tabela 2.

De acordo com o teste de Tukey, a espécie *E. grandis* apresentou menor DRL. Isso pode resultar em menor ocorrência de defeitos derivados do alívio das tensões de crescimento após o abate, se tornando uma característica da espécie interessante do ponto de vista industrial. Inversamente, a espécie *C. citriodora* foi a que apresentou maior DRL, tendendo a maiores ocorrências de defeitos após o abate. Em posições intermediárias, encontram-se as demais espécies analisadas.

As Figuras 2 e 3 ilustram o comportamento das espécies em relação à distribuição periférica da DRL, representando as tensões de crescimento em cada ponto cardinal.

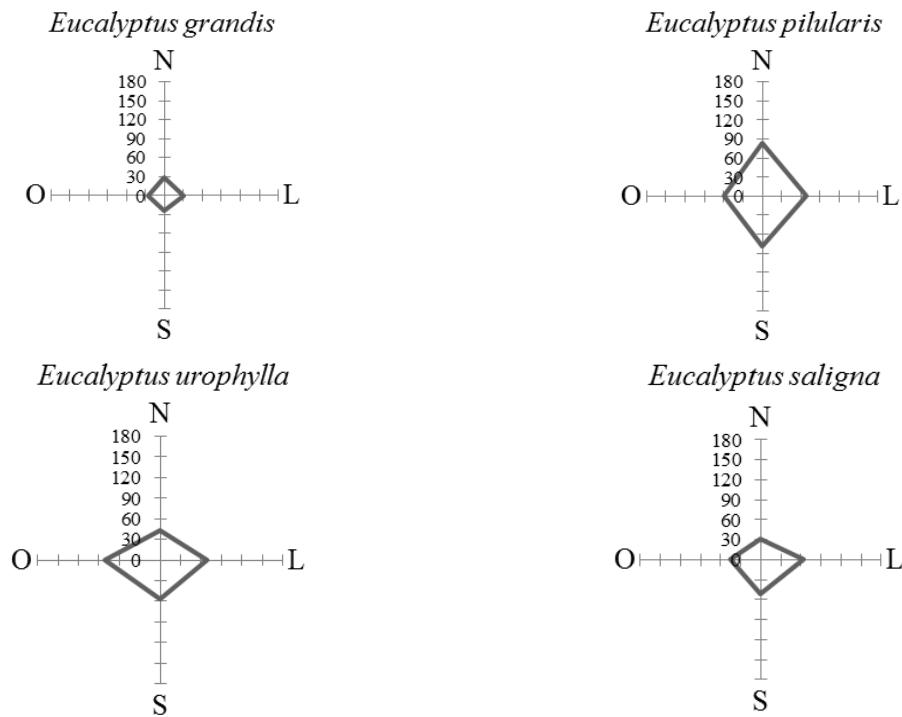
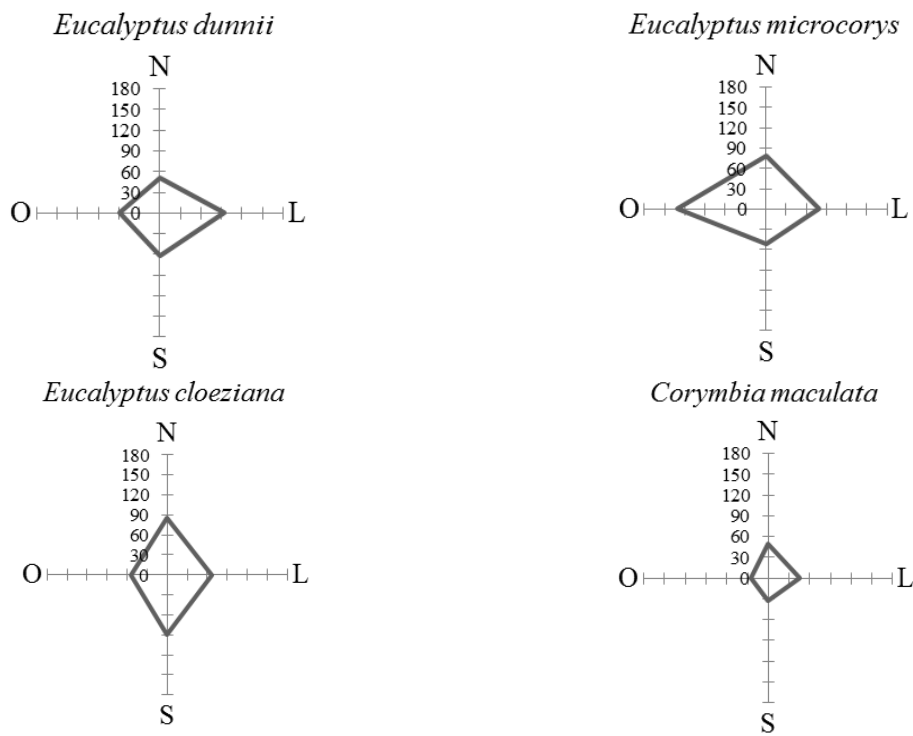


Figura 2 - Distribuição periférica da DRL (µm) para *Eucalyptus grandis*, *E. pilularis*, *E. urophylla* e *E. saligna*.



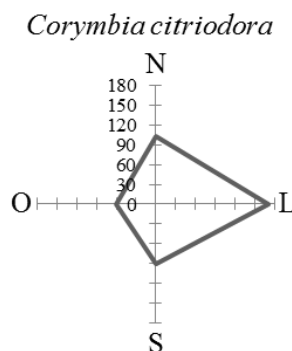


Figura 3 - Distribuição periférica da DRL ( $\mu\text{m}$ ) para *Eucalyptus dunnii*, *E. microcorys*, *E. cloeziana*, *Corymbia maculata* e *C. citriodora*.

A espécie *E. grandis* apresentou a menor magnitude de distribuição periférica das tensões longitudinais de crescimento, seguida da espécie *C. maculata*. Por outro lado, *C. citriodora* foi a que apresentou a maior magnitude de distribuição periférica dessas tensões, seguida da espécie *E. microcorys*.

Observa-se nas Figuras 2 e 3 que, mesmo sendo do mesmo gênero, não há um padrão claro de comportamento semelhante quanto às deformações residuais longitudinais entre as espécies de *Corymbia* e entre as espécies de *Eucalyptus* analisadas.

#### 4 – CONCLUSÕES

Existe diferença entre as espécies para a variável deformação residual longitudinal encontrada nas árvores de *Eucalyptus spp.* e *Corymbia spp.* analisadas no presente estudo, de modo que não foi observado nenhum padrão de comportamento entre as espécies do mesmo gênero.

A deformação residual longitudinal média encontrada em *Eucalyptus grandis* foi a menor, de 27,62  $\mu\text{m}$ , enquanto a espécie *Corymbia citriodora* foi a que apresentou o maior valor médio de DRL, sendo de 106,38  $\mu\text{m}$ .

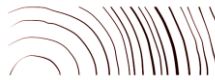
Considerando o comportamento observado nos gráficos, a espécie *Eucalyptus grandis* foi a que apresentou menor magnitude de distribuição periférica de DRL. Já a espécie *Corymbia citriodora* foi a que apresentou maior magnitude de distribuição periférica de DRL.

#### 5 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Capes pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILLÈRES, H. et al. Structure, composition chimique et retraits de maturation du bois chez les clones d'*Eucalyptus*. *Annals Science Forest*, v. 52, p. 157-172, 1995.



LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, 2004.

MUNERI, A. et al. 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. 2000. IUFRO Proceedings... Launceston: 2000. p. 292-300.

MUNERI, A.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface growth strain and some tree wood and sawn timber characteristics of *Eucalyptus cloeziana*. *Southern African Forestry Journal*, v. 187, p. 41-49, 1999.

RECH, C.; SILVA, J. C. Melhoramento genético para a qualidade da madeira. *Revista da Madeira*, São Paulo, p. 48-54, set. 2001. Edição especial.

SEVERO, E. T. D. Avanço no desdobro e secagem da madeira de eucaliptos. In: SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2002. p. 188-196.

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, 2002.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; SOUZA, MATHIAS, M. A. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 38-44, 2002.