



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM ÁRVORES DE *Corymbia citriodora* PROPENSAS À FORMAÇÃO DE LENHO DE TRAÇÃO

Áureo Aparecido Abreu Júnior<sup>1</sup>

Carolina Nogueira Xavier<sup>1</sup>

José Sánchez<sup>1</sup>

Poliane Pereira de Souza<sup>1</sup>

Joice Aparecida de Assis<sup>1</sup>

Anna Carolina de Almeida Andrade<sup>2</sup>

José Tarcísio Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais - Ciência e Tecnologia da Madeira



## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS EM ÁRVORES DE *Corymbia citriodora* PROPENSAS À FORMAÇÃO DE LENHO DE TRAÇÃO

**Resumo:** Tensões de crescimento são resultantes de esforços mecânicos naturais que agem nas árvores, para sustentação das mesmas. Porém, quando se realiza o corte da árvore essas tensões são liberadas e, dependendo de sua magnitude e distribuição ao redor do fuste, podem ocorrer defeitos como empenamentos e rachaduras; diminuindo assim a qualidade da madeira serrada. Em árvores que crescem inclinadas, a distribuição das tensões no tronco tende a ser mais desequilibrada devido à formação do lenho de tração. Neste contexto, objetivou-se o estudo das tensões de crescimento em árvores eretas e inclinadas de *Corymbia citriodora* com idade aproximada de sessenta anos. Para tal foi utilizada a metodologia de avaliação indireta das tensões, medindo-se a deformação residual longitudinal (DRL) em quatro pontos em volta do fuste por meio do extensômetro. Observou-se diferenças no padrão da distribuição periférica da DRL entre árvores inclinadas e eretas, obtendo-se maior heterogeneidade da distribuição da DRL ao redor do fuste de árvores inclinadas, com maior magnitude no lenho oposto, indicando a presença de lenho de tração.

**Palavras-chave:** tensões de crescimento, lenho de tração, qualidade da madeira.

### GROWTH STRESS INDICATORS OF *Corymbia citriodora* TREES PRONE TO TENSION WOOD FORMATION

**Abstract:** Growth stresses are resulted of natural mechanical stresses that act on trees regarding to stand them in the upright position. However, when the tree is harvested, the tensions are released and depending on their magnitude and distribution around the trunk, defeats can occur as cracks; This reduces the quality of the lumber. In trees that are leaning the trunk, the distribution of stresses in the trunk tends to be more unbalanced due to the formation of reaction wood. In this context, the objective was to study the growth stresses in straight and bent trees of *Corymbia citriodora*, about sixty years old. For this, an indirect stress evaluation methodology was used, measuring growth stress indicators (GSI) at four points around the trunk periphery utilizing an extensometer. It was observed that there is no pattern of the peripheral distribution of GSI between bent and straight trees, obtaining greater heterogeneity of the GSI distribution around the trunk of inclined trees, and also greater magnitude in the opposite wood, indicating the presence of tension wood.

**Keywords:** growth stresses, tension wood, wood quality.

## 1. INTRODUÇÃO

As tensões de crescimento são características intrínsecas das árvores, especialmente quando elas estão em pleno desenvolvimento em altura, no qual são produzidos alguns esforços mecânicos que resultam no acúmulo de tensões no lenho em conjunto com o processo de maturação celular. Essas tensões são também conhecidas como deformações residuais, ocorrendo dentro dos fustes e nos galhos (THIBAUT e GRIL, 2003).

As árvores só conseguem se manter na posição vertical devido ao equilíbrio dinâmico entre forças de tração e compressão distribuídas ao longo do fuste, tanto longitudinal quanto radialmente (WILSON e ARCHER, 1979). Ao receber esforços mecânicos externos, como a incidência de ventos e a própria ação da gravidade sobre sua

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

massa total, as árvores conseguem flexionar seus troncos e galhos sem romperem sua estrutura até determinado limite (WILSON e ARCHER, 1977; LIMA et al., 2004).

Quando os esforços são muito intensos e persistentes, eles se acumulam no lenho e a árvore desenvolve um certo tipo de madeira denominado lenho de reação, que recebe o nome de lenho de tração quando ocorre em angiospermas, e lenho de compressão em gimnospermas. A formação do lenho de reação é induzida basicamente pelo estado de tensão que é gerado pelos novos anéis de crescimento localizados próximos ao câmbio quando acontece uma estimulação ambiental (BARNETT, 2003).

Esta característica é percebida principalmente em galhos e fustes de árvores inclinadas, os quais desenvolvem uma certa excentricidade da medula, modificando a qualidade da madeira nessas regiões. Geralmente, para fins tecnológicos essa madeira não apresenta boas características pois as toras podem apresentar rachaduras de topo e distorções nas tábuas quando serradas (KÜBLER, 1987; BAILLÈRES et al., 1996), diminuindo consideravelmente o rendimento no desdobro.

A medição da intensidade das tensões de crescimento podem ser aferidas com o uso de métodos indiretos que podem avaliar as deformações residuais longitudinais (DRL) na periferia dos fustes das árvores, por exemplo, com o auxílio de um extensômetro (Lima et al. 2004). Uma relação equilibrada entre DRL medidas em um único indivíduo, nas quatro posições cardeais em volta do tronco, antes do corte da árvore, fornecem indícios de uma boa caracterização da madeira para fins tecnológicos.

Os efeitos destas tensões são observados após o abate, com manifestações de empenamentos e rachaduras na tora e, principalmente, nas tábuas, durante operações de desdobro em serraria. Caso as árvores apresentem elevados valores de DRL, uma possível minimização dos potenciais defeitos, ocasionados pela liberação dessas tensões após a colheita e início da secagem da tora, seria a utilização de determinados métodos de desdobros, como por exemplo, o uso de serras múltiplas no desdobro, o qual permite uma liberação consecutiva das tensões nas linhas de corte ao longo de toda extensão da tora (YANG e WAUGH, 2001).

Com essas considerações, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em árvores de *Corymbia citriodora*, o comportamento das deformações residuais longitudinais em troncos eretos e em troncos inclinados propensos à formação de lenho de tração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas seis árvores de *Corymbia citriodora* plantadas com espaçamento de 3 x 2 m, com aproximadamente 60 anos de idade, localizadas em um terreno de topografia ondulada do campus da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG, latitude 21° 14' 4" sul e a uma longitude 44° 59' 5" oeste.

Foi observada a inclinação das árvores, selecionando três com o fuste ereto e três com fuste inclinado. Para a medição da inclinação dos indivíduos contou-se com o auxílio de um prumo. Também foram marcadas as posições cardinais em volta do tronco e a orientação da inclinação das árvores com auxílio de uma bússola.

Foram medidos os DAPs e a Deformação Residual Longitudinal (DRL) nas árvores em pé a 1,30 m de altura do solo. Para a DRL foram feitos quatro painéis de formato retangular, retirando-se a casca, nas quatro posições cardeais (norte, sul, leste e oeste) em volta do fuste de cada árvore ereta e nas respectivas posições ortogonais segundo a orientação da inclinação de cada árvore inclinada.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

A DRL foi medida por meio do extensômetro, fixando dois pinos metálicos a 45 mm de distância entre si seguindo a orientação da grã. Após apoiar o equipamento no fuste foi feita a perfuração (com aproximadamente 2,5 cm) entre os pinos metálicos com o auxílio do arco de pua, e assim as tensões foram liberadas e registradas, como apresentado na Figura 1.



Figura 1. Extensômetro utilizado na mensuração das deformações residuais longitudinais (DRL).

Para a análise dos resultados, os dados foram agrupados em uma tabela contendo os valores respectivos ao DAP, orientação cardinal, ângulo de inclinação das árvores e os respectivos valores de DRL nas quatro posições cardeais. Posteriormente, os dados de DRL foram organizados em gráficos para permitir a comparação entre indivíduos respectivos às árvores eretas e árvores inclinadas, permitindo uma avaliação do padrão de comportamento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de DAP, orientação e o ângulo de inclinação das árvores, assim como os valores de DRL. Os DAPs das árvores estudadas encontram-se entre 35,49 e 60,79 cm. Os ângulos de inclinação das árvores variaram de 8,11 a 14,67°, sendo que a árvore inclinada 3 (13) apresentou o maior valor, direcionada no sentido nordeste.

Nota-se que as árvores inclinadas eram voltadas predominantemente nos sentidos norte e nordeste, prováveis de maior ação dos ventos. Além disso, devido a característica ondulada do terreno, fatores genéticos e fototropismo podem ter contribuído com os fenótipos das árvores que apresentavam tortuosidade das copas.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Valores de DAP, orientação, ângulo de inclinação da árvore e Deformação Residual Longitudinal (DRL)

Árvore	DAP (cm)	Orientação do fuste	Ângulo de inclinação (°)	DRL (µm)			
				Norte	Leste	Sul	Oeste
Ereta 1 (E1)	45,19			48	84	77	82
Ereta 2 (E2)	35,49			43	57	53	42
Ereta 3 (E3)	60,79			-46	53	87	63
Inclinada 1 (I1)	60,31	N	8,11	29	-112	189	-42
Inclinada 2 (I2)	42,65	N	8,67	31	75	145	-424

Árvore	DAP (cm)	Orientação do fuste	Ângulo de inclinação (°)	DRL (µm)			
				Noroeste	Nordeste	Sudeste	Sudoeste
Inclinada 3 (I3)	45,51	NE	14,67	21	7	173	174

DAP = Diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo).

O maior valor de DRL encontrado para árvores eretas foi de 87 µm na face sul da árvore E3 que apresentava o maior DAP (60,79 cm) dentre os três indivíduos eretos analisados, e o menor valor de DRL foi de -46 µm também encontrado na árvore E3, na face norte. Para as árvores inclinadas, o menor valor de DRL encontrado foi de -424 µm na árvore I2 que apresentava o DAP de 42,65 cm dentre os três indivíduos inclinados analisados, e o menor valor de DRL foi de 7 µm encontrado na árvore I3 com DAP de 45,51 cm (Tabela 1). Valores positivos de DRL indicam que naquela face o lenho encontrava-se sob tensões de tração, enquanto valores negativos indicam que o respectivo lenho encontrava-se sob tensões compressivas.

Em um estudo realizado por Lima *et al.* (2015) com árvores eretas de nove espécies de eucaliptos aos 37 anos de idade, *Corymbia citriodora* apresentou DRL variando entre 281 e 51 µm, sendo que esta espécie apresentou maior valor médio de DRL (106,38 µm) dentre as espécies analisadas. Os resultados encontrados para as três árvores eretas (Tabela 1) estão dentro do intervalo de valores de DRL encontrados por Lima *et al.* (2015), apesar de algumas DRL encontrarem-se abaixo de 51 µm.

Quando consideramos o DAP das árvores, observamos que com o aumento do diâmetro nas árvores eretas há uma tendência de aumento dos valores de DRL nos quatro pontos cardeais, que pode ser observado da árvore E2 (DAP de 35,49 cm) para árvore E1 (DAP de 45,19 cm). Porém, esse comportamento não foi observado entre a árvore E1 e a árvore E3 (DAP de 60,79 cm), destacando-se ainda um valor negativo de DRL (-46 µm) na face Norte, o que indica que essa porção do lenho está sujeita à compressão (Figura 2). É possível que mesmo árvores eretas possuíam copas assimétricas, o que poderia originar desuniformidades nas distribuições de DRL e, mesmo, lenho de tração.

Em um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2010) correlacionando os valores de DRL com diferentes classes diamétricas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, foi encontrada uma correlação negativa entre DRL e os diâmetros de classe, ou seja, uma tendência de decréscimo de valores de DRL com o aumento do diâmetro das árvores. O mesmo comportamento foi encontrado entre E2 e E1, as quais possuem diâmetros diferentes, porém entre E1 e E3, com o aumento do valor de DAP, não ocorreu essa tendência de comportamento das DRL analisadas.

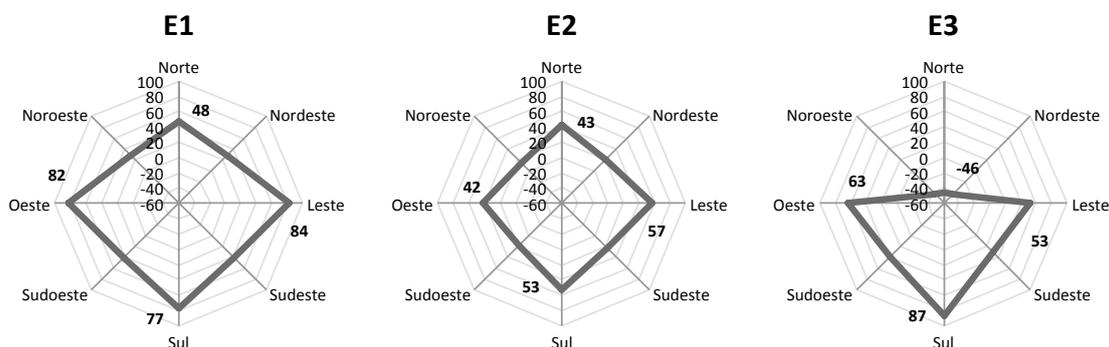


Figura 2. Distribuição periférica das deformações residuais longitudinais ( $\mu\text{m}$ ) nas árvores eretas de *Corymbia citriodora*.

Na Figura 3, verifica-se que para as árvores inclinadas os maiores valores de DRL, 189  $\mu\text{m}$  (I1), 145  $\mu\text{m}$  (I2) e 173  $\mu\text{m}$  (I3), foram aqueles medidos na face tracionada do tronco inclinado, ou seja, nas faces Sul e Sudeste, face superior da inclinação da árvore (Figura 3), fato explicado pela tração exercida nessa porção do tronco. Esses valores de DRL são, aproximadamente, 6, 4 e 8 vezes maiores, respectivamente, aos valores encontrados na face inferior da inclinação dos troncos (faces Norte e Nordeste). Na intenção de redirecionar a árvore ao estado ereto, a mesma desenvolve o lenho de tração, típico das angiospermas, como em *Corymbia citriodora*.

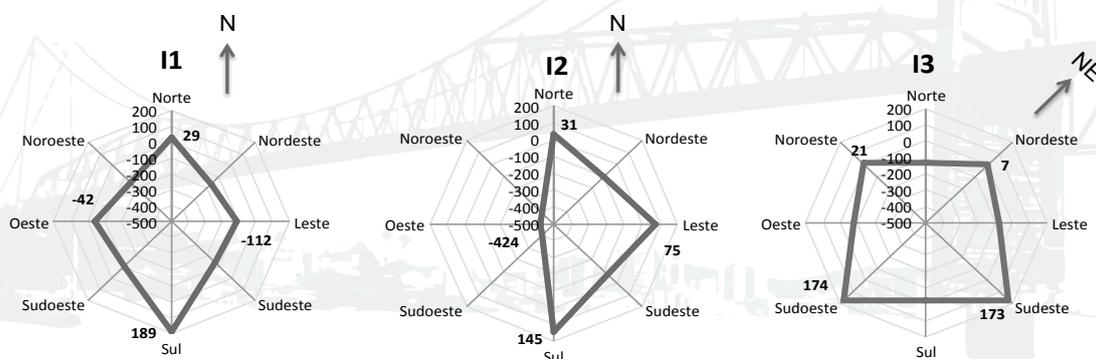


Figura 3. Distribuição periférica das deformações residuais longitudinais ( $\mu\text{m}$ ) nas árvores inclinadas de *Corymbia citriodora*. As setas indicam a orientação da inclinação das árvores.

Nota-se ainda que, para as árvores inclinadas, não houve um padrão na distribuição das DRL nas quatro posições cardiais analisadas (Figura 3), impossibilitando verificar uma tendência no comportamento da DRL conforme o diâmetro da árvore analisada. Isso pode ser notado para as árvores I2 e I3, que mesmo apresentando diâmetros próximos, 42,65 e 45,51 cm, respectivamente, resultaram em distintos valores de DRL. Porém, deve ser ressaltado que mesmo possuindo um diâmetro aproximado, os valores de angulação de inclinação dessas árvores foram diferentes, possuindo uma amplitude de  $6^\circ$ , o que provavelmente foi um fator determinante para os distintos resultados de DRL.

Em termos do processamento da madeira, os valores de DRL podem ser relacionados, por exemplo, com índices de rachadura de topo (IRT) e retratibilidade da madeira. Vários trabalhos têm demonstrado que a madeira de *Eucalyptus* apresenta maior IRT quando seus troncos são mais tensionados, ou seja, apresentam maiores valores de



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

DRL (SOUZA, 2003; TRUGILHO, 2005; BELTRAME, 2015). Silva et al. (2016) também encontraram relação semelhante para mogno africano (*Khaya ivorensis* e *K. senegalensis*).

Com base nesses resultados, é esperado que a árvore Ereta 2 (Tabela 1), de menor diâmetro, seja entre todas as estudadas a que será menos propensa ao surgimento de rachaduras. Por outro lado, todas as árvores inclinadas apresentarão alta propensão a rachaduras, não somente por apresentarem altas DRL, mas também pela assimetria entre esses valores observados ao redor do tronco.

É esperado que a árvore I2 se destaque na intensidade desse defeito, considerando-se o módulo dos valores. Entretanto, deve-se ressaltar que apenas o valor de deformação residual não é suficiente para definir a propensão de uma madeira a sofrer rachaduras. Entre outras características, é importante considerar a resistência mecânica específica dessa madeira, ao fendilhamento, por exemplo. O comportamento das tábuas dessas árvores frente ao desdobro está em avaliação. Características como empenamentos e rachaduras serão oportunamente publicados.

## 4. CONCLUSÕES

Existe diferença no comportamento padrão na distribuição periférica da deformação residual longitudinal (DRL) entre árvores eretas e inclinadas de *Corymbia citriodora*, tendendo a ser mais homogêneo nas árvores eretas e, heterogêneo e com maior magnitude do lado tracionado do fuste inclinado. Porém, o comportamento das DRLs quando relacionado aos diâmetros das árvores analisadas foi variável, não permitindo definir uma tendência.

Alguns resultados indicam a presença de lenho de tração nas árvores analisadas e com isso o uso do extensômetro como método indireto de medição da tensão de crescimento, é uma ferramenta útil para identificar madeira de reação em árvores em pé. Com essa ferramenta foi possível observar valores negativos para uma das árvores eretas, que aparentemente não apresentava nenhuma inclinação do fuste, mas após medição com extensômetro denotou presença de lenho comprimido em um dos pontos analisados.

Dessa forma, os dados obtidos pelo extensômetro em campo, antes do abate das árvores, facilita a tomada de decisão dos melhores métodos de desdobro a serem utilizados na serraria a fim de se aumentar o rendimento no desdobro da tora.

## 5. AGRADECIMENTOS

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

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILLÈRES, H.; FOURNIER-DJIMBI, M.; GÉRARD, J.; THIBAUT, B. Growth stresses, end splitting and sawing distortions in Eucalypts from plantation, in *International Conference on Wood Mechanics* (ed. S. Aicher), FMPA-Otto-Graf-Institut, Stuttgart, pp. 483–494. 1996.

BARNETT, J.; JERONIMIDIS, G. Wood quality and its biological basis. In Blackwell London, UK:Blackwell, 2003, 226 p.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





BELTRAME, R. et al. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus spp.* *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 63-74, 2015.

CARVALHO, A. M. et al. Correlações da altura e diâmetro com tensões de crescimento em árvores de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, v.34, n.2, pp. 323-331, 2010.

DELUCIS, R. de A.; MISSIO, A. L.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Predição da deformação residual longitudinal por meio de propriedades dendrométricas e físicas de acácia negra. *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 05, n. 01, pp. 42-57, 2014.

KÜBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. *Forest Products Abstracts*, v. 10, pp. 61–119, 1987.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.107-116, 2004.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais em *Eucalyptus sp.* e *Corymbia sp.* In: *II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira - Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015*.

SILVA, J. G. M, DA; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; BATISTA, D. C.; SORANSO, D. R.; BILLO, D. F. Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. *Scientia Forestalis*, v. 44, n.109, 2016.

SOUZA, M. A. M. de; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J.T.; ROSADO, S. C. da S. Deformação residual longitudinal e sua relação com algumas características de crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. *Revista Floresta*, v.33, n.3, p. 275-284. 2003.

THIBAUT, B.; GRIL, J. Wood Quality and its Biological Basis: Chapter 6 - Growth stresses. 2003, 226 p.

TRUGILHO, P. F. Tensão de crescimento em árvores vivas de clones de *Eucalyptus spp.* e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e propriedades de sua madeira. 2005. 123 p. Tese (Pós Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

WILSON, B. F.; ARCHER, R.R. Reaction wood – Growth stresses and strains. *Annu. Rev. Plant Physiol.* v. 28, pp. 23-43, 1977.

WILSON, B.F.; ARCHER, R.R. Tree design: some biological solutions to mechanical problems. *Bioscience*, v. 29, n. 5, pp. 293–298, 1979.

YANG, J.; WAUGH, G. Growth stress, its measurement and effects. *Australian Forestry*, v. 64, n. 2, pp.127-135, 2001.