



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL EM ÁRVORES DE MOGNO AFRICANO ANTES E APÓS O CORTE

Maria Naruna Felix de Almeida<sup>1</sup>  
Lourdes Maria Hilgert Santos<sup>1</sup>  
João Gabriel Missia da Silva<sup>1</sup>  
Sofia Maria Gonçalves Rocha<sup>1</sup>  
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz<sup>1</sup>  
Frederico José Nistal França<sup>2</sup>  
Tâmara Suely Filgueira Amorim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

<sup>2</sup> Mississippi State University, Department of Sustainable Bioproducts



## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### AVALIAÇÃO DA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL EM ÁRVORES DE MOGNO AFRICANO ANTES E APÓS O CORTE

**Resumo:** No Brasil, observa-se um crescente aumento dos plantios de mogno africano, sendo de grande importância conhecer a qualidade da madeira oriunda desses povoamentos para sua melhor destinação. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os valores de deformação residual longitudinal (DRL) em árvores de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*), antes e após o corte, e verificar a variação da DRL em duas posições ao longo do tronco, após o corte. Foram amostradas quatro árvores de cada espécie, provenientes de um plantio experimental com 19 anos. A medição da DRL foi realizada utilizando um relógio comparador digital (extensômetro), com o qual efetuou-se leituras nas direções cardeais norte e sul do plantio, na altura do DAP das árvores em pé, e nas posições relativas de 25% e 50% da Hc após o corte das árvores. A DRL média na posição DAP foi de 92,8  $\mu\text{m}$  para *K. ivorensis*, e 93,4  $\mu\text{m}$  para *K. senegalensis*. Observou-se a diminuição desses valores após o corte das árvores. Em ambas as espécies, os valores de DRL foram superiores nas posições de 50% da altura comercial. Novos experimentos com o mogno africano são importantes, visto que diversas características podem influenciar na qualidade da madeira a ser produzida.

**Palavras-chave:** DRL, extensômetro, qualidade da madeira, *Khaya*.

### EVALUATION OF LONGITUDINAL RESIDUAL DEFORMATION ON AFRICAN MAHOGANY TREES BEFORE AND AFTER THE COURT

**Abstract:** In Brazil, there is an increasing of african mahogany plantations, being of great importance to know the quality of timber from these plantations for your best destination. Thus, the objective of this work was to compare the values of longitudinal residual deformation (DRL) in trees of two species of african mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*), before and after cutting, and verify the variation of DRL in two positions along of the trunk after cutting. Four trees of each species were sampled, from an experimental planting with 19 years. The measurement of DRL was performed using a clock digital comparator (extensometer), with which readings were made in the cardinal directions north and south of the plantation, at the high of DAP of standing trees, and in the relative positions of 25% and 50% after cutting the trees. The mean DRL in the DAP position was 92.8  $\mu\text{m}$  for *K. ivorensis*, and 93.4  $\mu\text{m}$  for *K. senegalensis*. It was observed the decrease of these values after cutting. In both species, the DRL values were higher at the 50% commercial height positions. New experiments with african mahogany are important, seeing several features may influence the quality of the wood to be produced.

**Keywords:** DRL, extensometer, wood quality, *Khaya*.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma limitação comum ao uso da madeira para a serraria é a sua propensão à empenamentos e rachaduras, sendo esses os principais fatores de redução do rendimento operacional (SOUZA et al., 2003). Essas deformações são diretamente relacionadas as tensões de crescimento que estão presentes, e em equilíbrio, na árvore. Entretanto, após

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

sua derrubada, o estado de equilíbrio é modificado ocasionando defeitos nas toras e na madeira serrada (BRAZ, 2014).

Pesquisas apontam que as tensões de crescimento podem estar relacionadas a fatores genéticos, idade, dimensões da tora, taxa de crescimento, inclinação do fuste, espaçamento, entre outros; entretanto, os fatores que causam altas tensões de crescimento ainda não são totalmente conhecidos.

Conhecer os níveis das tensões de crescimento fornece informações importantes sobre os atributos tecnológicos da madeira para seu uso industrial. A medida da deformação residual longitudinal (DRL) é um método não destrutivo que permite determinar indiretamente os níveis das tensões presentes nas árvores (BELTRAME et al., 2012). A DRL consiste na deformação de uma peça em relação ao seu comprimento, isso reflete na diminuição do rendimento em madeira serrada e, em certos casos, pode provocar a inutilização da peça pela indústria.

Poucas informações sobre a variação na intensidade dessas tensões ao longo da altura do fuste são encontradas na literatura, de modo que conhecer esse comportamento pode auxiliar no estudo do sortimento da árvore para diferentes usos, baseado nas tensões suportadas por cada finalidade (TRUGILHO et al., 2006).

Tendo por objetivo atender a demanda de madeira serrada no Brasil, observa-se um crescente aumento dos plantios de mogno africano (gênero *Khaya*, família Meliaceae), sendo os principais usos da madeira a movelaria, a produção de lâminas decorativas e instrumentos musicais, a construção naval e a arquitetura de interiores (SILVA, 2014).

Com ciclo de corte médio de 20 anos, pesquisas que visam informar sobre a qualidade da madeira de *Khaya* spp. no país são escassas. Dessa forma, torna-se importante conhecer os níveis das tensões de crescimento em árvores de mogno africano ao longo do fuste e próximo ao final do ciclo de corte, para que por meio da associação dos valores de DRL e das demais propriedades da madeira, seja possível indicar fatores que colaborem para a seleção de materiais com menor propensão a defeitos (BRAZ et al., 2016).

Diante deste contexto, este trabalho teve como objetivos: comparar os valores de deformação residual longitudinal (DRL) em árvores de duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis*), antes e após o corte, e verificar a variação da DRL em duas posições ao longo do tronco, após o corte.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do material experimental

Neste estudo foram avaliadas duas espécies de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.), ambas com 19 anos de idade proveniente de um plantio experimental instalado na Reserva Natural Vale (RNV), localizado no município de Linhares, Espírito Santo, Brasil (coordenadas 19°06' a 19°18' Latitude Sul e 39°45' a 40°19' Latitude Oeste).

O relevo da RNV é relativamente plano com altitude variando de 28 a 65 m. A região caracteriza-se por apresentar uma pluviosidade média de 1200 mm.ano<sup>-1</sup>, temperatura média de 25,08°C e umidade relativa do ar de 82,9%. Segundo a classificação de Koppen, o clima local é do tipo Aw (tropical úmido), com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

O espaçamento inicial do plantio foi o 2 x 3 m, sendo os lotes de sementes da espécie *K. senegalensis* provenientes de Burkina-Faso e Senegal, e os da espécie *K. ivorensis* originados da França.

### 2.2 Amostragem das árvores

Foram amostradas quatro árvores de cada espécie, sendo previamente mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura comercial (Hc), a qual foi considerada até a inserção do primeiro galho ou bifurcação.

A medição da Deformação Residual Longitudinal (DRL) foi realizada por meio de método não destrutivo, conforme a metodologia do *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt* (CIRAD – Forêt). O equipamento utilizado para a medição foi um relógio comparador digital, comumente chamado de extensômetro (*Growth Strain Gauge*), sendo as leituras realizadas nas duas direções cardeais, norte e sul do plantio.

As primeiras medições da DRL ocorreram com as árvores em pé, na altura do DAP, em momentos de ausência de vento (Figura 1A). Em seguida, as árvores foram cortadas e realizadas novas medições da DRL nas posições relativas de 25% e 50% da Hc (Figura 1B).

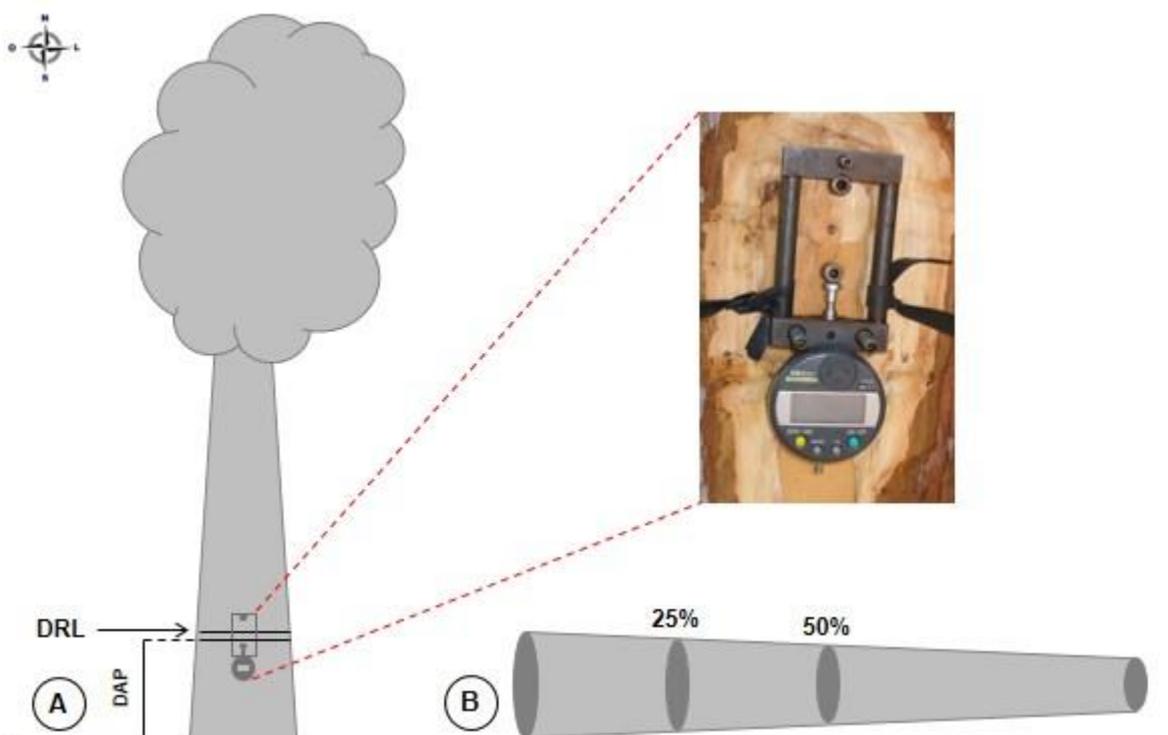


Figura 1. Esquema da amostragem realizada para medição da DRL nas árvores em pé (A) e após o corte (B).

Fonte: Os autores.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Para a medição da DRL, removeu-se a casca das árvores e o extensômetro foi apoiado em dois pinos fixados no tronco na direção da grã e distanciados a 45 mm. Em seguida, realizou-se um furo de 20 mm de diâmetro com um arco de pua para a liberação das deformações de crescimento das fibras. Com a perfuração, houve o rompimento dos tecidos do lenho e a tensão foi liberada, sendo o valor registrado em micrômetros diretamente no visor do extensômetro.

Foi realizada uma análise estatística descritiva para conhecer as possíveis variações dos valores de DRL antes (DAP) e após o corte da árvore (25% da altura comercial) e entre as duas posições longitudinais amostradas no tronco (25% e 50% da altura comercial).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições da DRL nas duas espécies de mogno africano obtidas na altura do DAP (antes do corte) e a 25% e 50% da altura comercial (após o corte) são observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Deformação residual longitudinal (DRL) por orientações cardeais e posições ao longo do tronco em duas espécies de mogno africano (19 anos), antes e após corte das árvores.

Árvore	Posição de medida	DRL ( $\mu\text{m}$ )							
		<i>K. ivorensis</i>				<i>K. senegalensis</i>			
		Orientação cardeal		Média	CV (%)	Orientação cardeal		Média	CV (%)
Norte	Sul	Norte	Sul						
Antes do corte	DAP	76,8	108,8	<b>92,8</b>	24,4	58,5	128,3	<b>93,4</b>	52,8
Após o corte	25%	74,5	44,0	<b>59,3</b>	36,4	41,5	73,0	<b>57,2</b>	39,0
	50%	91,3	64,0	<b>77,6</b>	24,8	73,8	118,0	<b>95,9</b>	32,6

CV = coeficiente de variação.

A deformação residual longitudinal (DRL) média para *Khaya ivorensis* foi de 92,8  $\mu\text{m}$  e para *Khaya senegalensis*, 93,4  $\mu\text{m}$ , sendo esses valores verificados nas árvores na altura do DAP, antes do corte. Tendo por base esse resultado semelhante, as madeiras podem apresentar desempenho parecido na produção de serrados. Entretanto, para avaliar o comportamento da madeira serrada dessas espécies, é necessário verificar outras características como densidade, anatomia e resistência mecânica da madeira, visto que as mesmas são diferentes entre as duas espécies.

Os valores médios de DRL obtidos para as duas espécies são semelhantes aos encontrados por Trugilho et al. (2006) e Braz (2016), os quais verificaram em clones do gênero *Eucalyptus* valores médios para DRL de 88  $\mu\text{m}$  em indivíduos com 6 anos de idade, e de 93  $\mu\text{m}$  nos clones estudados com 5 anos, respectivamente.

Valores superiores já foram registrados para clones de *Eucalyptus* spp.: 111  $\mu\text{m}$  (BELTRAME et al., 2012), *Eucalyptus saligna*: 152  $\mu\text{m}$  (BELTRAME et al., 2013) e *Eucalyptus dunni*: 126  $\mu\text{m}$  (BRAZ et al., 2016). Os diferentes valores encontrados provavelmente podem estar associados às condições ambientais e fatores internos de constituição do tronco, além das características próprias de cada espécie.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

A madeira de ambas as espécies de mogno apresentaram valores de DRL superiores aos citados na literatura para árvores de *Tectona grandis* aos 13 anos de idade, as quais obtiveram valor médio para DRL de 47  $\mu\text{m}$  (BLANCO-FLÓREZ, 2012), e para árvores de *Acacia mearnsii* que apresentaram DRL de 62  $\mu\text{m}$  aos 7 anos (DELUCIS et al., 2014). Esses resultados podem estar associado à diversas causas, entre elas a variabilidade genética, a procedência e a origem das árvores.

Em relação à posição cardeal, as árvores de *K. senegalensis* apresentaram valor de DRL médio da orientação norte inferior aos encontrados na posição sul para as 3 posições avaliadas. Enquanto que nos indivíduos de *K. ivorensis*, somente na medição realizada na altura do DAP os valores foram inferiores na orientação norte. Esse comportamento pode estar associado a fatores como inclinação da copa, direção predominante dos ventos, formação de lenho de reação, orientação da grã, entre outros.

Outros estudos apresentam resultados de valores médios de DRL significativamente diferentes ao longo da circunferência do tronco. Delucis et al. (2014) registraram em árvores de acácia negra valores de DRL obtidos por leituras na posição norte inferiores às realizadas na posição sul. Beltrame et al. (2012), em um estudo com clones híbridos de *Eucalyptus* spp. aos nove anos de idade, concluíram que os valores médios de DRL foram significativamente maiores para o sentido leste, sendo que norte e sul não diferiram estatisticamente entre si. A pesquisa conduzida por Blanco-Flórez (2012) em árvores de teca verificou existir uma tendência de maior tensão de crescimento na direção oeste. Desse modo, pode-se assumir que para a avaliação da DRL é importante que seja efetuada uma amostragem ao longo da circunferência do tronco da árvore, realizando-se leituras que podem ser orientadas nas diferentes posições cardiais.

Na Figura 2 estão apresentados os valores de DRL antes e após o corte. Pode-se observar que a medição na árvore em pé apresentou valores superiores aos obtidos após o corte das árvores para as duas espécies. A diminuição desses valores pode estar associada à liberação de parte das tensões de crescimento imediatamente após o corte da árvore, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento.

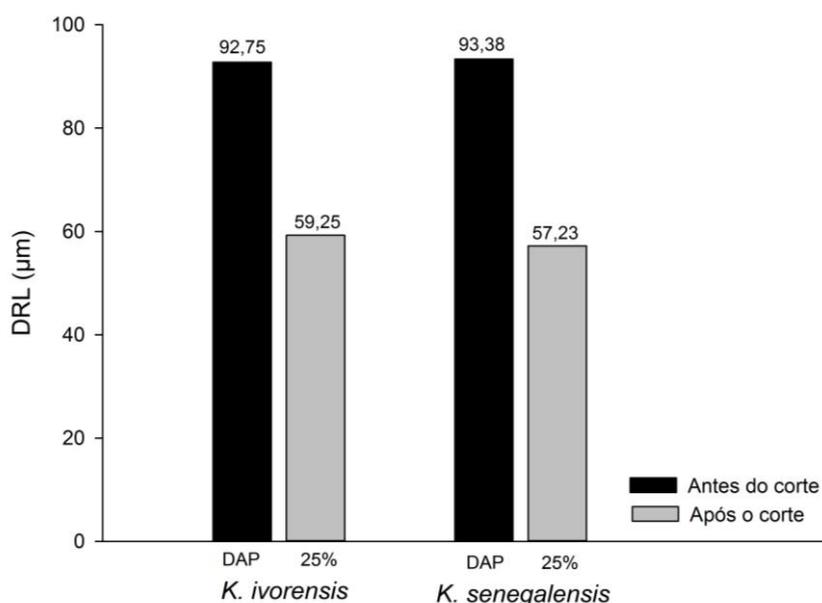


Figura 2. Comparação das medições de DRL antes do corte (DAP) e após o corte (posição relativa a 25% de Hc) das árvores de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Ambas as espécies apresentaram um comportamento semelhante na variação dos valores de DRL nas posições ao longo do tronco (Figura 3). Os valores obtidos na posição 50% da Hc são superiores aos relativos à 25% da Hc. Desse modo, ao considerar o seccionamento do fuste comercial em toras, a primeira tora (base a 25% da Hc) e a subsequente (25 a 50% da Hc) apresentam diferentes índices de deformação em suas extremidades. Este desequilíbrio em uma mesma tora promove uma maior susceptibilidade a rachaduras e empenamentos nas peças serradas originadas desse material.

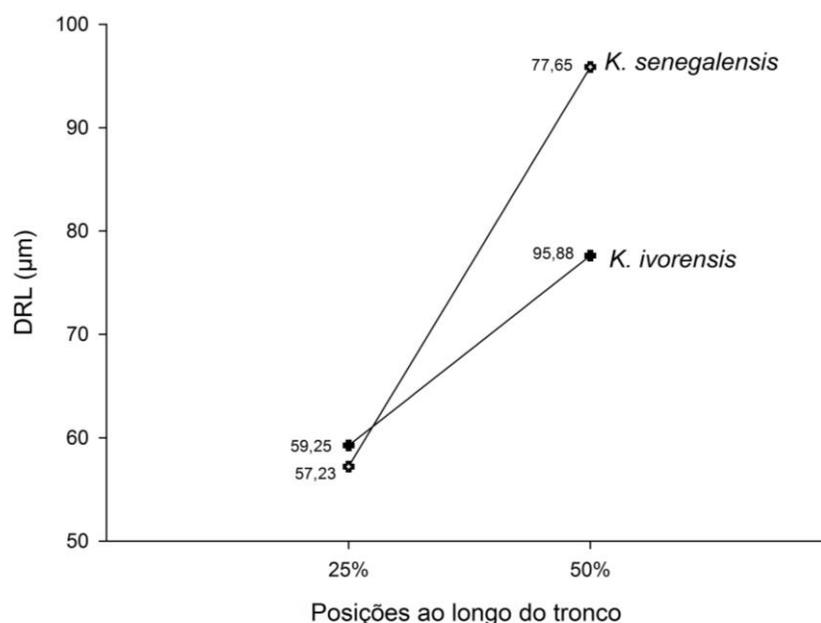


Figura 3. Variação nas medições de DRL nas posições relativas a 25% e 50% da altura comercial das árvores de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* (19 anos).

As espécies de mogno apresentaram maior variabilidade ao longo do tronco quando comparadas à clones de eucalipto avaliados por Lima et al. (2004) e Trugilho et al. (2002), os quais obtiveram DRL médias semelhantes para duas posições ao longo do tronco (DAP e 2,5 m) e (DAP e 3,0 m), respectivamente. Entretanto, essa diferença pode ser justificada tanto pela origem seminal das árvores de mogno, quanto pela proximidade das posições de medição realizadas pelos autores.

#### 4. CONCLUSÕES

As duas espécies de mogno africano estudadas apresentaram valores de DRL semelhantes, sendo essas medições consideradas intermediárias quando comparadas a outras espécies como teca e clones de eucalipto. Esse fato pode ser um indicativo de níveis médios de tensões de crescimento na madeira, tornando-as aptas para o desdobro em serraria.



## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

A elevada variabilidade observada, antes e após o corte e ao longo do tronco, no material estudado de *Khaya ivorensis* e *Khaya senegalensis* evidencia a importância de se realizar novos experimentos, visto que características como idade, condições de crescimento, espécies ou características genéticas podem influenciar na qualidade da madeira produzida, auxiliando, assim, a seleção de material superior para a produção de serrados.

### 5. AGRADECIMENTOS

A Reserva Natural Vale pelo material, oportunidade de pesquisa, troca de conhecimentos e estrutura, e a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo financiamento da pesquisa.

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, R. et al. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. CIÊNCIA FLORESTAL, v. 22, n. 2, p. 343-351, 2012.

BELTRAME, R. et al. Evaluation of longitudinal residual strain of *Eucalyptus saligna* Smith. wood. SCIENTIA FLORESTALIS, v. 41, n. 97, p. 095-101, 2013.

BLANCO-FLÓREZ, J. B. Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.). 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BRAZ, R. L. Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. 2014. 253 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAZ, R. L. et al. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. SCIENTIA FLORESTALIS, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

DELUCIS, R. A. et al. Predição da deformação residual longitudinal por meio de propriedades dendrométricas e físicas de acácia negra. CIÊNCIA DA MADEIRA (*Braz. J. Wood Sci.*), v. 05, n. 01, p. 42-57, 2014.

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.

SILVA, J. G. M. da. Qualidade da madeira serrada e demarcação do lenho juvenil e adulto do mogno africano. 2014. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

SOUZA, M. A. M. de. et al. 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.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. FLORESTA E AMBIENTE, v. 9, n. 1, p. 38 - 44, 2002.

TRUGILHO, P. F. et al. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. CERNE, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

