

Deformação Residual Longitudinal do clone do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Dáfilla Yara Oliveira de Brito¹; José Tarcísio Lima¹; Bruno Charles Dias Soares¹;
Carlos Henrique da Silva¹; José Reinaldo Moreira da Silva¹

¹Departamento de Ciência Florestais/DCF, Universidade Federal de Lavras (UFLA), 37200 900 Lavras/MG, Brasil.

Resumo: Para selecionar materiais com menores tensões de crescimento é essencial avaliar árvores vivas. Objetivou-se avaliar as tensões de crescimento por meio da Deformação Residual Longitudinal (DRL) em árvores eretas e inclinadas de um clone do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Foram avaliadas árvores com sete anos, de plantio experimental na região do Vale do Rio Doce, MG. Cinco árvores eretas e cinco inclinadas foram medidas com um extensômetro, no nível do DAP. As DRLs foram avaliadas em quatro pontos e diferentes direções cardinais. Foi realizada a Anova a 5% de significância para a comparação entre as médias da DRL das árvores eretas e inclinadas. Não houve diferença estatística entre os valores médios da DRL das árvores eretas (86,9 μm) e das inclinadas (80,73 μm). As DRLs para árvores eretas variaram entre 47 μm e 116 μm . As DRLs para árvores inclinadas variaram entre 0 μm e 175 μm .

Palavras-chave: Tensão de crescimento, Eucalipto, Inclinação.

Longitudinal Residual Strain of the hybrid clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Abstract: In order to select materials with lower growth stresses, it is essential to evaluate living trees. The objective of this study was to evaluate growth stresses by means of Longitudinal Residual Strain (DRL) in erect and inclined trees of a clone of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Seven-year-old trees from experimental planting in the Vale do Rio Doce region, MG, were evaluated. The trees were measured with an extensometer at the DBH level. The DRLs were evaluated at four points and different cardinal directions. ANOVA was performed at 5% significance to compare the mean DRLs of erect and inclined trees. There was no statistical difference between the mean DRLs of erect (86.9 μm) and inclined (80.73 μm) trees. The DRLs for erect trees ranged from 47 μm to 116 μm . DRLs for leaning trees ranged from 0 μm to 175 μm .

Keywords: Growth stress, *Eucalyptus*, Inclination.

1. INTRODUÇÃO

A matéria-prima madeireira é utilizada ao longo dos anos em diferentes segmentos da indústria. No Brasil, conforme o relatório da Indústria Brasileira de Árvores (IBA) de 2023, a área destinada ao cultivo de árvores plantadas alcançou 9,93

milhões de hectares em 2022. Desse total, cerca de 7,6 milhões de hectares são ocupados pelo cultivo de espécies do gênero *Eucalyptus*.

As espécies do gênero *Eucalyptus* possuem potencial madeireiro para se destacarem em usos mais variados. No entanto, são necessárias investigações tanto do ponto de vista silvicultural como tecnológico para que possam ser empregadas novas ferramentas que se mostrem eficientes na solução ou diminuição dos defeitos (Silva *et al.*, 2024).

Os defeitos mais recorrentes observados nas espécies do gênero *Eucalyptus* são os empenamentos e rachaduras tanto nas toras quanto nas tábuas, causados pelas tensões de crescimento (Malan, 1995). Essas tensões resultam na redução do rendimento da madeira serrada e, em alguns casos, podem até tornar a madeira inutilizável na indústria de transformação, aumentando os custos de produção (Trugilho *et al.*, 2006).

As tensões de crescimento são causadas por forças internas que atuam sobre os tecidos das árvores, mantendo-as íntegras e eretas (Lima *et al.*, 2004). Essas tensões são geradas na região cambial do tronco, durante a maturação das paredes celulares (Trugilho *et al.*, 2002). Segundo Beltrame *et al.* (2012) em espécies folhosas, como as do gênero *Eucalyptus*, essas tensões são mais acentuadas do que nas coníferas. Vidaurre *et al.* (2013) afirmam que os níveis de tensões de crescimento são influenciados pelas condições do ambiente, manejo e tratos silviculturais.

Para selecionar materiais com menores níveis de tensão de crescimento e melhor distribuição ao longo da circunferência do tronco, é essencial avaliá-las em árvores vivas (Trugilho *et al.*, 2006). Nesse sentido, objetivou-se avaliar a magnitude das tensões de crescimento por meio da Deformação Residual Longitudinal (DRL) em árvores eretas e inclinadas do clone do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Identificação do material

Foram avaliadas árvores do clone do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com sete anos de idade, provenientes de plantio experimental da

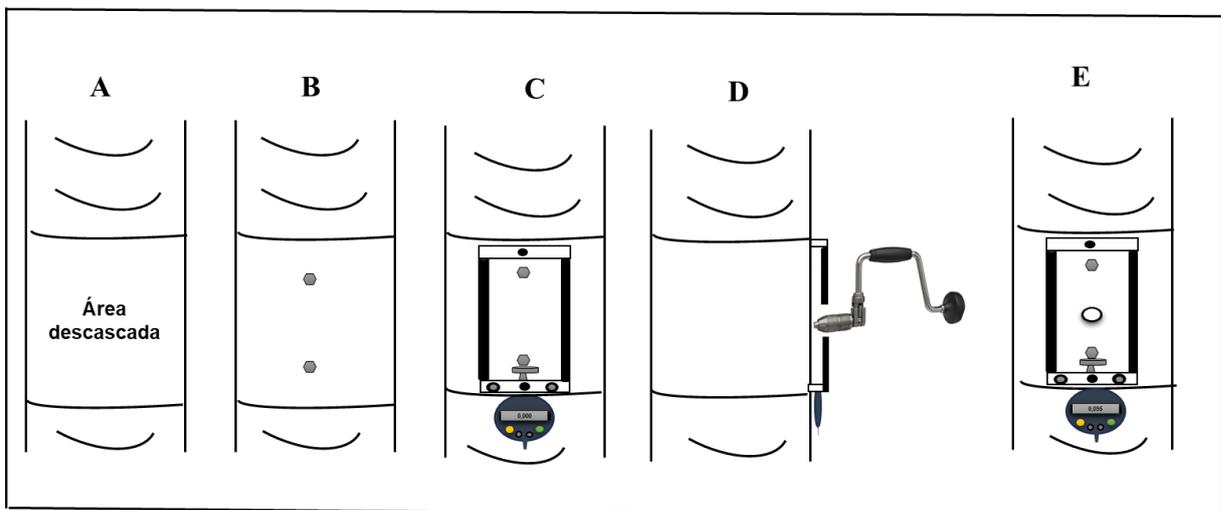
empresa Cenibra S. A., localizado na região de Belo Oriente, situada no Vale do Rio Doce de Minas Gerais.

A escolha dos indivíduos foi realizada com base em sua orientação vertical, sendo selecionadas cinco árvores eretas e cinco inclinadas. A inclinação das árvores foi medida com auxílio de um inclinômetro (Asus ZE552KL). Não sendo selecionados espécimes situados na bordadura dos talhões, com bifurcação ou doença e nem aqueles localizados em região com ocorrência de falha de plantio.

2.2 Amostragem

Foram realizadas as medições das Deformações Residuais Longitudinais – DRL, por meio do extensômetro, nas árvores ainda em pé, a 1,30 m de altura do solo (DAP – Diâmetro a altura do peito), seguindo a metodologia proposta por Lima *et al.* (2004), Figura 1. Em cada árvore, as medidas da DRL foram avaliadas em quatro pontos em volta do caule. Nas árvores eretas, as DRL foram medidas considerando as orientações cardinais norte, sul, leste e oeste. Nas árvores inclinadas, as DRL foram medidas de acordo com a orientação da inclinação da árvore.

Figura 1. Esquema sequencial da medição da Deformação Residual Longitudinal no caule das árvores. A – O caule é descascado em toda sua circunferência em uma altura de aproximadamente 20 cm; B – Dois pinos são fixados na área descascada em uma distância de 45 cm; C – Um relógio comparador (extensômetro) aramado em um quadro é apoiado nos pinos; D – Um furo de 25 cm de diâmetro é feito no caule entre os dois pinos; E – A Deformação Residual Longitudinal é lida no relógio comparador.



Fonte: Dos autores (2024).

2.3 Análise estatística

Foi realizada análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para a comparação entre as médias da DRL das árvores eretas e inclinadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da Deformação Residual Longitudinal (DRL) medida nas árvores eretas e inclinadas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com sete anos de idade são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Deformações residuais longitudinais (DRL) medidas nas árvores eretas e inclinadas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com sete anos de idade

Árvores eretas	Posição cardinal				Média (µm)
	Norte	Sul	Leste	Oeste	
1	88	105	80	99	93
2	58	95	109	59	80,3
3	92	88	96	78	88,5
4	87	89	68	116	90
5	98	47	82	105	83
					86,96*
Árvores inclinadas	Posição cardinal				Média (µm)
	Norte	Sul	Leste	Oeste	
6	105	64	74**	71	78,5
7	65	97	110**	63	83,7
8	Noroeste	Sudeste	Nordeste	Sudoeste	81,3
	0**	175	18	132	
9	Oeste-noroeste	Leste-sudeste	Norte-nordeste	Sul-sudoeste	84,7
	74**	152	40	73	
10	Noroeste	Sudeste	Nordeste	Sudoeste	75,5
	84	88**	62	68	80,74*

*Não houve diferença significativa no teste de probabilidade p (>0,05)

**DRL em negrito correspondem a direção predominante da inclinação da árvore.

A análise de variância da Deformação Residual Longitudinal (DRL) para as árvores eretas pode ser observada na tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância da Deformação Residual Longitudinal (DRL) entre árvores eretas

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor F	Valor - P
Posição cardinal	4	435,2	108,8	0,29	0,883
Erro	15	5719,7	381,3		
Total	19	6154,9			

Análise de variância para a Deformação Residual Longitudinal (DRL) entre árvores eretas e inclinadas pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância da Deformação Residual Longitudinal (DRL) entre árvores eretas e inclinadas

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Valor F	Valor - P
Tipo de inclinação	1	384,4	384,4	0,38	0,54
Erro	38	38234,7	1006,2		
Total	39	38619,1			

A média das DRL para as árvores eretas foi de 86,96 μm e para as árvores inclinadas foi de 80,74 μm . Esses valores não diferiram estatisticamente, embora seja possível verificar diferenças consideráveis entre os pontos e direções nas árvores. As DRL para as árvores eretas (1 a 5) variaram entre 47 μm e 116 μm . As árvores inclinadas (6 a 10) mostram variação maior na DRL, variaram entre 0 μm e 175 μm .

A direção predominante da inclinação variou entre as árvores 6, 7, 8, 9 e 10. Nas árvores 6, 7 e 10, os maiores valores de DRL não foram registrados, conforme o esperado, na face superior, onde se forma o lenho de tração, mas na face oposta. Já nas árvores 8 e 9, os maiores valores de DRL foram observados, conforme o esperado, na face superior, onde normalmente se forma o lenho de tração, o que está em conformidade com o que foi descrito na literatura por Abreu Júnior et al. (2017) para a madeira de *Corymbia citriodora*.

A variação nas medidas de DRL, tanto para árvores eretas quanto para árvores inclinadas, demonstram que as tensões internas na madeira não são uniformemente distribuídas e podem ser influenciadas por fatores como a orientação da árvore (ereta ou inclinada) e a direção cardinal do ponto de medição. Segundo Beltrame *et al.* (2012), as variações nas DRL para madeira de *Eucalyptus* podem estar associadas tanto a fatores intrínsecos da árvore (idade, DAP, volume da árvore e formação de lenho de reação) quanto a fatores ambientais, como topografia e ação de ventos predominantes.

A DRL é diretamente proporcional às tensões de crescimento. As variações nas medições de DRL observadas em árvores inclinadas sugerem que, devido à declividade do terreno, ocorre redistribuição dessas tensões. Como consequência, as árvores desenvolvem mecanismos adaptativos que permitem que permaneçam eretas. Esse resultado corrobora com o observado por Melo (2005), em que maiores níveis de tensões de crescimento resultaram em maiores níveis de tolerância das árvores às tempestades.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir com a realização deste trabalho que:

- Não houve diferença estatística entre os valores médios da DRL das árvores eretas (86,9 μm) e das árvores inclinadas (80,73 μm);
- As medidas da DRL para árvores eretas variaram entre 47 μm e 116 μm ;
- As medidas da DRL para árvores inclinadas variaram entre 0 μm e 175 μm ;
- A maior variação dos valores de DRL nos diferentes pontos e direções cardinais mostraram que a inclinação do terreno influencia na distribuição das tensões de crescimento na árvore e podem comprometer seu uso final.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do Processo 314405/2021-6.

6. REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, A. A.; XAVIER, C. N.; SÁNCHEZ, Y.; DE SOUZA, P. P.; DE ASSIS, J. A.; ANDRADE, A. C. DE. A.; LIMA, J. T. Deformações Residuais Longitudinais em árvores de *Corymbia citriodora* propensas à formação de lenho de tração. In: **III Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia da Madeira (CBCTEM)**, Florianópolis, 2017.

BELTRAME, R.; LAZAROTTO, M.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; AGUIAR, A. M. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2,

p. 343-351, 2012. Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. **Relatório Anual 2022**. São Paulo: IBÁ, 2023.

DUNHAM, R. A.; CAMERON, A. D. Crown, stem and wood properties of wind-damaged and undamaged Sitka spruce. **Forest Ecology and Management**, v.135, n.1-3, p.173-81, 2000.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. D. S.; CRUZ, C. R. D. Deformações Residuais Longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em Eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista árvore**, v. 28, p. 107-116, 2004.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA**, São Paulo. Anais...Piracicaba: IPEF/IPT,1995. p.1-19.

MELO, V. M. D. **Variações nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades** [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.

SILVA, L. F.; BRAGA, R. S. S.; PAES, J. B.; BRITO, F. M. S.; CORREIA, N. P. C. M.; FERREIRA, G. Tensões de crescimento, desdobro, secagem natural e desafios da industrialização da madeira de Eucalipto. In: **ANDRADE, J. K. B. (Org.). Fundamentos e pesquisas em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p.61-72. ISBN:978-65-85562-27-0.

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

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; DE PÁDUA, F. A. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.

VIDAURRE, G. B.; LOMBARDI, L. R.; NUTTO, L.; FRANÇA, F. J.N.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; Propriedades da madeira de reação. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 26-37, 2013.