

DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E IDADES EM CLONE DE HÍBRIDO DE *Eucalyptus*

Antônio Américo Cardoso Junior¹, Paulo Fernando Trugilho², José Tarcísio Lima²,
Sebastião Carlos da Silva Rosado², Lourival Marin Mendes²

(recebido: 11 de janeiro de 2005; aceito: 29 de junho de 2005)

RESUMO: O *Eucalyptus*, como matéria prima para serraria de melhor qualidade, tornou-se uma necessidade do mercado. Dessa forma, os efeitos dos tratamentos silviculturais sobre as características da madeira devem ser avaliados. Objetivou-se com este trabalho verificar a influência do espaçamento e da idade das árvores na deformação residual longitudinal, associada às tensões de crescimento, em clone de *Eucalyptus*. O material estudado foi coletado na região noroeste do Estado de Minas Gerais, sendo avaliado um clone em três espaçamentos e cinco idades. Para medir a DRL foi usado o aparelho do “CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge”. Os resultados do experimento indicaram uma redução linear no valor da DRL com o aumento do espaçamento e uma variação quadrática da DRL em função da idade.

Palavras-chave: DRL, deformação residual longitudinal, tensão de crescimento, espaçamento, idade.

LONGITUDINAL RESIDUAL STRAIN IN DIFFERENT SPACING AND AGES IN HYBRID CLONE OF *Eucalyptus*

ABSTRACT: The utilization of *Eucalyptus* as supplier of raw-material for sawmills has been progressively increased. Trees of both best quality and dimensions represent an important market requirement. Therefore, the effects of forestry treatments on the wood characteristics must be evaluated. This work verified the influence of the spacing and of the age in the longitudinal residual strain (LRS), associated to the growth stresses, in clones of *Eucalyptus*. For determining LRS it was utilised an extensometer “CIRAD-Forêt”. The experiment indicated a linear reduction in LRS with the enlargement of the spacing and a tendency of quadratic variation for the age factor.

Key words: LRS, longitudinal residual strain, growth stresses, spacing, ages.

1 INTRODUÇÃO

A escolha do espaçamento de plantio fundamenta-se no uso final da madeira e na meta de produção. Inúmeros estudos foram desenvolvidos com vistas à produção de madeira para celulose e/ou chapas de fibra. Considerando-se a diversidade de comportamento das espécies florestais e as diferentes qualidades de madeiras exigidas em função do uso, espera-se que o espaçamento ideal para produção de celulose, por exemplo, possa não ser o adequado para produção de madeira para serraria (BALLONI & SIMÕES, 1980).

Os tratamentos silviculturais, que possibilitam a melhoria do ambiente, proporcionam aceleração no ritmo do crescimento e podem contribuir com o aumento dos níveis de tensões de crescimento na

planta. O efeito da abertura do espaçamento, em especial, nos plantios destinados a projetos de agrossilvicultura, pode contribuir para a queda na qualidade da madeira, pois poderia potencializar os níveis dessas tensões. Deve ser enfatizado que como as tensões de crescimento podem ter origem de fatores genéticos e ambientais, o seu efeito será diferenciado de acordo com o material genético e a interação genótipo x ambiente.

Um crescimento satisfatório das árvores deve ser alcançado para se obter madeira de dimensões mais adequadas para serraria. Nesse sentido, espaçamentos mais amplos podem ser adotados, desde que os efeitos proporcionados com o aumento da área por planta não prejudiquem as características da madeira. A sua interação com os materiais genéticos deve ser avaliada e considerada para que

¹ Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira – Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal/UFPR – Campus III – Curitiba, PR – 80270-170 – acardoso@floresta.ufpr.br

² Professor – Departamento de Ciências Florestais/UFLA – Cx.P. 3037 – Lavras, MG – 37200-000 – trugilho@ufla.br, jtlima@ufla.br, scrosado@ufla.br, lourival@ufla.br.

seja possível obter madeira com melhor qualidade e proporcionar maiores ganhos com a seleção (SILVEIRA et al., 1999).

Uma alternativa ao espaçamento é a modificação da área por planta com a realização de desbastes periódicos. O benefício do desbaste é disponibilizar madeira em período de tempo mais curto e, dessa forma, gerar renda com rapidez para amortizar o investimento florestal. Os desbastes reduzem a densidade populacional e, caso não promovam novas orientações das copas nos indivíduos remanescentes, podem reduzir o nível das tensões de crescimento. Entretanto, os desbastes rigorosos poderão induzir novas orientações das copas e, nesse caso, o problema das tensões de crescimento poderá ser agravado (KUBLER, citado por LIMA et al., 2002). O autor cita, ainda, que em trabalhos realizados por Opie, os desbastes pesados aumentaram em 30% as tensões de crescimento em uma população clonal de “poplar”.

Entretanto, Ferrand (1983), estudando o efeito dos desbastes na deformação residual longitudinal (DRL) em *Eucalyptus*, verificou que desbastes suaves não influenciaram a DRL, mas desbastes pesados e prematuros reduziram os níveis das deformações, indicando uma relação direta entre as deformações e a competição existentes em plantios mais densos, verificadas ao comparar a área basal do povoamento e o nível de deformação. O autor cita que em populações mais densas, os problemas de tensões de crescimento podem ser mais graves devido ao pequeno diâmetro das árvores.

Lima et al. (2000) constataram que não houve interação entre a intensidade do desbaste e o índice de rachadura, independentemente da posição longitudinal da tora, demonstrando que não existe variação nesse índice no sentido da base para o topo. Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2002), que não encontrou diferença entre as deformações medidas no DAP e a três metros de altura.

Adotar plantios em espaçamentos mais amplos e, portanto, de menor custo de implantação, ou promover desbastes na floresta são pontos que devem ser considerados no planejamento florestal, de acordo com o destino que se deseja dar à matéria prima.

Melo (2004) cita que ocorrem variações nas intensidades das tensões de crescimento em volta da

circunferência do tronco, as quais variam entre espécies e dentro da mesma espécie. Os problemas causados pelas tensões de crescimento podem ser minimizados pelo melhoramento genético, de tratamentos silviculturais e de formas adequadas de manuseio e estocagem, associadas as estratégias de desdobro. O autor cita ainda que as tensões de crescimento que se manifestam em troncos inclinados tendem a deixá-los eretos devido à formação de lenho de reação. Normalmente árvores plantadas em terrenos inclinados e sob a ação de ventos possuem maiores tensões de crescimento devido à presença do lenho de reação.

O lenho de reação é um tipo de lenho mais ou menos diferenciado que se forma nos lados inferiores dos ramos e nos troncos tortuosos inclinados das coníferas ou nos lados superiores de estruturas semelhantes das folhosas (ESAU, 1974).

Prohaska et al. (1998) citam que a formação do lenho de reação em árvores ocorre sob o efeito de esforços externos contínuos, como a incidência de ventos predominantes, inclinação do terreno, neve, procura por luz, etc., ou devido à proximidade com outras árvores, provavelmente devido a um estímulo assimétrico de hormônios de crescimento. Dessa forma, árvores expostas a ventos dominantes geram a formação de lenho de reação e conseqüente aumento das tensões de crescimento.

Cardoso Júnior (2004), em estudo realizado com setenta árvores matrizes em uma área remanescente de seleção, encontrou nas posições leste e oeste uma maior variação da DRL. Como a área sofreu um desbaste rigoroso, pois, a seleção de árvores era em função da sua superioridade silvicultural, não houve preocupação com a abertura do espaçamento onde esta abertura provoca alterações nos níveis de DRL devido a provável formação de madeira de reação pela modificação casual da área por planta.

Melo (2004), trabalhando com intensidade de quebra de árvores por correntes de ventos em clones de *Eucalyptus* plantados em topografias diferentes, encontrou que clones que apresentaram maiores níveis de tensões de crescimento resultaram em maiores níveis de tolerância das árvores às tempestades.

Outro importante ponto a ser considerado na busca de material genético superior com menor propensão à rachaduras, empenamentos e outros

defeitos associados à tensão de crescimento é a idade. Diversos trabalhos associando a idade com as características da madeira foram realizados no passado. A influência da idade sobre as propriedades da madeira já está bem elucidada; nesse sentido, citam-se os trabalhos de Barrichelo & Brito (1976), Foelkel & Barrichelo (1975), Lima et al. (1990), Malan (1995), Pettersen (1984), Rosado (1982) e Trugilho et al. (1996).

Segundo Kollmann & Cotê (1968), as propriedades mecânicas da madeira são fortemente influenciadas por diversos fatores nos quais idade se apresenta como um dos mais importantes. Com o aumento da idade, ocorre a presença de fibras mais longas, formação de madeira mais estável, aumento da densidade no sentido medula-casca em *Eucalyptus*, aumento da resistência mecânica, entre outros.

Trugilho et al. (2003), avaliando os níveis de tensões de crescimento em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, aos 8, 13, 15 e 19 anos de idade, não encontraram efeito significativo da idade, porém, verificaram que existe uma tendência de aumento dos níveis de tensão com o aumento da idade.

Calori et al. (1995) realizaram um estudo comparativo da madeira de *Eucalyptus grandis*, com idades entre onze e vinte e um anos para uso em serraria, classificando-a dentro do conceito de qualidade para a indústria moveleira; verificou que a madeira de maior idade apresentou rendimentos significativamente superiores em madeira serrada, bem como maior qualidade após a etapa de secagem. Concluíram, ainda, que a idade considerada ideal para uso em serraria, para fins de movelaria, estava em torno de vinte anos, baseando-se nas características físico-mecânicas desejáveis da madeira e no retorno econômico do investimento florestal.

O fator idade é uma nova fonte de informações que deve ser avaliada, pois sua influência nas características da madeira é consenso entre os pesquisadores e tem sido alvo de novas investigações.

Sendo assim, conduziu-se este trabalho com o objetivo de determinar a influência do espaçamento e da idade na deformação residual longitudinal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material avaliado foi proveniente de área de teste clonal implantado nas Fazendas Bom Sucesso

e Riacho, pertencentes à Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO) do Grupo Votorantim, estando localizadas nos municípios de Vazante e Paracatu, respectivamente, região noroeste do Estado de Minas Gerais. Localiza-se a 17°36'09" de latitude Sul, 46°42'42" de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de 550 metros. O clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com um inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen, apresentando uma temperatura média anual de 24 °C e uma precipitação média anual de 1450 mm.

O preparo do solo foi realizado com uma gradagem, retirada dos tocos preparo do da área para plantio. A adubação foi realizada no ato do plantio, sendo utilizado 100 g por planta de NPK (06:30:06) mais 1% de boro (8,7% de bórax) e feita uma correção com 400 kg de fosfato natural do Araxá, 200 kg de gesso agrícola por hectare e 80 kg de magnesita por hectare.

O experimento consta de um clone (clone 58) plantado em três espaçamentos (3 x 3, 6 x 4 e 10 x 4) e cinco idades (3, 5, 7, 8 e 9 anos). Foram avaliadas três árvores para cada espaçamento e idade.

A medição da DRL foi feita nos quatro pontos cardeais, norte, sul, leste e oeste, usando-se o aparelho do "CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge". O aparelho consiste em um relógio digital apoiado em dois pinos distantes entre si em 45 mm na direção da grã. Após a fixação do aparelho é feito um furo com um arco de pua, onde ocorre o rompimento dos tecidos do lenho e a deformação é registrada pelo relógio do aparelho (Figura 1).

Na avaliação experimental adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Foram avaliados modelos de regressão para explicar a relação funcional existente entre a DRL e o espaçamento e a DRL e a idade. A relação entre DRL e espaçamento foi adequadamente explicada pela equação linear. Contudo, para a relação DRL e idade a equação polinomial foi a que melhor explicou essa relação.

A seleção do melhor modelo foi com base na observação da significância da regressão, dos coeficientes de regressão e do coeficiente de determinação corrigido, sendo realizada pela rotina de regressão seqüencial do programa SAEG.



Figura 1 – Aparelho do “CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge”, usado para a medição da deformação residual longitudinal (DRL).

Figure 1 – Equipment of “CIRAD-Forêt - Growth Strain Gauge”, used for the measurement of the longitudinal residual strain (DRL)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, o clone 58 apresentou uma média geral de deformação residual longitudinal (DRL) de 0,065 mm. O espaçamento de 9 m², apresentou DRL de 0,069 mm; 24 m² de 0,066 mm; e 40 m² de 0,059 mm.

Tabela 1 – Resultados médios da deformação residual longitudinal (DRL), em mm, do clone 58 em três espaçamentos.

Table 1 – Medium results of the longitudinal residual strain (LRS) in mm of clone 58 in three spacings.

	Espaçamento			Média Geral
	9	24	40	
DRL (mm)	0,069	0,066	0,059	0,065
CV (%)	11,60	11,95	13,38	12,31

Pela Figura 2 verifica-se uma tendência observada de variação da magnitude da DRL em função do espaçamento, a qual foi de 0,069 mm para

9 m² e 0,059 mm para 40 m². Verifica-se que o efeito linear apresentou um coeficiente de determinação de 95,46%, mostrando a dependência linear da DRL com o espaçamento.

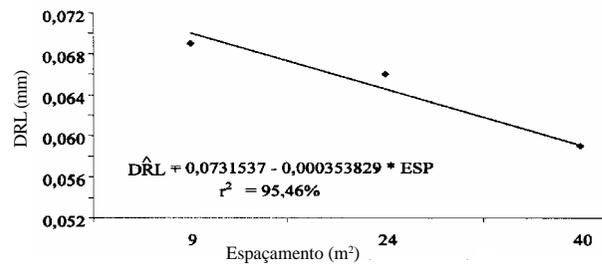


Figura 2 – Efeito do espaçamento (ESP) sobre a deformação residual longitudinal (DRL) no clone 58.

Figure 2 – Effect of the spacing (ESP) in the longitudinal residual strain (DRL) in clone 58.

Verifica-se na Figura 3 que os valores de DRL se mantiveram próximos, além de apresentar um comportamento homogêneo, independente do espaçamento aqui adotado, um indicativo que este material pode ser instalado em espaçamentos menores, obtendo maior produção sem, contudo, afetar a qualidade do produto final.

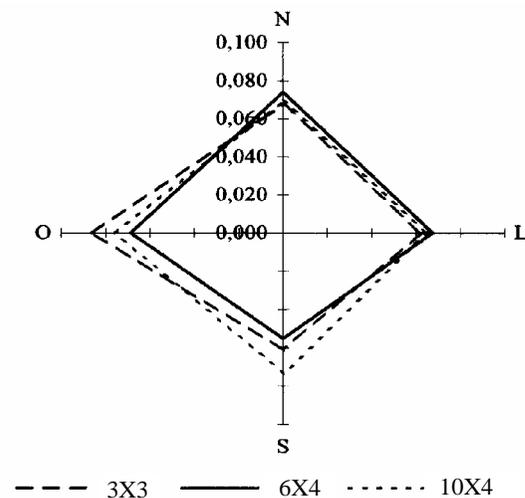


Figura 3 – Comportamento da deformação residual longitudinal (DRL) nos três espaçamentos adotados.

Figure 3 – Behavior of the longitudinal residual strain (LRS) in the three adopted spacings.

Na avaliação do efeito de idade, verificou-se, pela análise de variância da regressão, que os efeitos linear e quadrático, do modelo polinomial cúbico, foram significativos a 5 e a 1%, respectivamente. Para o modelo cúbico-raiz, os efeitos lineares e raiz quadrada foram significativos a 1% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do clone 58 em cinco idades.

Table 2 – Summary of the analysis of variance of the results of the longitudinal residual deformation (DRL), of the clone 58 in five ages.

FV	GL	Quadrado médio	r ²
Modelo polinomial - $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3$			
Efeito linear	1	0,000279 *	0,3252
Efeito quadrático	1	0,000531 **	0,8832
Efeito cúbico	1	0,000103 ^{ns}	0,9957
Resíduo	31	0,0000447	
Modelo cúbico-raiz - $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i^{0,5} + \beta_2 X_i + \beta_3 X_i^{1,5}$			
Efeito linear	1	0,000336**	0,3851
Efeito quadrático raiz	1	0,000413**	0,8167
Efeito cúbico raiz	1	0,000161 ^{ns}	0,1000
Resíduo	31	0,0000448	

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

O modelo polinomial quadrático foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação corrigido (0,8832), um baixo desvio padrão ($\pm 0,208977 \times 10^{-5}$ mm) e um baixo coeficiente de variação (0,0032%), indicando que a tendência de variação da DRL em função da idade foi mais bem representada por esse modelo.

Na Figura 4 observa-se essa tendência, em que a idade que o clone 58 apresentou o nível máximo de DRL (0,066 mm) foi entre os 6 e 7 anos meses.

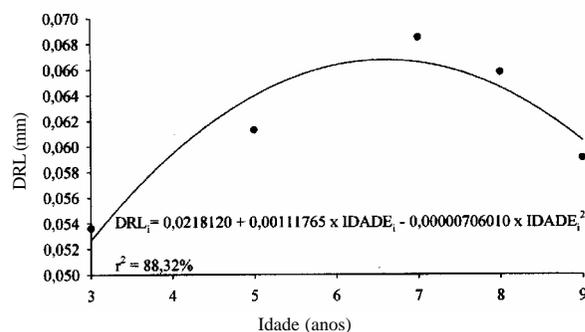


Figura 4 – Efeito da idade sobre a deformação residual longitudinal (DRL) no clone 58.

Figure 4 – Effect of the age on longitudinal residual strain (DRL) in clone 58.

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados avaliados conclui-se que:

A DRL média do clone 58 foi 0,065 mm.

A DRL diminuiu com o aumento do espaçamento.

O modelo linear foi o que melhor explicou o comportamento da DRL em função do espaçamento.

A DRL foi menor para o clone 58 em idades mais avançadas.

O modelo polinomial quadrático foi o que melhor explicou a variação da DRL nas idades estudadas.

O maior valor de DRL em relação a idade foi entre o 6º e o 7º ano, com um valor máximo de 0,066 mm.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciências Florestais.

Aos Professores Paulo Fernando Trugilho, José Tarcísio Lima, Sebastião Carlos da Silva Rosado, Lourival Marin Mendes, José Reinaldo Moreira da Silva e Fábio Akira Mori lotados no Laboratório de Tecnologia da Madeira-UFLA/DCF.

Ao Engenheiro Florestal Clair Rogério da Cruz.

Ao graduando Adalberto Caldas de Oliveira.

À Companhia Mineira de Metais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de *Eucalyptus* como matéria prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília/DF: PRODEPEF, 1976. 145 p. (Série de Divulgação, 13).
- CALORI, J. W.; FIER, I. S. N.; KIKUTI, P. Estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EBRAMEM-EESC/USP, 1995. 116 p.
- CARDOSO JÚNIOR, A. A. **Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento idade e material genético**. 2004. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. Tradução de Berta Lange de Morretes. São Paulo: E. Blücher, 1974. 293 p.
- FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of *Eucalyptus*. **Australian Forest Research**, Collingwood, v. 13, n. 1, p. 75-81, 1983.
- FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO FLORESTA-INDÚSTRIA, 1975, Piracicaba/SP. **Seminário...** Piracicaba: IPEF, 1975. p. 5-33.
- KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.
- LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 111-125, dez. 2000.
- LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; OLIVEIRA, A. D. Évaluation précoce de la densité du bois de clones de *Eucalyptus grandis*. In: WORD CONGRESS/IUFRO, 19., 1990, Montreal, Canadá. **Proceedings...** Montreal: [s.n.], 1990. v. 5, 440 p.
- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S. Novas metodologias empregadas para avaliar variações nas características da madeira de *Eucalyptus*. In: SÓLIDOS DE *EUCALYPTUS*: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 135-149.
- MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS* PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 1-19.
- MELO, V. M. de. **Variações nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades**. 2004. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- PROHASKA, T.; STADLBAUER, C.; WIMMER, R.; STINGEDER, G.; LATKOCZY, C.; HOFFMANN, E.; STEPHANOWITZ, H. Investigation of element variability in tree rings of young Norway spruce by laser-ablation-ICPMS. **The Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 219, p. 29-39, 1998.
- PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed.). **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. p. 54-126.
- ROSADO, S. C. da S. **Avaliação da densidade básica da madeira e com diferentes idades, em *Eucalyptus* spp.** 1982. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.
- SILVEIRA, V.; ROSADO, S. C. da S.; TRUGILHO, P. F.; CARVALHO, D. de; MARTINS, S. C. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 105-124, 1999.

SOUZA, M. A. M. de. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P. da; MATOS, J. L. M. de. Tensão de crescimento em árvores de

Eucalyptus dunnii: I. efeito da idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003. CD-ROM.

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