

**EFEITO DA FERTILIZAÇÃO EM PROPRIEDADES MECÂNICAS DA
MADEIRA DE *Eucalyptus grandis***

**EFFECT OF FERTILIZATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF THE
WOOD OF *Eucalyptus grandis***

Israel Luiz de Lima¹ José Nivaldo Garcia²

RESUMO

O efeito da fertilização na quantidade e qualidade da madeira produzida é uma das questões a serem consideradas nas pesquisas de *Eucalyptus grandis*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da fertilização nas propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. A população de *Eucalyptus grandis* estava com 21 anos de idade e fora manejada pelo sistema de desbastes seletivos com aplicação de fertilizantes na época do início dos desbastes, ou seja, aos cinco anos. Os fatores utilizados foram: presença ou ausência de fertilização, duas posições das toras e cinco posições radiais. As influências dos fatores e de suas combinações foram avaliadas na resistência à compressão paralela às fibras, resistência ao cisalhamento paralela às fibras, módulo de resistência à flexão estática e módulo de elasticidade na flexão estática. A resistência à compressão e o módulo de elasticidade foram influenciados pelos fatores: adubo e posição da tora. Todas as propriedades mecânicas aumentaram no sentido da medula para a casca. Foi observada uma relação positiva entre resistência à compressão paralela às fibras, cisalhamento, módulo de resistência à flexão estática e módulo de elasticidade na flexão estática com a posição radial.

Palavras-chave: manejo florestal; propriedades da madeira; resistência; qualidade da madeira.

ABSTRACT

The effect of the fertilization in the amount and quality of the produced wood is one of the questions to be considered in the research of the *Eucalyptus grandis*. The present work aimed to evaluate the fertilization effect in the mechanical properties of *Eucalyptus grandis*. The population of *Eucalyptus grandis* was 21 years old and was managed under the system of selective thinning, with application of fertilizers. The factors used in this study were: presence or absence of fertilizers, two positions of log and five radial positions. The influences of the factors and of their combinations were evaluated regarding to compression strength, shear strength, modulus of rupture and modulus of elasticity in static banding. The compressive strength and the modulus of elasticity had been influenced by the factors: fertilizer and radial positions of the log. There was also an increase in the direction of the pith-bark in all studied properties. A good positive relationship was found to exist among the compression strength, the shear, the modulus of rupture and the modulus of elasticity with radial position.

Keywords: forest management; wood properties; strength; quality of wood.

INTRODUÇÃO

O uso da madeira do gênero *Eucalyptus* para processamento mecânico já vem sendo realizado devido ao seu rápido crescimento e adaptação às condições ambientais encontradas em grande parte do Brasil. Entre as espécies do gênero *Eucalyptus*

se destaca o *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden que ocorre na Austrália, ao norte do estado de New South Wales, ao sul de Queensland (próximo à região costeira e na parte central), e ao norte de Queensland em áreas de altitude (300 a 900 m) em sua área de dispersão natural. A precipitação pluviométrica varia de 1.000 a 1.700 mm, predominantemente

1. Engenheiro Florestal, Pesquisador do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Divisão de Dasonomia, Rua do Horto, 931, CEP 02377-000, São Paulo (SP). israeluizde.lima@yahoo.com.br

2. Engenheiro Florestal, Professor Livre-Docente do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 09, CEP 13400-970, Piracicaba (SP). jngarcia@esalq.usp.br

Recebido para publicação em 7/01/2010 e aceito em 22/06/2010

no verão, com estação seca não ultrapassando três meses, e geadas ocasionais. A temperatura média das máximas do mês mais quente está compreendida entre 29 a 32°C e a média das mínimas do mês mais frio, entre 5 a 6°C (FERREIRA, 1979).

A madeira de *Eucalyptus grandis* possui densidade leve, fácil de ser trabalhada, possui coloração castanha avermelhada clara, textura fina e grã direita, com gosto e cheiro indistintos. É a espécie mais cultivada no Brasil, apresenta boas características físico-mecânicas, versatilidade no seu uso, beleza e coloração natural com grande aceitação para utilização refinada em interiores. Plantações convenientemente manejadas podem produzir madeira excelente para serraria e laminação. Atualmente é a principal fonte de matéria-prima para celulose e papel do Estado de São Paulo (FERREIRA, 1979; OLIVEIRA, 1997 e SELLA, 2001).

A formação da madeira é um processo biológico que ocorre dentro da árvore viva, enquanto a qualidade da madeira é uma avaliação arbitrária de uma peça isolada de madeira, de uma parte da árvore ou de um derivado de madeira. Consequentemente, a qualidade da madeira somente pode ser alterada através do processo de formação dessa madeira. Até certo ponto pode-se modificar, controlar, minimizar ou melhorar os fatores relacionados à qualidade da madeira, através de tratamentos silviculturais e por seleção e melhoramento genético (ZOBEL, 1981). Entre esses tratamentos, que possibilitam alterações nas condições e taxas de crescimento das árvores, se destaca a aplicação de fertilizantes que podem ser utilizados para aumentar a quantidade e melhorar a qualidade da madeira produzida.

O crescimento mais rápido da população, tanto em coníferas quanto em folhosas, devido às alterações nas condições de crescimento, pode ocasionar tanto a diminuição ou aumento do comprimento da fibra, da densidade aparente da madeira e da resistência, além de aumentar seu gradiente na direção medula-casca (HARRIS, 1981). De maneira geral na literatura se verifica resultados conflitantes sobre o efeito da fertilização na qualidade da madeira, descrevendo trabalhos onde por vezes se obtivera a redução, por outras vezes o aumento ou a não alteração nas propriedades da madeira (HIGGS e RUDMAN, 1973; VITAL, 1990; WILKINS e KITAHARA, 1991; ANDRADE et al., 1994 e GAVA e GONÇALVES, 2008).

Berger et al. (2000) estudaram o efeito da adubação (400 e 800 kg ha⁻¹ de NPK) sobre o

Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR) em uma população de um clone de *Eucalyptus saligna*, aos 10 anos de idade. Os autores verificaram que o MOE e o MOR foram significativamente influenciados pela adubação. A maior dose de adubo proporcionou os maiores valores médios de MOE e MOR.

Segundo Gonçalves et al. (2004), de acordo com a adaptação das plantas os fatores ambientais (disponibilidade de luz, temperatura e pluviosidade) podem causar efeito mais significativo na produtividade e qualidade da madeira do que os tratamentos silviculturais (fertilização, desbaste, espaçamento e controle de ervas daninhas).

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito da fertilização efetuada aos cinco anos de idade, na variação radial e longitudinal em algumas propriedades mecânicas da madeira de uma população de *Eucalyptus grandis*, de 21 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODO

Nesta pesquisa foi utilizada uma população experimental de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de 21 anos de idade, localizada no município de Lençóis Paulista/SP. O solo local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura média e o clima é do tipo CWA, segundo a classificação de Köppen.

O ensaio foi composto por duas parcelas de 900 m². As árvores foram plantadas em 16/12/1982 em espaçamento de (3,0 x 1,5) m, totalizando 2.222 árvores ha⁻¹. Inicialmente foram aplicados 222 kg ha⁻¹ de NPK 6:30:6 distribuídos nos sulcos de plantio. Em 1987 foram iniciados desbastes do tipo seletivo, na intensidade de 37%. Após o desbaste foi feita uma adubação com 1.000 kg de NPK 12:06:12 e 100 kg de Lama-cal por hectare, distribuídos nas entrelinhas de apenas uma das parcelas, caracterizando portanto, tratamentos com e sem adubo. Em seguida à adubação foi efetuada uma gradagem leve para incorporar o adubo ao solo. O experimento foi mantido sem alteração até o início do presente estudo. A Tabela 1 mostra os tratamentos da população experimental que foram selecionados para serem estudados.

Inicialmente realizou-se um inventário do experimento e a partir da distribuição diamétrica obtida, foi eleita a classe mediana (DAP entre 25 e 30 cm) para a amostragem deste estudo. Dentro de cada parcela foram tomadas quatro árvores,

TABELA 1: Tratamentos selecionados dentro de uma população experimental de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.TABLE 1: Treatments selected from an experimental population of 21 year-old *Eucalyptus grandis*.

Parcela	Adubação aos 5 anos	(%) desbaste	Idade no 1º desbaste	Idade no 2º desbaste	Idade no 3º desbaste	N. de árvores ha ⁻¹ aos 21 anos
1	N	37%	5	6,5	8,5	549
2	S	37%	5	6,5	8,5	521

Em que: N = não adubada, S = adubada

que foram devidamente identificadas no campo. Foram retiradas duas toras de cada uma das árvores selecionadas, sendo a 1ª tora de 1,70 m de comprimento retirada na base de cada árvore e 2ª tora de 1,70m de comprimento retirada à altura de 4,70 a 6,40 m.

As toras foram transportadas para a serraria da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) localizada em Piracicaba/SP e desdobradas numa serra de fita simples, de forma a produzir uma prancha diametral passível de fornecer corpos de prova representativos das posições 0, 25, 50, 75 e 100% do raio da árvore, necessário ao estudo da variação medula-casca de forma completa. A prancha central foi subdividida através de cortes transversais em quatro peças de 43 cm de comprimento e de cada uma dessas peças foram obtidos, através de cortes longitudinais, dois ou três sarrafos de (4x4x43 cm) segundo metodologia (Figura 1).

Os sarrafos obtidos foram secos ao ar por um

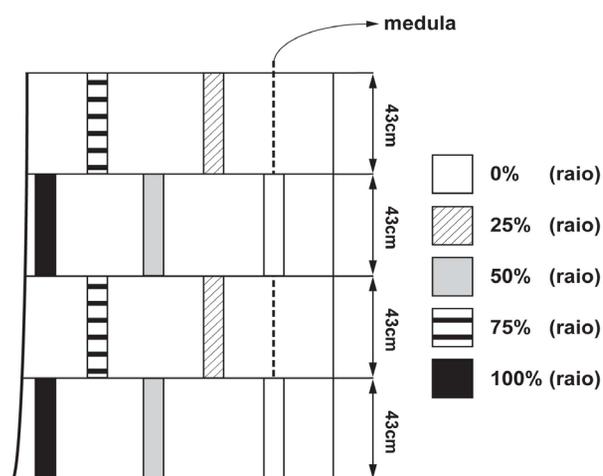


FIGURA 1: Prancha central representando as posições radiais de retirada dos corpos de prova.

FIGURE 1: Central board representing the radial positions of specimen removal.

período de quatro meses, sendo, então, selecionado aleatoriamente um dos dois sarrafos de cada posição radial para casualizar a amostragem ao longo da altura da tora. Para o estudo das propriedades mecânicas foram confeccionados corpos de prova de pequenas dimensões, menores do que o estabelecido pela norma NBR 7190/1997, devido às limitações impostas pelo diâmetro das toras e de defeitos visíveis nas pranchas de madeira e também pelo fato de ser o objetivo principal deste trabalho o estudo da variação radial e não a caracterização dessas propriedades.

Para se obter a resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 3 cm, obtidos de cada sarrafo, num total de 80 unidades. Foram realizados ensaios de compressão em uma máquina universal de ensaio (ABNT, 1940) sendo utilizada a mesma taxa de aplicação de tensão (taxa de carregamento da norma NBR 7190) que é de 10 MPa/min e, portanto, já considerada a área de carregamento.

Na obtenção da resistência ao cisalhamento tangencial (f_{v0}) aos anéis de crescimento foram utilizados corpos de prova com dimensões nominais de 2 x 2 x 3 cm, com 5 cm² na área de cisalhamento sendo que um lado da área cisalhada foi de 2 cm, imposta pela dimensão da seção do sarrafo. O lado 2 foi maior o possível entre o valor do lado 1 e o valor crítico a partir do qual ocorre compressão na área da placa cisalhante, ao invés do cisalhamento da amostra, o valor adotado foi de 2,5 cm. A velocidade de aplicação de carga foi de 2,5 MPa (N/mm²/min), portanto o que variou em relação à norma foi a taxa de aplicação da carga.

Para o módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade à flexão estática (E_{M0}) foram utilizados corpos de prova de 2 x 2 x 35 cm, obtidos de cada sarrafo. Os corpos de prova foram secos à temperatura ambiente até atingirem a umidade de 12%. Os ensaios foram conduzidos em uma máquina universal de ensaio com velocidade de aplicação de carga de 10 MPa.

Foi utilizada uma combinação da norma MB 26 e a ASTM D143-94, com dimensões (b x h) de 2 x 2 cm para seção transversal e 30 cm de vão livre (L) redundando na relação L/h igual a 15. Essa relação esta acima da atualmente recomendada pela ASTM 143-09 para a determinação do módulo de elasticidade na flexão estática que é de 14.

As hipóteses testadas foram: a) a fertilização realizada aos cinco anos de idade não influencia nas propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* de 21 anos; b) não existem variações nas propriedades mecânicas ao longo do raio das toras de *Eucalyptus grandis*. c) não existem variações nas propriedades mecânicas ao longo da altura da árvore de *Eucalyptus grandis*.

Para a avaliação das variáveis, inicialmente foi efetuado o teste de homogeneidade de variância por meio do teste de Hartley. Posteriormente, foi feito o teste F, de análise de variância segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, adotando-se o esquema fatorial 2 x 2 x 5 (fertilização x posição da tora x posição radial). Foi aplicado o teste de Tukey, sempre que observadas diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, entre algum tratamento no teste F. Estudou-se também a relação entre as propriedades mecânicas e posição radial e para isto utilizou-se a análise de regressão, ao nível de probabilidade de 95%. Para análise dos dados foi utilizado o procedimento PROC GLM e PROC REG do programa estatístico SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resumos das análises de variância para as propriedades: resistência à compressão paralela às fibras, cisalhamento, módulo de resistência à flexão estática e módulo de elasticidade na flexão estática.

Verifica-se pelos resultados obtidos, que a resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade na flexão estática, foram influenciados significativamente pela fertilização, quando avaliado a população com 21 anos de idade, porém o cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática não foram influenciados (Tabela 2). Para a posição da tora na altura da árvore, também, foi verificado que resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade na flexão estática, foram influenciados e o cisalhamento e módulo de resistência à flexão estática não foram influenciados significativamente (Tabela 2). Todas as propriedades mecânicas estudadas foram influenciadas significativamente pela posição radial na tora da árvore (Tabela 2).

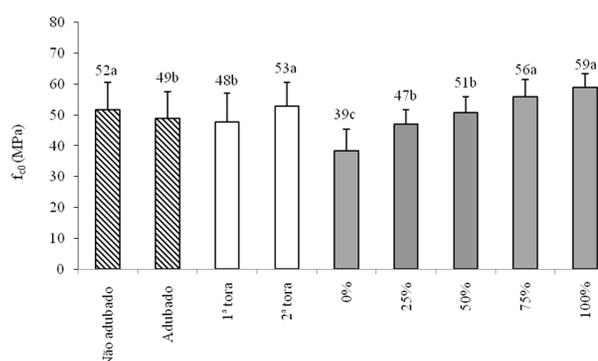
A resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade na flexão estática foram, então, influenciados pela fertilização. A fertilização efetuada aos cinco anos de idade reduziu tanto a resistência à compressão quanto o módulo de resistência à flexão estática (Figuras 2 e 5). A aplicação de fertilizantes, após o desbaste aos cinco

TABELA 2: Resumo da análise de variância efetuada para resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), resistência ao cisalhamento paralela às fibras (f_{v0}), módulo de resistência à flexão estática (f_M) e módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}) de *Eucalyptus grandis* de 21 anos.

TABLE 2: Summary of analysis of variance of wood properties compression strength in parallel to the grain (f_{c0}), shear strength in parallel to the grain (f_{v0}), modulus of rupture (f_M) and modulus of elasticity (E_{M0}) in static bending of 21-year old *Eucalyptus grandis*.

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio			
		f_{c0} (MPa)	f_{v0} (MPa)	f_M (MPa)	E_{M0} (MPa)
Adubação (A)	1	162 **	2,49 ^{ns}	329 ^{ns}	50241330 **
Tora (T)	1	567 **	8,93 ^{ns}	314 ^{ns}	84991522 **
A x T	1	9,60 ^{ns}	9,84 ^{ns}	389 ^{ns}	3457792 ^{ns}
Posição radial (P)	4	1031 **	37,99 **	14913 **	134570918 **
A x P	4	4,94 ^{ns}	3,26 ^{ns}	432 ^{ns}	1239756 ^{ns}
T x P	4	12,52 ^{ns}	1,23 ^{ns}	151 ^{ns}	2321614 ^{ns}
A x T x P	4	13,34 ^{ns}	3,09 ^{ns}	115 ^{ns}	295838 ^{ns}
Resíduo	60	21,43	4,08	408	8193405
Média		50,29	11,87	82,94	14893
CVe (%)		9,21	17,04	24,37	19,21

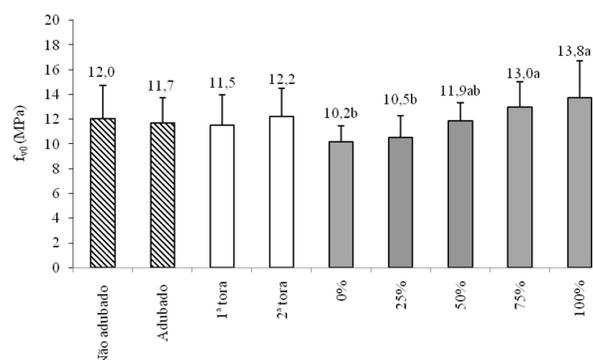
Em que: ** = significativo ao nível de 1% de significância; ^{ns} = não significativo; CVe = coeficiente de variação experimental.



Em que: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância

FIGURA 2: Resistência à compressão (f_{c0}) de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.

FIGURE 2: Compression strength (f_{c0}) of 21-year old *Eucalyptus grandis*.

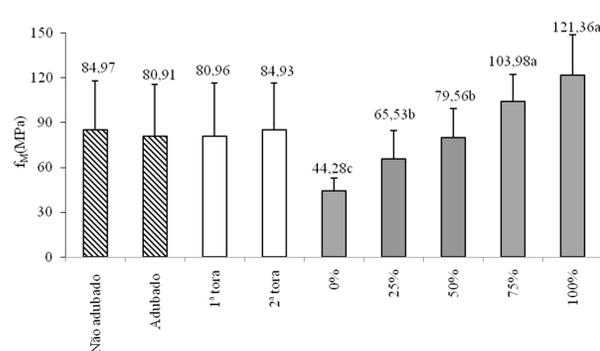


Em que: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

FIGURA 3: Cisalhamento (f_{v0}) de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.

FIGURE 3: Shear strength (f_{v0}) of 21-year old *Eucalyptus grandis*.

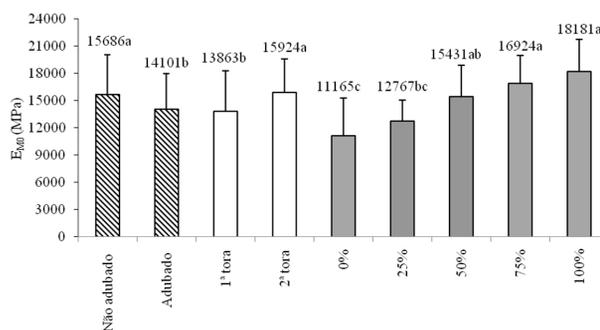
anos, influenciou diretamente na produção de madeira de menor resistência à compressão e módulo de elasticidade na flexão estática. Considerando-se que as parcelas fertilizadas produziram um maior volume de madeira por unidade de área, pode-se, então, inferir que houve uma compensação da perda ocorrida na resistência da madeira. Porém, para o cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática não ocorreu influência da fertilização. Isso pode ter ocorrido devido à formação da madeira na época da ação da fertilização ou a perda da influência da fertilização. Esses resultados podem ser considerados



Em que: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância

FIGURA 4: Módulo de resistência à flexão estática (f_M) de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.

FIGURE 4: Modulus of rupture (f_M) in static bending of 21-year old *Eucalyptus grandis*.



Em que: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância

FIGURA 5: Módulo de elasticidade à flexão estática (E_{M0}) de *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.

FIGURE 5: Modulus of elasticity (E_{M0}) in static bending of 21-year old *Eucalyptus grandis*.

interessantes no sentido de poder aumentar o volume de madeira por área por meio da fertilização, sem prejuízo significativo em algumas das resistências da madeira. Harris (1981) e Vital (1990) verificaram que ocorreu uma diminuição da densidade aparente devido à fertilização e segundo esses autores isto é devido a uma redução do comprimento das fibras e ao aumento na proporção de volume ocupado pelos vasos. Isto também contribui, muito provavelmente, para a diminuição da resistência à compressão e módulo de elasticidade na flexão estática da madeira em estudo. Gava e Gonçalves (2008) observaram que

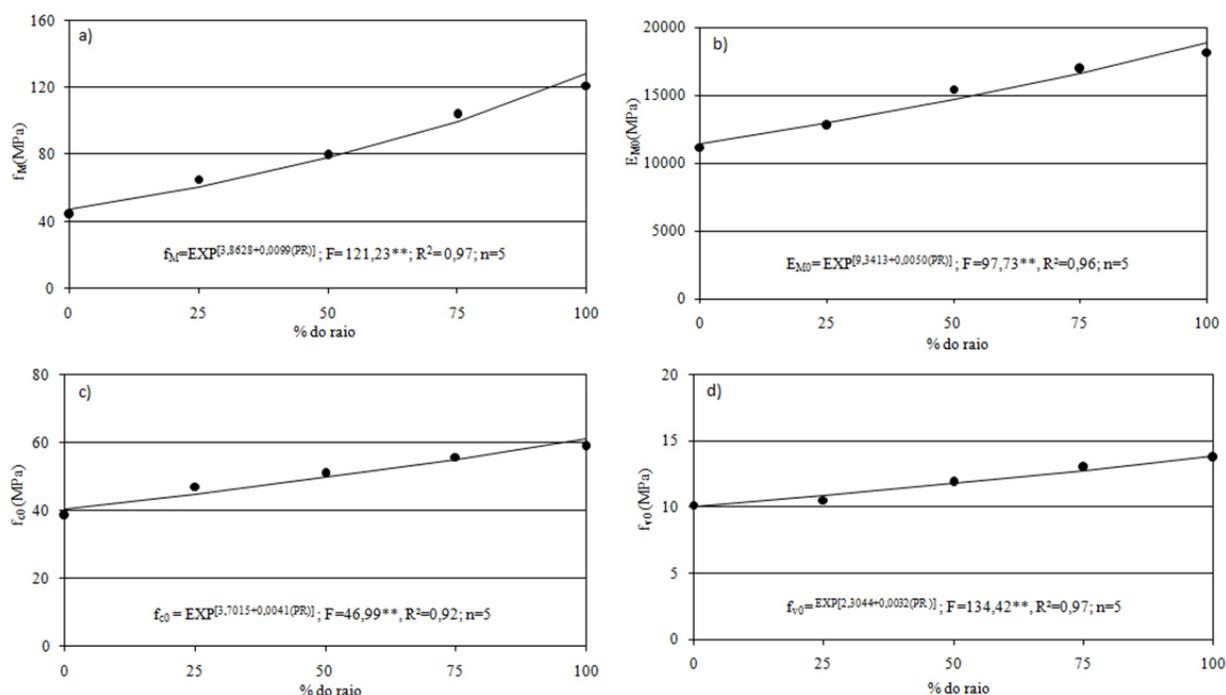
a classe de solo não influenciou na densidade básica da madeira. Valeri et al. (1990) e Andrade et al. (1994) verificaram que a fertilização diminui a densidade da madeira. Enquanto que Wilkins e Kitaraha (1991), Vigneron et al. (1995), Berger et al. (2000) e Haselein et al. (2002) observaram que a fertilização aumentou o MOE e o MOR. Oliveira et al. (2006) em um estudo com *Sclerobium paniculatum* de 18 anos de idade verificaram que as propriedades mecânicas: cisalhamento e compressão paralela às fibras, da madeira dos tratamentos, que receberam fertilização, mostraram uma tendência de apresentar módulos de rupturas menores do que aqueles que não recebem fertilização.

Para a posição da tora na altura da árvore, se verifica que a resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade na flexão estática das 2ª toras foram significativamente maiores do que os das 1ª toras. Isso ocorreu provavelmente pela maior homogeneização das dimensões dos elementos celulares nas 2ª toras (Figuras 2 e 5).

Cruz et al. (2003) verificaram que maior resistência mecânica foi obtida na 2ª tora e segundo esses autores, isto é devido à maior homogeneidade das dimensões dos componentes anatômicos presentes nessa tora.

Pode-se observar nas Figuras 2 a 5 que as propriedades mecânicas variaram significativamente entre as posições radiais, sendo que na posição 0% ocorreram os menores valores e nas posições 100% os maiores. Para entender melhor essas variações foram feitas, também análises de correlações entre todas as propriedades com a posição radial. A Figura 6 mostra, graficamente, os modelos de regressões, que foram estatisticamente significativos.

Uma forte dependência foi obtida entre a posição radial e as propriedades mecânicas estudadas (Figura 6). O modelo exponencial foi o que melhor representou a relação entre as propriedades e a posição radial (Figura 6). Dias e Lahr (2004) verificaram para madeiras tropicais, que o modelo exponencial foi o que melhor ajustou



Em que: ** significativo ao nível de 1% de significância

FIGURA 6: Relações entre posição radial (PR) e a) módulo de resistência à flexão estática (f_M), b) módulo de elasticidade na flexão estática (E_{M0}), c) resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), e d) cisalhamento paralelo às fibras (f_{v0}) para *Eucalyptus grandis* de 21 anos de idade.

FIGURE 6: Relations between the radial positions (PR) and a) modulus of rupture in static bending (f_M), b) modulus of elasticity in static bending (E_{M0}), c) compression strength in parallel to the grain (f_{c0}) and d) shear strength in parallel to the grain (f_{v0}) to 21-year-old *Eucalyptus grandis*.

a relação entre densidade aparente e a resistência à compressão paralela às fibras. De acordo com as equações obtidas pode se estimar, com certa segurança, as propriedades mecânicas em função da posição radial. Isso comprova a tendência da resistência da madeira aumentar no sentido medula-casca. Isso ocorreu muito provavelmente pelo aumento da proporção de madeira adulta em relação à madeira juvenil. Wilkes (1984), Wilkins (1990), Malan (1991), Malan e Hoon (1992), Lima e Garcia (2005) e Polli et al. (2006) verificaram em outros trabalhos que a densidade aparente também aumenta no sentido medula-casca. Gonçalves et al. (2009) observaram que MOR, MOE e a resistência a compressão aumentaram no sentido medula-casca, em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. Cruz et al. (2003) também verificaram que a resistência mecânica da madeira de híbrido de *Eucalyptus* aumenta no sentido medula-casca.

CONCLUSÕES

A resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade da madeira de 21 anos de idade de *Eucalyptus grandis* são influenciadas pela fertilização efetuada aos cinco anos de idade, enquanto que o cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática não são.

A resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade da madeira que foi fertilizada aos 5 anos de idade e avaliada aos 21 anos de idade de *Eucalyptus grandis* são menores do que as não fertilizadas.

A resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade da madeira de 21 anos de idade de *Eucalyptus grandis* são influenciados pela posição da tora na altura da árvore, enquanto que o cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática não foram.

A resistência à compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade da madeira das toras do topo são maiores que os das toras retiradas da base da árvore de *Eucalyptus grandis*.

A resistência à compressão paralela às fibras, módulo de elasticidade, cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática aumentam significativamente, no sentido da medula para casca.

Ocorre uma forte dependência entre a resistência à compressão paralela às fibras, módulo de elasticidade, cisalhamento e o módulo de resistência à flexão estática com a posição radial na tora.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem às empresas RIPASA S/A Celulose e Papel Ltda. pelo fornecimento do material de estudo e o inestimável apoio logístico que propiciou o pleno desenvolvimento do presente trabalho.

Os autores agradecem à Oficial de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica Sonia R. G. Campião (IF), ao Técnico de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica Francisco Bianco (IF) e ao licenciado em Química Luis Eduardo Facco (ESALQ) pelo auxílio laboratorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. M. et al. Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.18, n. 1. p. 69-78, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio Físicos e Mecânicos de madeira. MB 26/40**. Rio de Janeiro, 1940. 16 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira: projeto NBR 7190/1997**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 143-94: standard methods of testing small clear specimens timber**. Philadelphia, 1994.
- BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da fertilização sobre o crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* SMITH. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. p. 209-236.
- CRUZ, C. R., LIMA, J.T., MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 33-47, 2003.
- DIAS, F. M.; LAHR, A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 102-113, 2004.
- FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. **Circular Técnica - IPEF**, Piracicaba, n. 47, p. 29, 1979.
- GAVA, J. L.; GONÇALVES, J. L. M. Soil attributes and Wood quality for pulp production in plantation

- of *Eucalyptus grandis* clone. **Sci. Agric.**, Piracicaba, n. 65, n.3, p. 306-313, 2008.
- GONÇALVES, F. G. et al. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009.
- GONÇAVES, J. L. M. et al. Silvicultural effects on the productivity wood quality of eucalypt plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 192, n.1, p. 45-61, 2004.
- HARRIS, J. M. Effect of rapid growth on wood processing. In: WORD CONGRESS, 17., Japan, 1981. **Proceedings...** Japan: IUFRO, 1981. p. 117-125.
- HASELEIN, C. R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira e umidade e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p.147-152, 2002.
- HIGGS, M. L.; RUDMAN, P. The effects of fertilizing and thinning on wood properties of *Eucalyptus regnans*. **Appita**, Melbourne, v.27, n.1, p. 51-55, 1973.
- LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 151-160, 2005.
- MALAN, F. S. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16-23, 1991.
- MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria n. 163, p. 13-20, 1992.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 426 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELLO, J. T. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.1, p.89-97, 2006.
- POLLI, H. Q. et al. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p.557-566, 2006.
- S.A.S. Institute Inc. **SAS Procedures Guide. Version 8 (TSMO)**. SAS Institute Inc. Cary, N.C., 27513, USA, 1999.
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 120-139, 2004.
- SELLA, R. L. Técnicas silviculturais e de exploração para a obtenção de madeira de qualidade para a laminação e serraria In: SEMINÁRIO MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, 2001, Curitiba. **Anais**, Curitiba: FUPEF, 2001, p.19-24.
- VALERI, S. V. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden com a altura do caule e aplicação de fósforo e calcário dolomítico. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.746-750.
- VIGNERON, P.; GERARD, J.; BOUVET, J. M. Relationship between basic density and growth in a fertilization trial with clones of *Eucalyptus* hybrids in Congo. In: EUCALYPT PLANTATIONS: IMPROVING FIBRE YIELD AND QUALITY. 1995, Hobart. **Proceedings...** Sandy Bay: CRCTHF/IUFRO, 1995. v.1, p. 68-72.
- VITAL, B. R. Reflexos da fertilização mineral na qualidade e na utilização da madeira. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 323-330.
- WILKES, J. The influence of rate of growth on the density and heartwood extractives content in eucalypt species. **Wood Science and Technology**, Canberra, v.18, n. 2, p. 113-20, 1984.
- WILKINS, A. P. Influence of Silvicultural treatments on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* grown on a previous pasture site. **Australian Forestry**, Canberra, v. 53, n. 3, p. 168-172, 1990.
- WILKINS, A. P. KITAHARA R. Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and wood properties in 12.5-year-old *Eucalyptus grandis*, **Australian Forestry**, Canberra, v. 54, n. 1/ 2, p. 99-104, 1991.
- ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, Atlanta, v. 64, n. 1, p. 17-74, 1981.