

EFEITO DA IDADE E DA POSIÇÃO RADIAL NA DENSIDADE BÁSICA E DIMENSÕES DOS TRAQUEÍDEOS DA MADEIRA DE *Pinus taeda* L.¹

Rita de Cássia SOUSA²

Érika Pinheiro GIOVANNINI³

Israel Luiz de LIMA⁴

Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM⁵

José Nivaldo GARCIA⁶

RESUMO

O *Pinus taeda* L. é uma conífera exótica cultivada no Brasil. A madeira dessa espécie é utilizada na construção civil, dormentes, laminação, postes, resina, celulose e serraria. A questão básica abordada no presente trabalho foi verificar se a idade da árvore influencia na densidade básica e nas dimensões dos traqueídeos da madeira e analisar as possíveis variações dessas propriedades, no sentido medula-casca, ao longo do raio das toras de *P. taeda*. As propriedades estudadas foram: densidade básica (DB), comprimento, diâmetro e espessura da parede dos traqueídeos em função da idade em relação à posição radial. As propriedades em estudo foram determinadas no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Foram amostradas cinco árvores no DAP (diâmetro à altura do peito, 1,30 m) médio em cada uma das idades de 9, 13 e 20 anos de populações comerciais da região de Sengés/PR. Os resultados indicaram que a idade da árvore influencia diretamente nessas propriedades que são diferenciadas na posição radial da madeira de *P. taeda*. Também foi observado que ocorreu uma correlação positiva alta entre a densidade básica e o comprimento dos traqueídeos.

Palavras-chave: *Pinus taeda*; idade; anatomia; densidade básica; traqueídeos.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é a principal matéria-prima para muitos benefícios encontrados hoje no mercado, sendo utilizada na fabricação de papéis, móveis, toras e postes. A exploração desordenada da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, desde o século passado,

ABSTRACT

The *Pinus taeda* L. is an exotic conifer cultivated in Brazil. The wood of that species is used in civil constructions, sleepers, veneer, posts, resin, cellulose and sawmill. The subject approached in the present work was to verify if the age of the tree influences in the basic density and in the dimensions of the tracheids of the wood and to analyze the possible variations of those properties, in the sense from pith to bark, along the ray of the logs of *P. taeda*. The studied properties were: basic density (DB), length, diameter and thickness of the wall of the tracheids in function of the age related with the radial position. The properties in study were established in the Laboratory of Anatomy and Quality of the Wood of the Forestry Institute of São Paulo State. Five trees with average diameter at breast height (DBH) at ages of 9, 13 and 20 years old were taken from commercial population in the Sengés/PR region. The results indicated that the age influences directly in those properties of the log, which are differentiated in the radial position of the wood of *P. taeda*. It was also observed the occurrence of a high positive correlation between the length of the tracheids and the basic density of the wood.

Key words: *Pinus taeda* L.; age; anatomy; basic density; tracheids.

reduziu drasticamente suas reservas, o que resultou na introdução, no Brasil, por volta de 1960 e 1970, de espécies exóticas de coníferas de rápido crescimento, cujo objetivo era aumentar os estoques de madeira para abastecer a indústria. Entre essas se destaca a espécie *Pinus taeda* L., pela produtividade e qualidade de sua madeira (Santini *et al.*, 2000).

(1) O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil. Aceito para publicação em outubro de 2007.

(2) Acadêmica do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Nove de Julho. Bolsista do CNPq. Rua Raulino Galdino da Silva, 1020, ap. 57, bloco 2, 02807-000, São Paulo, SP, Brasil.

(3) Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Oswaldo Cruz. Bolsista do CNPq. Rua Caetano de Campos, 16, 03088-010, São Paulo, SP, Brasil.

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: israellima@iflorestal.sp.gov.br

(5) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: sflorsheim@iflorestal.sp.gov.br

(6) Professor Livre-Docente do Departamento de Ciência Florestais da ESALQ, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: jngarcia@esalq.usp.br

O *P. taeda* é oriundo das planícies adjacentes ao Golfo do México e da Costa Atlântica ao Sudeste dos Estados Unidos; em geral, cresce até a altitude de 800 m. Trata-se da espécie madeireira mais importante dos Estados Unidos na atualidade. No Sul do Brasil é cultivado sobretudo nas terras mais altas da Serra Gaúcha e do Planalto Catarinense. A madeira é indicada para construção civil, móveis, dormentes e caixotaria. Os traqueídeos dessa madeira são adequados à fabricação de papel. Essa espécie é também utilizada em arborização de parques e jardins (Marchiori, 1996; Lorenzi *et al.*, 2003; Kronka *et al.*, 2005).

A idade ideal de corte, quando se obtém uma maior proporção de madeira adulta em relação à madeira juvenil, é uma das questões a ser considerada nas pesquisas de manejo de florestas de *Pinus*. Referências na literatura ressaltam que as propriedades físicas e anatômicas da madeira juvenil são diferentes e muitas vezes inferiores às da madeira formada na fase adulta da árvore. A madeira juvenil difere da adulta por apresentar menor densidade, traqueídeos mais curtos, paredes celulares mais finas e menor conteúdo de celulose. Assim, pode-se afirmar que as diferenças entre as propriedades do lenho juvenil e adulto são importantes para a utilização da madeira (Calegari *et al.*, 2002).

Formada pelo câmbio vascular, a madeira juvenil, nos primeiros anos de crescimento do tronco, situa-se em volta da medula. Esse período de crescimento é chamado de juvenilidade. Nas toras de árvores muito jovens, quase toda a madeira é juvenil, enquanto essa ocorrência é pouco freqüente nas toras de idade mais avançada. O período de juvenilidade varia conforme a espécie e pode ser afetado pelas condições ambientais. A madeira adulta é formada após o período de juvenilidade e, em geral, as células desta madeira alcançam suas dimensões máximas, as quais se mantêm mais ou menos constantes, exceto quando são influenciadas drasticamente pelas condições ambientais (Jankowsky, 1979; Zobel, 1981; Hillis & Brown, 1984; Zobel & Buijtenen, 1989).

A proporção de madeira juvenil existente em uma tora é uma característica que depende fundamentalmente da idade da árvore, bem como do ambiente e do manejo; entretanto, em uma mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, pode-se verificar que existe grande variabilidade nessa proporção (Hillis & Brown, 1984; Malan, 1995).

Segundo Koga (1988), a duração do período juvenil é de 7 a 15 anos, mas varia de acordo com cada espécie e com o ambiente. Em uma árvore com 15 anos, o lenho juvenil pode ocupar cerca de 85% do tronco, e dos 30 anos em diante, cerca de 10%. As características das madeiras juvenil e adulta de uma mesma árvore diferem sensivelmente. A madeira juvenil ocorre tanto nas folhosas como nas coníferas, sendo que nas coníferas as diferenças entre madeira adulta e madeira juvenil são mais pronunciadas do que nas folhosas. O comprimento dos traqueídeos de madeira adulta, nas coníferas, pode ser de até quatro vezes maior do que na madeira juvenil, e nas folhosas, o comprimento das fibras pode aumentar até duas vezes mais na madeira adulta em relação à madeira juvenil. Nas coníferas, a madeira juvenil é considerada um problema significativo, influenciando na qualidade da madeira (Panshin & Zeeunw, 1970; Jacob & Balloni, 1978; Zobel, 1981).

Ballarin & Palma (2003), em um estudo na madeira de *P. taeda*, definiram que a região do 1º ao 14º anel de crescimento seria de madeira juvenil, do 14º ao 18º anel, uma região de transição, e do 18º ao 37º seria a madeira adulta.

Barrichelo *et al.* (1977) afirmam que a densidade básica da madeira de *P. taeda* é o primeiro parâmetro para se avaliar a qualidade da madeira visando sua utilização como matéria-prima para a produção de celulose. Rigatto *et al.* (2004) estudaram a influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *P. taeda* L. para a produção de celulose Kraft, as amostras estudadas eram provenientes de plantios com 12 anos de idade. Esses autores concluíram que madeiras provenientes de solos com texturas mais argilosas apresentaram menores valores de densidade básica, maiores teores de extrativos e lignina, menores teores de holocelulose e celulose, traqueídeos mais curtos, mais largos, com paredes mais finas e com diâmetros do lume maiores e menor rendimento em celulose.

Brasil *et al.* (1982), estudando a variação da densidade básica da madeira de *Pinus elliotti* Engel., em três regiões do Estado de São Paulo, para diferentes idades, concluíram que houve um aumento da densidade básica no DAP, de acordo com o aumento da idade da árvore, dentro de uma mesma floresta, porém Pinheiro *et al.* (1983), em um estudo com *P. elliottii* de diferentes idades, concluíram que não houve diferenças significativas entre médias dos valores da densidade básica para as idades de 4, 5 e 7 anos, entretanto,

houve uma tendência de aumento da densidade em função das idades das plantações. Dal Ponte Filho *et al.* (2004) verificaram para outras propriedades da madeira de *P. taeda* que houve aumento da média dos valores da massa específica, resistência à compressão e resistência à flexão, com o aumento da idade da população.

Hassegawa (2003), em um estudo de massa específica de *P. taeda* em três classes diamétricas, verificou que a massa específica se comportou de maneira semelhante nas três classes, decrescendo em direção ao topo. Como não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica das três classes, o autor concluiu que a classe diamétrica exerce pouca influência na massa específica.

O objetivo deste trabalho foi verificar se a idade da árvore influencia na densidade básica e nas dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* e analisar as possíveis variações destas propriedades, no sentido medula-casca, ao longo do raio das toras.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas amostras de madeiras obtidas de árvores de plantios comerciais de *Pinus taeda* L., da região de Sengés/PR, com idades de 9, 13 e 20 anos. As amostras foram coletadas de cinco árvores (repetições) de cada idade, selecionadas aleatoriamente no talhão, mas de diâmetro equivalente ao DAP médio da respectiva população, obtido num inventário florestal prévio.

De cada árvore selecionada, foi retirada a primeira tora de 2,40 m de comprimento. Em cada tora foi retirada uma prancha central com espessura de 5 cm. De cada prancha, na região central, de um dos lados, escolhido aleatoriamente, foram retirados três sarrafos de 4 cm x 4 cm x 50 cm, sendo os mesmos representativos das posições (0, 50 e 100%) do raio da prancha, como mostrado na FIGURA 1.

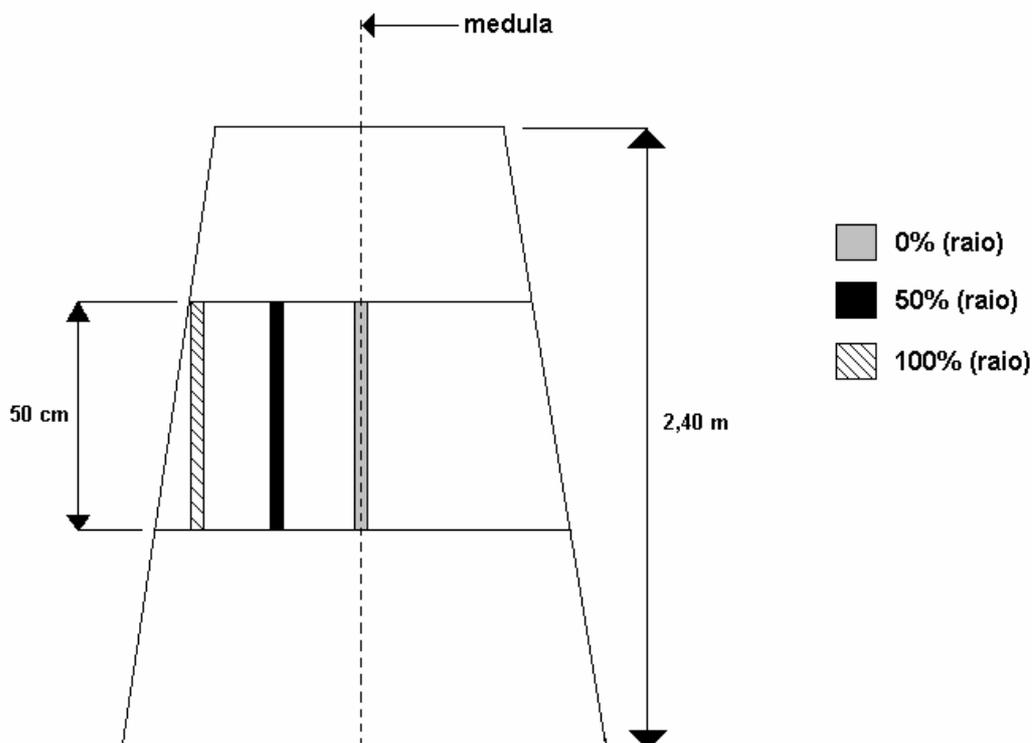


FIGURA 1 – Prancha central da tora representando as posições radiais de retirada dos corpos-de-prova para estudo da variabilidade radial. Fonte: Oliveira *et al.* (2006).

Durante o desdobro das toras, procedeu-se à necessária e cuidadosa identificação de cada prancha produzida no que se refere à sua origem e ao seu posicionamento espacial no interior da tora.

Os sarrafos obtidos foram secos ao ar por um período de dois meses, para atingirem a umidade de equilíbrio em torno de 12%. Após o período de secagem foram obtidos os corpos-de-prova recomendados para as variáveis em estudo.

Foram estudadas a densidade básica (DB) e as dimensões dos traqueídeos determinadas no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira do Instituto Florestal – São Paulo – SP.

2.1 Densidade Básica (DB)

Para a obtenção da densidade básica, dada pela equação (1), foi utilizado o método da balança hidrostática conforme Foelkel *et al.* (1971). Os corpos-de-prova de 2 cm x 2 cm x 3 cm, retirados de cada sarrafo, foram mantidos imersos em água por um período de aproximadamente um mês, quando se obteve a massa do corpo-de-prova saturado e a massa do corpo-de-prova imerso em água. Posteriormente, os mesmos foram secos em estufa até atingirem a massa seca constante a 105 ± 3 °C.

$$DB = \frac{P_s}{P_u - P_i} \quad (1)$$

em que:

- DB: densidade básica (g/cm^3);
- P_s : massa seca (g);
- P_u : massa saturada (g), e
- P_i : massa imersa (g).

2.2 Caracterização Anatômica

De cada sarrafo, foram retiradas amostras para estudo das dimensões dos traqueídeos da madeira.

As células foram dissociadas pelo processo de maceração (Jeffrey *apud* Johansen, 1940). Para essa fase, fragmentos do lenho foram transferidos para frascos de vidro e em seguida, embebidos com solução macerante de ácido acético glacial e água oxigenada 120 vol. (1:1), mantidos em estufa a 60 °C por 48 horas, escoados e lavados com água. Para avaliação das dimensões, as células dissociadas do lenho foram coradas com solução de safranina e montadas em lâminas semipermanentes com glicerina 30%.

As dimensões dos traqueídeos da madeira de *P. taeda* foram medidas com auxílio de microscópio óptico trinocular, acoplado a uma câmera de vídeo em sistema de análise de imagens. Foi efetuado o processo de medição com auxílio do “software” Image Pro-Plus, das seguintes dimensões dos traqueídeos:

- C: comprimento do traqueídeo (mm);
- D: diâmetro do traqueídeo (μm);
- d: diâmetro do lume (μm), e
- E: espessura da parede do traqueídeo (μm).

Para calcular a espessura da parede do traqueídeo, utilizou-se a expressão (2):

$$E = \frac{D - d}{2} \quad (2)$$

2.3 Análise Estatística

Na avaliação do experimento, inicialmente foi efetuada a análise de homogeneidade de variância e para isso utilizou-se o teste de Hartley. Aplicou-se o teste de Tukey para determinação de quais médias diferiram entre si, sempre que foi observada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de algum tratamento no teste F.

Foi realizado um estudo de correlação entre as propriedades avaliadas utilizando-se a análise de regressão linear simples, ao nível de significância de 95%. Os resultados obtidos das propriedades foram analisados estatisticamente com o auxílio do procedimento estatístico PROC GLM dos SAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 1 resume a análise de variância efetuada para a densidade básica (DB) e dimensões dos traqueídeos de *P. taeda*, relacionando as causas das variações com os respectivos grau de liberdade (GL) e quadrados médios. A densidade básica apresentou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade em relação à idade e à posição radial. O comprimento e a espessura dos traqueídeos apresentaram diferenças significativas para a idade e posição no raio, ao nível de 1% de probabilidade. Os diâmetros dos traqueídeos, não apresentaram diferenças significativas para o fator idade, porém para a posição radial foram observadas diferenças significativas.

TABELA 1 – Análise da variância para as dimensões dos traqueídeos e a densidade básica da madeira de *Pinus taeda*.

Causa de variação	GL	Quadrado médio			
		DB (g/cm ³)	C (mm)	D (µm)	E (µm)
Idade	2	0,0506**	3,4531**	0,19 ^{n.s}	38,6899**
Posição radial	2	0,0444**	5,9215**	0,75**	27,6267**
Árvore [idade]	12	0,0044	0,3058	0,01	2,8983
Idade x Posição radial	4	0,0021 ^{n.s}	0,3690 ^{n.s}	0,23 ^{n.s}	6,5737 ^{n.s}
Resíduo	24	0,0009	0,1579	0,01	1,4527
Média		0,40	3,05	0,81	8,89
CV experimental (%)		7,74	13,01	10,73	13,56

Onde: n.s = não significativo e ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A FIGURA 2 mostra a variação da densidade básica de *P. taeda* em função da idade e da posição radial. Pode-se observar que a densidade básica aumenta em função da idade. Essa maior densidade, em idades mais avançadas, pode ser explicada pela maior proporção de madeira adulta, em relação à madeira juvenil como descrito por Mendes (1993) e Calegari *et al.* (2002).

A densidade básica (DB) foi também analisada por Rigatto *et al.* (2004) em árvores com

12 anos de idade, onde foi obtido o valor de densidade média de 0,39 (g/cm³). Nisgoski (2005), em estudo com madeiras de *P. taeda* com 10, 11, 12, 14, 15, 16 e 17 anos de idade, observou que a densidade básica apresentou tendência de crescimento entre as idades analisadas, sendo que a densidade máxima foi apresentada na madeira de 14 anos de idade, com 0,37 (g/cm³), e a densidade mínima foi observada nos lenhos de 10 anos de idade, com 0,33 (g/cm³).

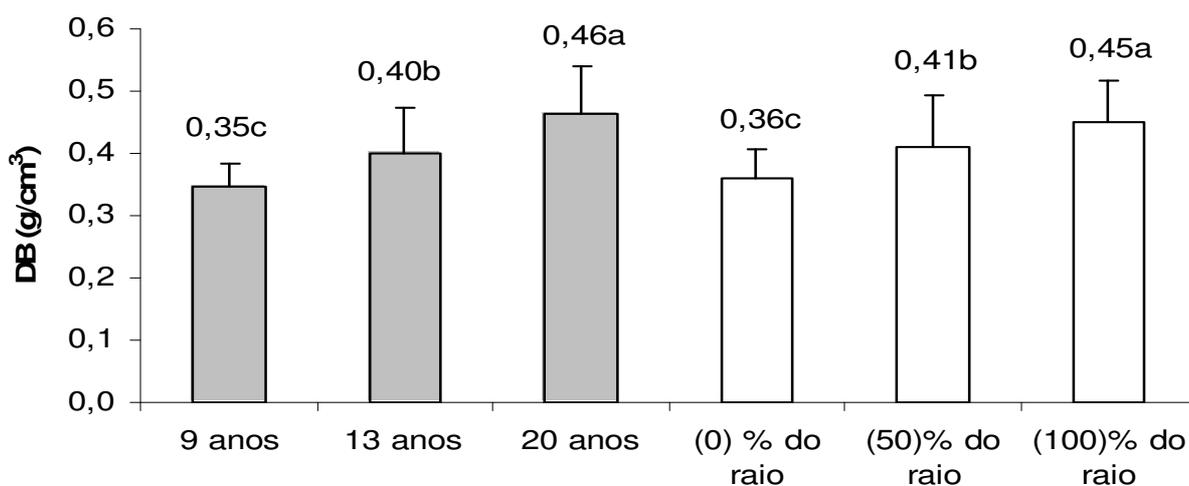


FIGURA 2 – Variação da densidade básica (DB) em função da idade e da posição radial de *Pinus taeda*. Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na FIGURA 2 verifica-se que ocorreu um crescimento do valor da densidade básica no sentido medula-casca. Maiores valores de densidade foram observados na posição radial 100%, isto pode ser um indício da presença de madeira adulta em maior proporção em relação à madeira juvenil.

O aumento significativo da densidade básica (DB) de *P. taeda*, em relação ao crescimento da idade e da posição radial, foi confirmado também por Barrichelo (1980).

Oliveira *et al.* (2006) também verificaram que a massa específica da madeira de *P. taeda* apresentou essa mesma tendência.

Pode-se observar que o comprimento dos traqueídeos aumenta em função da idade (FIGURA 3). Na variação medula-casca foi observado que a posição relativa do raio 100% diferiu significativamente das posições 0 e 50%, apesar de aumentarem no sentido medula-casca. Esse aumento no sentido medula-casca também foi verificado por Ballarin & Palma (2003) e Nisgoski (2005).

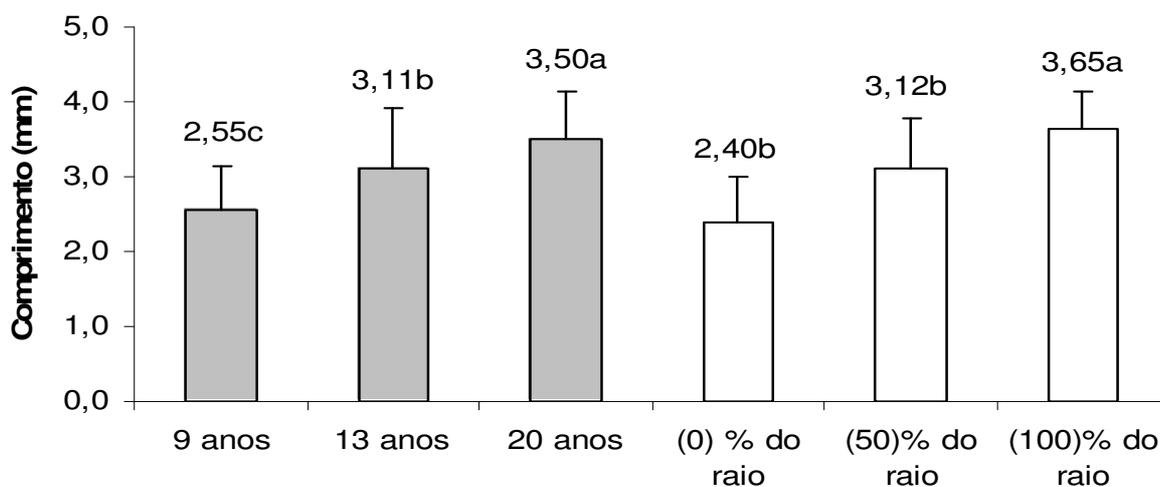


FIGURA 3 – Variação do comprimento dos traqueídeos em função da idade e da posição radial de *Pinus taeda*. Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Palma & Ballarin (2003), em estudo com exemplares de *P. taeda* de 37 anos de idade, observaram que os maiores comprimentos de traqueídeos registrados ocorreram nos 12 primeiros anéis, havendo diminuição gradativa do comprimento nos anéis subsequentes, até atingir um valor constante a partir do 20º anel, isto em comprimento dos traqueídeos axiais na direção radial da árvore.

Comparando-se os resultados obtidos da densidade básica e comprimento de traqueídeos pode-se verificar que o aumento na densidade básica, em função da idade e no sentido medula-casca, pode ser explicado pelo aumento proporcional do comprimento dos traqueídeos, ou seja, do aumento da proporção de madeira adulta em relação à madeira juvenil.

A FIGURA 4 representa a variação do diâmetro dos traqueídeos em função da idade, em que se verificou que ocorreu um aumento proporcional e não significativo com a idade da árvore e com a posição no raio.

Observou-se uma tendência de crescimento da espessura dos traqueídeos em relação ao aumento da idade (FIGURA 5), porém somente a idade de 20 anos diferiu significativamente das idades 9 e 13 anos. A posição 100% do raio, diferiu dos valores das posições 0 e 50% não ocorrendo tendência de crescimento no sentido medula-casca.

Na FIGURA 6 está representada a regressão linear simples, relacionando o comprimento dos traqueídeos e a densidade básica da madeira de *P. taeda*. O valor do coeficiente de determinação obtido foi $R^2 = 0,71$.

Pode-se observar que ocorreu uma correlação positiva alta entre a densidade básica e o comprimento dos traqueídeos das madeiras de *P. taeda*, sendo possível estimar a densidade básica utilizando-se do valor do comprimento do traqueídeo desse intervalo de valores utilizados.

SOUSA, R. de C. *et al.* Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L.

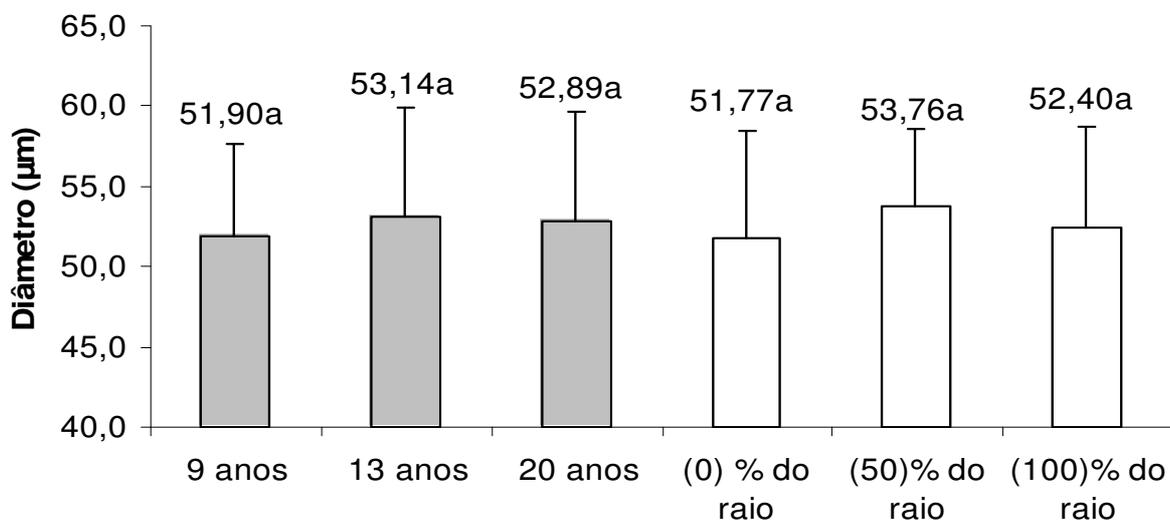


FIGURA 4 – Variação do diâmetro dos traqueídeos em função da idade e a posição radial de *Pinus taeda*.
Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

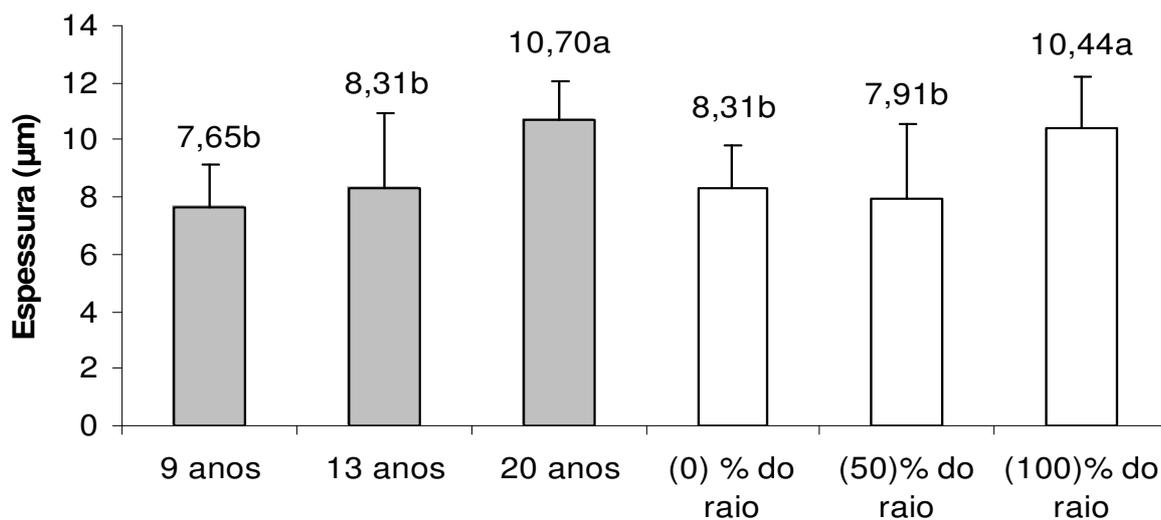


FIGURA 5 – Variação da espessura da parede dos traqueídeos em função da idade e a posição radial de *Pinus taeda*.
Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

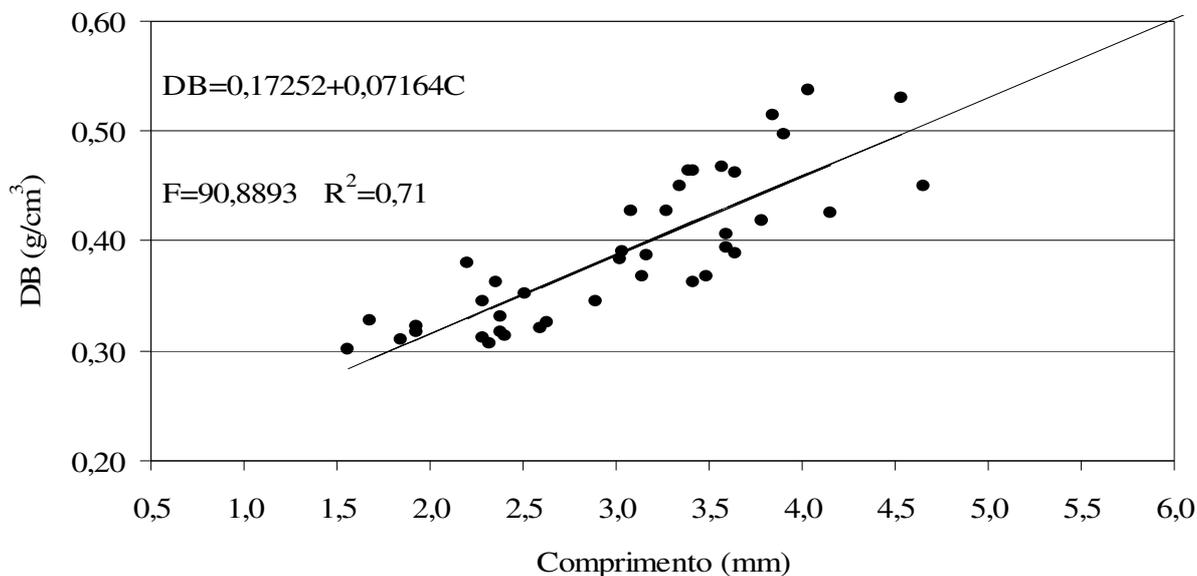


FIGURA 6 – Correlação entre a densidade básica (DB) e o comprimento do traqueídeos (mm) da madeira de *P. taeda*.

4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados apresentados, analisados e interpretados estatisticamente, pode-se concluir que para *Pinus taeda*:

- a idade da árvore de *P. taeda* influenciou na densidade básica, no comprimento e na espessura dos traqueídeos, observando-se uma tendência de aumento destas propriedades, com o aumento da idade;
- o diâmetro do traqueídeo não foi influenciado pela idade do *P. taeda*;
- a densidade básica aumenta no sentido medula-casca, e
- ocorreu uma correlação positiva alta entre a densidade básica da madeira e o comprimento do traqueídeo.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Sengés Florestadora e Agrícola Ltda. e aos seus funcionários, pelo fornecimento do material de estudo e o inestimável apoio logístico que propiciou o pleno desenvolvimento do presente trabalho, e aos

funcionários e estagiários da Seção de Madeira e Produtos Florestais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLARINI, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência de madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, 2003.
- BARRICHELO, L. E. G. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* - principais interações entre as características da madeira e o rendimento e qualidade da celulose. **Circular técnica IPEF**, Piracicaba, n. 86, 1980.
- BARRICHELO, L. E. G. *et al.* Estudos de procedências de *Pinus taeda* L. visando seu aproveitamento industrial. **IPEF**, Piracicaba. n. 15, p. 1-14, 1977.
- BRASIL, M. A. M. *et al.* Densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* em três regiões do Estado de São Paulo. **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 9-17, 1982.

- CALEGARI, L.; GATTO, D. A.; SANTINI, E. J. Efeitos da temperatura de secagem sobre algumas propriedades em madeira juvenil e adulta de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 99-106, 2002.
- DAL PONTE FILHO, J. L. *et al.* Influência da idade em propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS APLICADAS DA FAEF, 7., 2004, Garça. **Anais...** Garça: FAEF, 2004. p. 133-138.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 65-74, 1971.
- HASSEGAWA, M. **Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul.** 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- HILLIS W. H.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production.** Melbourne: CSIRO, 1984. 434 p.
- JACOB, W. S.; BALLONI, E. A. Efeitos da fertilização na qualidade da madeira. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v.6, n.20, p.1-12, 1978.
- JANKOWSKY, I. P. Madeira juvenil, formação e aproveitamento industrial. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 81, p. 18, 1979.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechniques.** New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
- KOGA, M. E. T. Matérias-primas fibrosas. In: D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel: tecnologia da fabricação do papel.** 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. v. 1 p. 15-44.
- KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura de *Pinus* no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. p. 154.
- LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 2003. p. 65.
- MALAN, F. S. Eucalyptus improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF: IPT: IUFRO: ESALQ, 1995. p. 1-19.
- MARCHIORI, J. N. D. **Dendrologia das gimnospermas.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 1996. 158 p.
- MENDES, C. J. Influência da idade em *Pinus taeda* L. sobre a qualidade de madeira para a produção de celulose. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 27, p. 81-90, 1993.
- NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 2005. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OLIVEIRA, F. L. *et al.* Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 59-70, 2006.
- PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 13-22, 2003.
- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** New York: McGraw-Hill, 1970. v. 1, 705 p.
- PINHEIRO, G. *et al.* Determinação da densidade básica de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* a três diferentes idades, em Itapetininga. **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 37, p. 19-29, 1983.
- RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. para a produção de celulose Kraft. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.
- SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 85-93, 2000.
- ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, Norcross, v. 64, n. 1, p. 17-74, 1981.
- _____.; BUIJTEN, J. P. **Wood variation: its causes and control.** Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361 p.