

## Influência do solo na dimensão dos traqueídeos e densidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Robson Schaff Corrêa<sup>1</sup>, Antônio Francisco Jurado Bellote<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, prédio 44, Sala 5.268, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

\*Autor correspondente:  
schaffcorrea@yahoo.com.br

### Termos para indexação:

Fertilidade do solo  
Física do solo  
Silvicultura  
Pinheiros tropicais  
Anatomia da madeira  
Qualidade da madeira

### Index terms:

Soil fertility  
Soil physics  
Silviculture  
Tropical pines  
Wood anatomy  
Wood quality

### Histórico do artigo:

Recebido em 02 fev 2011  
Aprovado em 25 abr 2011  
Publicado em 30 jun 2011

doi: 10.4336/2011.pfb.31.66.93

**Resumo** - O conhecimento da qualidade da madeira em relação aos diversos locais de plantio é de fundamental relevância importância no atual mercado madeireiro. Sendo as espécies tropicais de pinheiro alvo de poucos estudos relacionados à influência do solo na qualidade da madeira, objetivou-se caracterizar a dimensão dos traqueídeos e a densidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, bem como correlacionar estas variáveis com atributos dos solos de diferentes sítios. Assim, discos retirados ao diâmetro à altura do peito (DAP) compuseram duas amostras radiais em cada uma das quatro árvores dominantes retiradas em quatro diferentes sítios. Foram feitas medições da densidade da madeira desde o anel correspondente ao terceiro ano de idade até os 11 anos e a medições das dimensões dos traqueídeos nos anéis correspondentes às idades de 4, 8 e 11 anos. O solo, coletado na projeção de copa de cada árvore, foi analisado química e fisicamente em diferentes camadas. A dimensão dos traqueídeos e a densidade da madeira mostraram estabilização entre 8 e 11 anos de idade. Além disto, as dimensões dos traqueídeos variaram entre sítios, mas sem apresentar padrão de variação em relação aos diferentes atributos dos solos nos diferentes sítios.

### Soil properties and variability of tracheid dimensions and wood density in *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

**Abstract** - The understanding of wood quality in relation to different forest sites is of fundamental relevance in current timber market. There are only few studies available concerning soil and wood quality of tropical pinots. So, the goal of this work was to characterize tracheid dimensions and wood density of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, correlating these variables with soil properties at different sites. Discs were taken at 1.3 m height and comprised two radial samples in each of the four dominant trees removed at four different sites. Measurements for wood density were made from the third to the eleventh year old rings, and the measurement of tracheid dimensions were made in the fourth, eighth and eleventh year old rings. The soil, collected in the canopy projection area of each tree was analyzed chemically and physically in different layers. The tracheid dimensions and wood density showed stabilization between the eighth and the eleventh years old rings. Moreover, the tracheid dimensions varied between sites and did not present a pattern of variation in relation to soil properties at the different sites.

## Introdução

A espécie *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G. Barr. e Golf. apresenta elevada capacidade de adaptação, mesmo em ambientes diferentes daqueles dos centros de origem, embora certos limites não possam ser ultrapassados (Lima, 1990). Com isto, torna-se necessário que os dados de pesquisas subsidiem os empreendimentos florestais com esta espécie, aliando conhecimentos do comportamento da planta com estudos de sítios utilizados para plantio (Chaves & Corrêa, 2003).

Em um dos primeiros estudos conduzidos no País, Barrichelo & Brito (1979) concluíram que a densidade da madeira de *P. caribaea* var. *hondurensis*, foi maior próximo à medula e aproximadamente constante na sequência, considerando o lenho inicial e tardio que compõem o anel de crescimento. Nesse mesmo estudo foi observado que as dimensões dos traqueídeos, o comprimento e a largura aumentaram praticamente de forma linear até o sexto anel de crescimento e o diâmetro de lúmen e espessura de parede não apresentaram modelo definido de variação radial.

Há consenso entre autores, tais como Fielding (1965, 1967) e Rudman & Mckinnell (1975), de que as técnicas silviculturais intensivas afetam a qualidade da madeira. Entre os fatores estudados, estão a desrama, desbaste, fertilização, irrigação e espaçamento. Atualmente, o estudo dos atributos químicos e físico-hídricos do solo têm se tornado cada vez mais importantes para a produção de biomassa (Bellote & Dedecek, 2006), e as interações destes com a qualidade do lenho formado tem ganhado importância em trabalhos recentes (Sette Júnior et al., 2009; Moya et al., 2009; Roque e Tomazello Filho, 2009; Dora & Monteoliva, 2009).

Assim, objetivou-se caracterizar e correlacionar as dimensões dos traqueídeos e a densidade da madeira em amostras tomadas em diferentes anéis de crescimento com atributos físicos e químicos do solo em diferentes sítios com plantio de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

## Material e métodos

O material foi coletado no Município de Agudos, SP, em relevo predominantemente plano e altitude aproximada de 550 m. As unidades taxonômicas foram

Latossolo Vermelho Distrófico típico, localizado nos sítios 1, 2 e 3, e Neossolo Quartzarênico Órtico gleissólico, localizado no sítio 4; ambos solos profundos, sem impedimentos físicos ao crescimento radicular (Santos et al., 2006).

O clima da região de estudo se caracteriza como tropical de inverno seco, ou seja, Aw da classificação de Köppen (Rolim et al., 2007), com temperatura média anual de 21,8 °C e precipitação média anual de 1.341 mm (Miranda et al., 2010).

Trabalhou-se com povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de primeira rotação e espaçamento de 2,7 m x 1,85 m. A escolha dos sítios para a coleta de amostras foi feita com base em dados de análises de solos de Cavaglieri (2005) e inventário florestal. Escolheram-se quatro sítios com índice de sítio variando de 20 a 26 e idades compreendidas entre 10,5 e 12 anos. Os sítios utilizados neste trabalho foram identificados com números de 1 a 4, sendo que a ordem crescente dos números corresponde a acréscimos de produtividade de biomassa de madeira.

Para a amostragem foram selecionadas quatro árvores por sítio representativas do extrato dominante, totalizando 16 árvores amostradas. De todas as árvores foram retirados, ao diâmetro à altura do peito a 1,30 m do solo (DAP), discos de madeira com aproximadamente 5 cm de espessura e na projeção de copa de cada uma foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm para análises químicas (pH<sub>CaCl2</sub>; matéria orgânica do solo – MO; P; K; Ca; Mg; Al; H+Al; soma de bases – SB; CTC<sub>pH7</sub>; saturação por bases – V% – e alumínio –m%) e físicas (densidade do solo – DS; umidade volumétrica no momento da coleta e nas tensões de 6, 10, 100 e 1.500 kPa; água disponível ou capacidade de retenção de água pelo solo; porosidade total; macroporosidade; microporosidade; areia grossa e fina; silte e argila) conforme metodologia descrita por Claessen (1997).

A densidade da madeira foi analisada em cada disco pela retirada de uma peça diametral de 1 cm de largura por 2 cm de altura, em regiões sem defeito aparente (como nó ou microrrachadura). As peças diametraais foram separadas na região da medula e constituíram duas peças radiais de madeira por disco. Cada uma destas foi fixada em suporte de madeira e cortada em secções transversais 2 mm de espessura por 1 cm de altura) em aparelho de dupla serra circular. Este material constituiu as amostras, que estabilizadas em 12% de

umidade, foram dispostas sobre filmes de raios X (Kodak, Diagnostic Film X-Omat XK1, 240 mm x 180 mm) e radiografadas com utilização de equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N), maiores detalhes em Amaral (1994). Os filmes foram revelados e digitalizados na resolução de 1.000 dpi e escala de cinza de 256 graus com auxílio de scanner com leitura de dupla face. A análise destas figuras escanizadas foi feita nos programas Crad e Cerd, que forneceram os perfis densitométricos das amostras radiais do lenho. Com os dados obtidos, foram determinados os valores de densidade específica mínima (DMIN), média (DMED) e máxima (DMAX) dos anéis de crescimento (AC).

Para o estudo das dimensões dos traqueídeos foram amostrados os AC correspondentes a 4, 8 e 11 anos, separados em lenho inicial (LI) e tardio (LT), cada um destes com uma amostra retirada por disco. A escolha destas idades foi baseada no trabalho de Corrêa (1995), procurando-se assim anéis localizados no lenho juvenil, de transição e adulto e equidistantes quanto à idade. Os AC já separados em LI e LT foram macerados através de processo nítrico-acético, na proporção de 1:3 em volume (Barrichelo & Foelkel, 1983) e, posteriormente, os traqueídeos foram colocados em lâminas para medição das dimensões (comprimento, espessura da parede, diâmetro total e diâmetro do lúmen) em microscópio com ocular micrométrica, até a estabilização do coeficiente de variação (como utilizado em Kleinpaul et al., 2005).

As uniformidades das variâncias foram testadas pelo teste de Bartlett e posteriormente aplicou-se ANOVA via delineamento inteiramente casualizado com a subdivisão do fator idade dentro do fator sítio. Como pós-teste aplicou-se Tukey, contrastes ortogonais e linha de tendência. Foi utilizada a correlação linear simples (Pearson) para verificar a correlação entre atributos químicos e físicos do solo e a densidade da madeira e dimensões dos traqueídeos.

## Resultados e discussão

### Densidade específica da madeira ao DAP

O fator sítio não apresentou influência significativa na DMED, DMIN e DMAX ( $p > 5\%$ ). Possivelmente este resultado esteja ligado à porcentagem de lenho juvenil e adulto que cada árvore possui e que deve ser aproximadamente igual entre os sítios, pois foram amostradas árvores de mesma classe e anéis de mesma idade. Outros autores não constataram diferenças estatísticas entre classes de solo (Gava, 2005) e espaçamento (Corrêa, 1995) para a densidade da madeira.

Pelo fato das interações sítio x idade apresentarem efeito estatístico significativo para DMED ( $p \leq 5\%$ ), DMIN ( $p \leq 5\%$ ) e DMAX ( $p \leq 1\%$ ) o fator idade foi analisado separadamente para cada sítio estudado (Figura 1). Nota-se que em todos os sítios a DMAX, DMED e DMIN foram maiores próximos da casca, com tendência de estabilização na idade de 11 anos. Tais resultados eram esperados, pois em geral a densidade em coníferas aumenta no sentido medula-casca, em virtude da maior porcentagem de LT no anel de crescimento (Cown & Ball, 2001), e também pela formação de lenho adulto após o lenho juvenil e o de transição (Zamudio et al., 2002).

Nas linhas de tendência de densidade da madeira dos sítios 1, 2 e 4, ocorreu uma menor densidade da madeira entre as idades de 3 e 5 anos, antecedidas por valores aparentemente maiores nas idades mais jovens (Figura 1). Este comportamento de decréscimo na densidade da madeira pode se dar pelo crescimento inicial vigoroso da árvore (Finger, 1992) conjugado à formação do lenho juvenil nos primeiros anos de crescimento. A prolongada influência do meristema apical na formação de madeira juvenil pelo câmbio decresce à medida que a árvore cresce e a copa se eleva (Panshin & Zeeuw, 1980), aumentando a densidade juntamente com o aumento da proporção do lenho tardio em relação ao lenho inicial. Em Corrêa (1995), a densidade específica da madeira decresceu na faixa de anéis compreendidos entre o 6º e o 8º ano de crescimento, e aumentou nos anos seguintes, assim como aparentemente ocorreu no presente estudo, porém com densidades menores entre as idades de 3 e 5 anos.

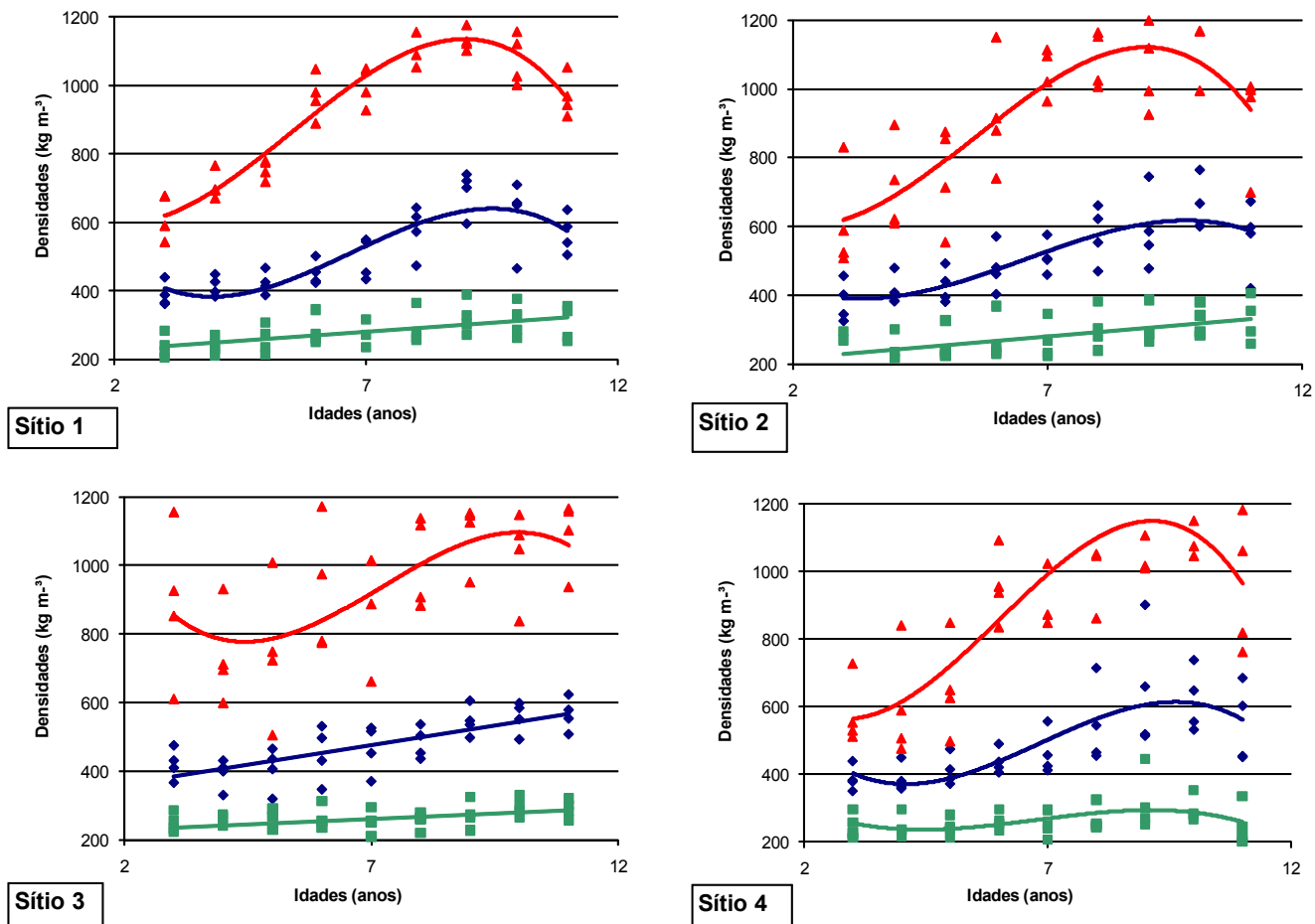


Figura 1. Linhas de tendência para densidade específica máxima (DMAX, ▲), densidade específica média (DMED, ◆) e densidade específica mínima (DMIN, ■) em anéis anuais de crescimento ao DAP dos 3 aos 11 anos nos diferentes sítios.

**Dimensões dos traqueídeos ao DAP**

**Comprimento dos traqueídeos**

Verificou-se que não houve interação entre os fatores sítio e idade no LI e LT ( $p > 5\%$ ). Isoladamente, o fator sítio foi significativamente diferente para LI ( $p \leq 5\%$ ) e LT ( $p \leq 1\%$ ) e o fator idade foi significativamente diferente para LI e LT (ambos com  $p \leq 1\%$ ). As dimensões dos traqueídeos do lenho tardio foram semelhantes. Para sítios que apresentaram maior produção (sítio 4) e menor (sítio 1) produção de biomassa, sendo inferiores ao observado para p sítio 3 (Figura 2). Desta maneira, o comprimento de traqueídeos não parece estar ligado com a produção de madeira, apesar de apresentarem variação entre sítios. Em *Tectona grandis*, a qualidade do sítio causou poucas variações no comprimento de fibras, sendo que as mudanças mais importantes foram para vasos (Moya et al., 2009), elemento anatômico inexistente em madeiras de *Pinus*.

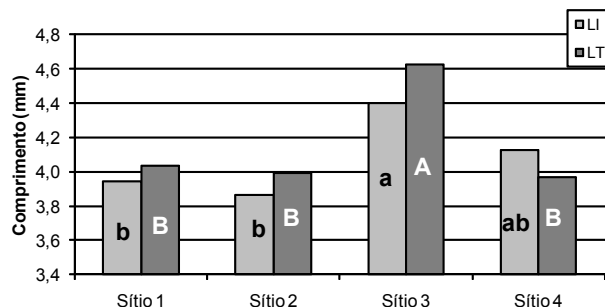


Figura 2. Teste de Tukey a 5% para a variável comprimento dos traqueídeos (mm) nos lenhos inicial (LI) e tardio (LT). Letras minúsculas para LI e maiúsculas para LT; teste realizado com a variável transformada (valor/300) para LI.

Para LI e LT, a média na idade de 4 anos foi estatisticamente diferente ( $p \leq 1\%$ ) das médias das idades 8 e 11 anos e, na idade de 8 anos não difere de 11 anos

( $p > 5\%$ ), indicando o início na formação de lenho adulto (Figura 3). O aumento do comprimento com a idade também foi verificado em árvores de *T. grandis* (Moya et al., 2009).

### Diâmetro total dos traqueídeos

Para o LI houve interação significativa entre os fatores sítio e idade ( $p \leq 5\%$ ) e não houve diferença entre as médias para o fator sítio ( $p > 5\%$ ). Já para o LT não houve interação entre fatores ( $p > 5\%$ ), mas apresentou diferença significativa ( $p \leq 1\%$ ) nos fatores sítio e idade.

Para diâmetro total dos traqueídeos no LI, a tendência observada foi de aumento (Figura 4), diferenciando-se somente as médias da idade 4 anos e das idades 8 e 11 anos para o sítio 4 ( $p \leq 5\%$ ) e entre a média da idade 8 anos e da idade 11 anos para o sítio 1 ( $p \leq 1\%$ ). Já para o LT (Figura 5) foi observada diferença entre a média da idade 4 anos e as médias das idades 8 e 11 anos ( $p \leq 5\%$ ). Moya et al. (2009) também encontraram tendência de aumento do diâmetro de fibra de *T. grandis* com o incremento da idade.

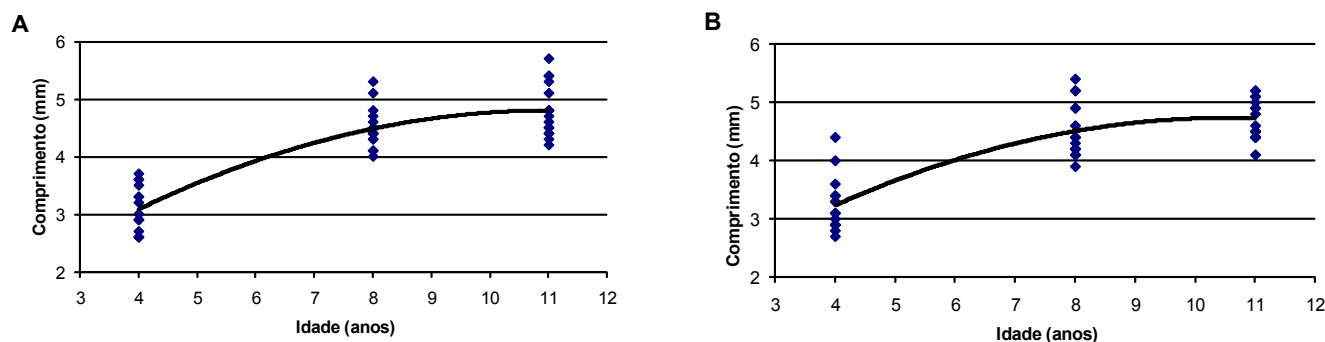


Figura 3. Linhas de tendência para a variável comprimento dos traqueídeos (mm) nos lenhos inicial (A) e tardio (B).

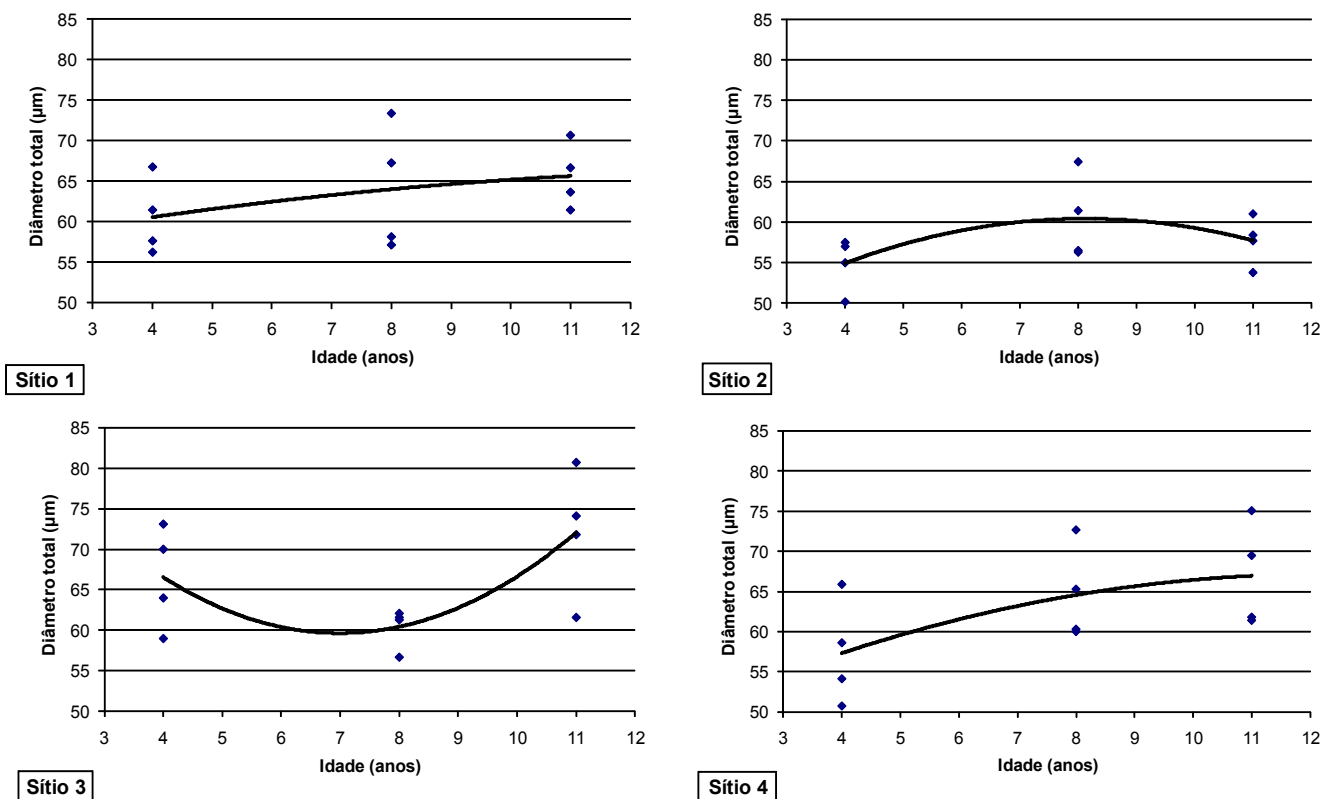
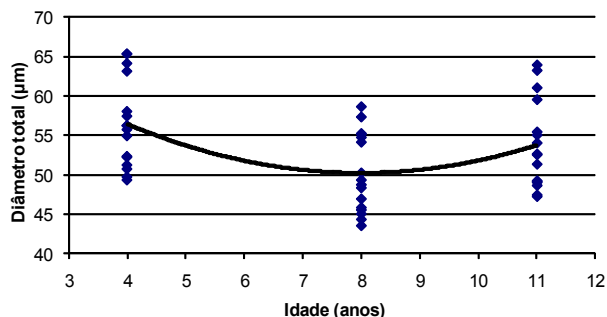
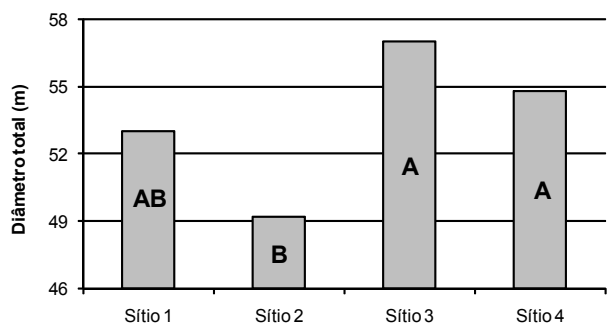


Figura 4. Linhas de tendência para a variável diâmetro total dos traqueídeos ( $\mu\text{m}$ ) no lenho inicial dos diferentes sítios.



**Figura 5.** Linha de tendência para diâmetro total dos traqueídeos ( $\mu\text{m}$ ) ao DAP no lenho tardio para o fator idade.

Com relação ao fator sítio, apenas o LT apresentou significância estatística para diferença no diâmetro total (Figura 6). No entanto, mais uma vez, não foi possível associar este resultado com a produtividade de madeira obtida. Tratamentos de fertilização também não afetaram de modo generalista o comportamento em diâmetro de vasos e fibras de *Eucalyptus grandis*, diferenciando-se apenas em algumas posições radiais ao longo do DAP (Sette Júnior et al., 2009).



**Figura 6.** Teste de Tukey (5%) para diâmetro total dos traqueídeos ( $\mu\text{m}$ ) ao DAP no lenho tardio.

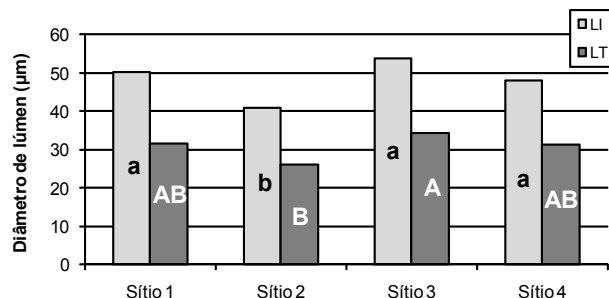
**Diâmetro de lúmen**

Não houve interação ( $p > 5\%$ ) entre os fatores sítio e idade para LI e LT, e o fator sítio obteve significância para LI ( $p \leq 1\%$ ) e LT ( $p \leq 5\%$ ), porém o fator idade foi significativamente diferente apenas no LT ( $p \leq 1\%$ ).

Roque & Tomazello Filho (2009) encontraram maiores diâmetros de lúmen de fibras de árvores de *Gmelina arborea* que vegetavam em um local mais úmido do que em um local mais seco. No entanto, esta diferença diminuiu bruscamente com o aumento da intensidade de manejo, já que na situação sem manejo

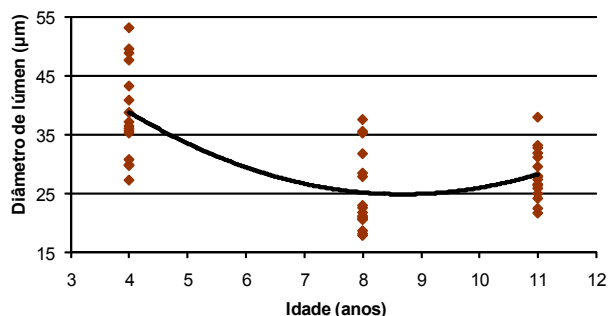
ocorriam variações desde o segundo ano até os 10 anos (fim da mensuração) e na situação de manejo intensivo diferenciou-se exclusivamente no sexto ano.

Neste estudo, os diâmetros de lúmen do LI e do LT foram maiores no sítio 2 e menores no sítio 3, ambos de produção intermediária, não sendo possível indicar se maiores produções em biomassa significariam maiores ou menores dimensões para diâmetro de lúmen (Figura 7), talvez pelo fator intensidade de manejo tratado anteriormente, igual para todos os sítios.



**Figura 7.** Teste de Tukey a 5% para diâmetro de lúmen dos traqueídeos ( $\mu\text{m}$ ) ao DAP nos lenhos inicial (LI) e tardio (LT). Letras minúsculas para LI e maiúsculas para LT diferem significativamente nas colunas de mesma cor.

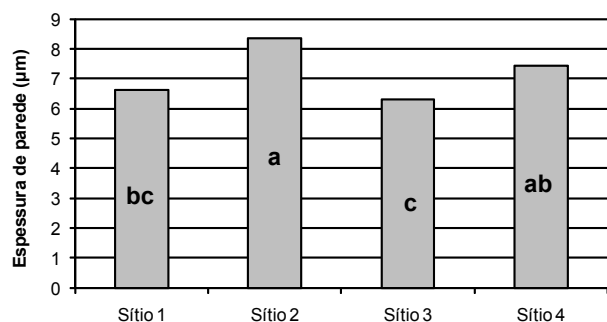
A idade 4 anos apresentou maiores médias que as observadas nas idades 8 e 11 anos ( $p \leq 1\%$ ) (Figura 8), tendência discrepante a Moya et al. (2009), que verificaram valores constantes para fibras de teca, e Roque & Tomazello Filho (2009), que verificaram desde valores constantes até um acréscimo com a idade na dependência de clima e/ou manejo aplicado.



**Figura 8.** Linha de tendência para a variável diâmetro de lúmen dos traqueídeos ( $\mu\text{m}$ ) ao DAP no lenho tardio para o fator idade.

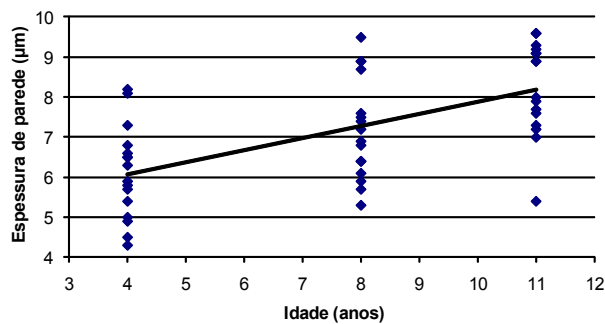
### Espessura de parede

Não foram observadas interações significativas entre os fatores sítio e idade ( $p > 5\%$ ), assim como não ocorreu diferença estatística no LT para o fator sítio ( $p > 5\%$ ). Observou-se que para sítio ocorreu diferença estatística no LI ( $p \leq 1\%$ ), mas novamente não se pode vincular a produtividade de biomassa com parâmetros relacionados às dimensões dos traqueídeos (Figura 9). Moya et al. (2009) também não encontraram variações de espessura de parede de fibras de *T. grandis* ao amostrarem quatro diferentes sítios, apesar de um destes sítios apresentar fibras com parede celular ligeiramente mais espessa nos últimos anos de avaliação. Sette Júnior et al. (2009) também não encontraram um modelo de variação de espessura de parede das fibras entre seus tratamentos *Eucalyptus grandis*.

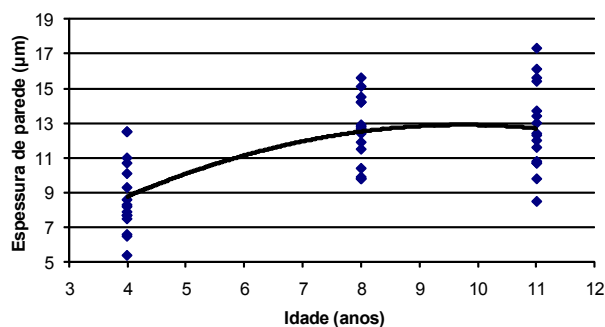


**Figura 9.** Teste de Tukey (5%) para a variável espessura de parede dos traqueídeos (µm) no lenho inicial para o fator sítio. Teste realizado com a variável transformada (valor/300).

Já para as variações entre idades, não foram observadas diferenças ( $p > 5\%$ ), em ambos os lenhos estudados. O LI apresentou tendência de aumento com a idade ( $p \leq 5\%$ ) e o LT não apresentou diferença entre a idade 8 e 11 anos ( $p > 5\%$ ) (Figura 10). Este padrão de aumento no sentido medula-casca também foi encontrado por Moya et al. (2009) e Roque & Tomazello Filho (2009).



A



B

**Figura 10.** Linhas de tendência para a variável espessura de parede dos traqueídeos (µm) ao DAP no lenho inicial (A) e no lenho tardio (B).

### Correlações entre atributos do solo com densidade da madeira e dimensões de traqueídeos ao DAP

As correlações foram escassas e esparsas, com coeficiente de correlação em geral não superior a 0,60 (Tabela 1). Em relação à densidade da madeira, somente foram encontradas correlações acima de 0,5 entre microporosidade e DMAX ( $r = -0,60$ ;  $p \leq 0,05$ ; camada de 10-20 cm) e entre silte e DMED ( $r = 0,51$ ;  $p \leq 0,05$ ; camada de 20-30 cm).

**Tabela 1.** Correlações acima de 0,5 entre atributos do solo e comprimento (C), diâmetro total (DT), diâmetro de lúmen (DL) e espessura de parede (EP) de traqueídeos no lenho inicial (LI) e tardio (LT).

Camada (cm)	Atributo	C		DT		DL		EP	
		LI	LT	LI	LT	LI	LT	LI	LT
0-5	AG				0,50**		0,55**	-0,55**	
	AF		-0,52**					0,53**	
	AT		-0,52**						
	Silte			0,54*					
5-10	P		-0,62*	-0,53**		-0,64*		0,59**	
	Um. At.				-0,50**				
	Mic.			0,53**					
	AG						0,54**		
10-20	AF						-0,52**	0,51**	
	MO	0,57**	0,69*						
	P	0,51**							
	Al		0,59**						
	H+Al		0,59**						
	Mac.				0,51**				
	Mic.								-0,61**
	AD						0,55**		
	AG							-0,67*	
	AF							0,68*	
Silte			0,58**		0,50**				
20-30	MO	0,67**		0,51**	0,50**	0,50**			
	Mg						-0,55#		
	Al		0,65**						
	H+Al	0,51**	0,72**						
	U. Col.							-0,51**	
	AG						0,52**	-0,76*	-0,56**
	AF		-0,53**					0,83*	0,50**
Silte									

\* p≤5%; \*\* p≤1%; AG = areia grossa, AF = areia fina; AT = areia total; AD = água disponível; U. Col. = umidade no momento de coleta; Mac.= macroporosidade; Mic.= microporosidade.

Algumas espécies de *Pinus* (*P. pinaster*, *P. sylvestris* e *P. maritima*) exibem um forte componente aditivo de variação genética para textura (razão da massa e comprimento em traqueídeos) e comprimento de traqueídeos (Via et al., 2004), além destas, *P. patula* apresenta moderado a forte controle genético sobre a densidade da madeira (Stanger et al., 2002). Assim, sugere-se que no desenvolvimento e formação dos traqueídeos as árvores aproveitaram os nutrientes disponíveis e formaram os traqueídeos de acordo com padrões genéticos pré-estabelecidos.

A proporção de atributos químicos do solo, em relação aos físicos, relacionados às dimensões dos traqueídeos e à densidade específica da madeira foi menor. Com relação aos atributos físicos do solo, nota-se que ocorreram um mínimo de três correlações significativas, uma entre areia grossa com diâmetro de lúmen do LT,

outra entre areia grossa com a espessura de parede do LI e, por fim, entre areia fina com a espessura de parede do LI, sendo que cada uma destas correlações manteve o sinal (positivo ou negativo). Deste modo, pode-se inferir que maior quantidade de areia grossa aumenta o diâmetro de lúmen e diminui a espessura de parede e que a areia fina aumenta a espessura de parede. Mesmo que estes resultados tenham sido encontrados apenas para um dos lenhos (LI ou LT), existe o indicativo de que a facilidade de retenção de água da areia fina e de que a diminuição da disponibilidade de água pela areia grossa influencie no desenvolvimento das fibras. Moya et al. (2009) concluíram que são produzidos poucos efeitos nas fibras quando se avaliaram climas e qualidades de sítio diferentes; já Sette Júnior et al. (2009) encontraram fibras de maiores dimensões em tratamentos com fertilização, provavelmente devido a maior dimensão das árvores.



No entanto, em nosso estudo, apenas o diâmetro total do LT se correlacionou com uma variável de dimensão da árvore (diâmetro à altura do peito, com  $r = 0,50$  e  $p \leq 5\%$ ).

### Conclusões

Apenas as dimensões dos traqueídeos variaram com o sítio, mas não apresentaram padrão de variação de acordo com os atributos químicos e físicos dos solos dos diferentes sítios.

Em geral, o anel correspondente ao quarto ano e que pertence ao lenho juvenil foi diferenciado dos anéis pertencentes ao lenho de transição e ao lenho adulto, respectivamente os anéis do 8º e 11º ano de idade.

As idades de 8 e 11 anos obtiveram valores sem diferença estatística significativa entre si, ou seja, as dimensões dos traqueídeos e a densidade da madeira tendem a se diferenciar com o passar dos anos, mas após determinada idade há uma estabilização nas dimensões.

### Agradecimentos

À Duratex S/A, por ceder o material utilizado, e ao Prof. Mário Tomazello Filho, por propiciar as análises de densidade da madeira em seu laboratório na Esalq/USP. Ao CNPq pela bolsa de mestrado.

### Referências

- AMARAL, A. C. B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios x em madeira**. 1994. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **IPEF**, n. 18, p. 81-102, 1979.
- BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B. Processo nítrico-acético para maceração de madeira. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 732-733, 1983.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A. Atributos físicos e químicos do solo e suas relações com o crescimento e a produtividade do *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 21-38, 2006.
- BIRKLAND, R. Efficient process for quality products. In: WORLD CONGRESS IUFRO, 19., 1990, Montreal. **Proceedings...** Montreal: IUFRO, 1990. v. 5. p. 139-147.

CAVAGLIERI, V. S. **Avaliação e correlação do status nutricional de povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com a produtividade e atributos do solo na Duratex**. Relatório de estágio profissionalizante em Engenharia Florestal – Parte I. 2005. f. 1-44. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHAVES, R. de Q.; CORRÊA, G. F. Micronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 769-778, 2003.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

CORRÊA, A. M. V. **Variação das características anatômicas e da densidade básica da madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari em função do espaçamento de plantio**. 1995. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COWN, D. J.; BALL, R. D. Wood densitometry of 10 *Pinus radiata* families at seven contrasting sites: influence of tree age, site, and genotype. **New Zealand Journal of Forestry Science**, 31(1): 88-100, 2001.

DORA, D. V. I.; MONTEOLIVA, S. Densidad básica de la madera de *Acacia melanoxylon* R. Br en relación con la altura de muestreo, el árbol y el sitio. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 18, n. 1, p. 101-110, 2009.

FIELDING, J. M. Pruning *Pinus radiata* in Australia, with particular reference to the wood produced. In: IUFRO MEETING OF SECTION 41, 1965, Melbourne. **Forest products, working groups of wood and tree chemistry**: proceedings. Melbourne: IUFRO, 1965. v. 2. p. 1-8.

FIELDING, J. M. The influence of silvicultural practices on wood properties. **International Review of Forestry Research**, v. 2, p. 95-126, 1967.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, 1992. 269 p.

GAVA, J. L. **Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose**. 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Florestas de Produção) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; KLEINPAUL, J. J. Suficiência amostral para coletas de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus* sp. e floresta estacional decidual. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 965-972, 2005.

- LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia-MG – Brasil – Região de Cerrados. 1 – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p.16-25, 1990.
- MIRANDA, M. J. de; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; FAGUNDES, R. M.; FONSECHI, D. B.; CALVE, L.; PELLEGRINO, G. Q. **Clima dos Municípios Paulistas: a classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/>>. Acesso em: 30 out. 2010.
- MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J. R.; TOMAZELLO FILHO, M. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 18, n. 2, p. 119-131, 2009.
- PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 722 p.
- ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.
- ROQUE, M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da estrutura anatômica do lenho de árvores de *Gmelina arborea* em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 273-285, 2009.
- RUDMAN, P.; MCKINNELL, F. H. Effect of fertilizers on wood density of young radiata pine. **Australian Forestry**, v. 34, p. 170-178, 1975.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SETTE JÚNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. dos S.; CHAGAS, M. P.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W.Hill, aos 24 meses de idade. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 3, p. 535-546, 2009.
- STANGER, T.; DVORAK, B.; HODGE, G. Variation and genetic control of basic wood density in *Pinus patula* grown in South Africa. In: INTERNATIONAL CONVENTION CENTRE, 2002, Durban. **Proceedings...** African pulp and paper week: adding value in a global industry. Durban: Technical Association of the Pulp and Paper Industry of Southern Africa, 2002. Disponível em: <[http://www.tappsa.co.za/archive/APPW2002/Title/Variation\\_and\\_genetic\\_control/\\_variation\\_and\\_genetic\\_control\\_.html](http://www.tappsa.co.za/archive/APPW2002/Title/Variation_and_genetic_control/_variation_and_genetic_control_.html)>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- VIA, B. K.; STINE, M.; SHUPE, T. F.; SO, C.; GROOM, L. Genetic improvement of fiber length and coarseness based on paper product performance and material variability – a review. **IAWA Journal**, v. 25, n. 4, p. 401–414, 2004.
- ZAMUDIO, F.; BAETTYG, R.; VERGARA, A.; GUERRA, F.; ROZENBERG, P. Genetic trends in wood density and radial growth with cambial age in a radiata pine progeny test. **Annals of Forest Science**, v. 59, p. 541–549, 2002.