

Influência do espaçamento no ângulo das microfibrilas e comprimento de fibras de clone de eucalipto

Influencia de diferentes densidad de plantación en la largo de la fibras y ángulo del microfibril en clones de eucaliptos

Influence of different densities of plantation on the fibre length and microfibril angle (mfa) in eucalyptus clone

Delanie Lima da Costa Tienne¹, Joelma do Nascimento de Oliveira²,
Gilmara Pires de Moura Palermo³, Janaina da Silva Sousa⁴ e
João Vicente de Figueiredo Latorraca⁵

Recibido: 27-06-08 / Aceptado: 07-07-09

Resumo

O comportamento e valor potencial de um produto dependem de características químicas, físicas e anatômicas da madeira. No entanto, essas características estão sujeitas a influência de fatores ambientais, genéticos, silviculturais e idade em que as árvores são abatidas. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes densidades de plantio no comprimento de fibras e ângulo microfibrilar de clone de eucalipto plantados com densidade de 10.000, 5.000, 4.000, 2.500 e 1.000 árvores por hectare, totalizando cinco tratamentos. Quinze árvores por tratamento, com 2 anos de idade, foram coletadas. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o comprimento das fibras e ângulo microfibrilar apresentaram diferenças estatísticas ao nível de 0,05% de probabilidade, onde, os maiores valores foram encontrados em densidade de plantio menores. Desta, forma pode-se concluir que nesta idade o espaçamento possui influência significativa nessas características anatômicas e conseqüentemente na qualidade da madeira.

Palavras chave: comprimento de fibras, ângulo microfibrilar, clone de *Eucalyptus* spp. y densidade de plantio.

1 Engenheira Florestal. Mestre em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ. Caixa Postal: 74.527, CEP: 23.851-970, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: delanierural@yahoo.com.br.

2 Engenheira Florestal. Mestranda em Ciências Ambientais e Florestais – UFRRJ.

3 Engenheira Florestal. Doutoranda em Ciências Ambientais e Florestais – UFRRJ.

4 Engenheira Florestal. Mestre em Ciências Ambientais e Florestais – UFRRJ.

5 Engenheiro Florestal. Professor Adjunto do Departamento de Produtos Florestais – UFRRJ.

Resumen

El comportamiento y valor potencial de un producto dependen de las características químicas, físicas y anatómicas de madera. Sin embargo, esas características están sometidas a influencia de factores ambientales, genéticos, silviculturales y edad en que los árboles son cosechados. De esta forma, este trabajo tenía como objetivo evaluar la influencia de diferentes densidad de plantación en la largo de la fibras y ángulo del microfibril en clones de eucaliptos plantados con densidad de 10.000, 5.000, 4.000, 2.500 y 1.000 árboles por hectárea, totalizando 5 tratamientos con 15 árboles, todas con 2 años de edad. De acuerdo con los resultados obtenidos, fue observado que la largo de la fibras y ángulo del microfibril presentaron diferencias estadísticamente a nivel de 0,05% de probabilidad, donde los mayores valores fueron encontrados en densidades de plantación menores. De esta forma, se puede concluir que en esta edad la densidad de plantación posee influencia significativa en esas características anatómicas y consecuentemente en la calidad de la madera.

Palabras clave: largo de fibras, ángulo del microfibril, *Eucalyptus* spp. y densidad de plantación.

Abstract

The wood product quality depends of the wood chemical, physical and anatomical characteristics. However, these characteristics are influenced by environment, genetic and silviculture factors and also age of the trees when they are harvested. This study aim was to evaluate the influence of different densities of plantation on the fibre length and microfibril angle (MFA) in eucalyptus clone, planted at the density of 10,000, 5,000, 4,000, 2,500 and 1,000 trees/hectare. Fifteen trees, with two years old, were harvested. The results showed statistics differences to the level of 0,05% of probability in both anatomic variables. The biggest values of the fiber length and MFA were found in plantation with 2500 e 1,000 tress/hectare, respectively. It was concluded the plantation densities has significant effect on the fibre length and microfibril angle and, consequently, on the wood quality.

Key words: fiber length, microfibril angles, Eucalyptus clone, density of plantation and stand spacing.

Introdução

O espaçamento pode ter influência não só nos aspectos quantitativos, mas também nas propriedades intrínsecas da madeira, incluindo as propriedades físicas e mecânicas.

No que diz respeito aos aspectos quantitativos a influência do espaçamento é bem compreendida, pois afeta o crescimento e a produção. Ele é uma ferramenta importante usada pelos silvicultores. Plantios mais adensados, ou seja, com menor espaço vital, tendem apresentar um crescimento mais rápido em altura, menores diâmetros e menores volumes comerciais por árvore, devido a maior competição e busca por luz ao contrário de maiores espaçamentos (Berger 2000; Berger *et al.*, 2002; Oliveira Neto *et al.*, 2003). Essa competição pode ser responsável por tensões de crescimento nas células, que podem comprometer o uso final da madeira (Couto *et al.*, 1977; Miranda y Nahuz 1999).

Os avanços na tecnologia de plantio e mudanças nas práticas silviculturais nas últimas décadas aumentaram grandemente a taxa de crescimento das árvores. Estes ganhos de crescimento resultaram, na diminuição do tempo de rotação da cultura, onde árvores são abatidas com idade inferior a 30 anos, um aumento da proporção de lenho juvenil dentro da árvore e a redução da resistência e rigidez da madeira.

Segundo Panshin y De Zeeuw (1980), durante o crescimento, as árvores produzem diferentes tipos de tecido lenhoso. O xilema, produzido nos primeiros anos de crescimento até certa idade cambial é denominado de lenho juvenil e está localizado no centro da árvore, ao redor da medula. Já o lenho produzido após o período de transição é denominado de lenho adulto e encontra-se localizado próximo à casca. Estes dois lenhos apresentam características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas diferenciadas.

O lenho juvenil quando comparado ao lenho adulto, independente da altura da árvore, apresenta: baixa densidade; alta contração longitudinal; maior ângulo fibrilar, resultando em grande contração longitudinal; menor comprimento celular e as paredes são geralmente delgadas; a madeira apresenta textura grossa, com uma aparência opaca devido à baixa reflexibilidade da luz; maior susceptibilidade ao ataque de fungos, insetos e bactérias (Bendtsen, 1978).

O desempenho e o valor potencial de um produto dependem de uma gama de interligações fundamentais das características da madeira. As considerações técnicas mínimas, tanto para serraria, quanto para o consumo, é que os produtos florestais sejam rígidos e que o permaneçam retos e estáveis. A dureza ou sua falta é também mais problemática na madeira juvenil comparada a madeira adulta. Quando os talhões são explorados muito cedo, a indústria tem que enfrentar uma deterioração da qualidade de madeira pelo aumento da proporção de madeira juvenil, que é agravada por uma grande variabilidade que surge a partir de rápidas mudanças em suas propriedades.

As melhorias no desempenho global de produtos de madeira, especialmente relacionados à dureza, dependem do conhecimento de fatores que afetam a qualidade da madeira e que podem ser influenciados pela silvicultura ou por características genéticas (Waghorn, 2006).

Nos últimos 20 anos, juntamente com o rápido aumento da atividade de melhoramento genético florestal, numerosos estudos têm sido realizados sobre a variabilidade intra e inter-específica das características anatômicas e físicas de várias madeiras, e de como elas se relacionam com a qualidade da madeira. A maioria destes estudos baseia-se principalmente nas variações da densidade, ângulo microfibrilar e no comprimento de fibra, visando conhecer melhor a relação destas propriedades com a produção de madeira ou outros produtos (Palermo, 2003).

As microfibrilas constituem as unidades fundamentais da parede celular dos elementos anatômicos das plantas. Nas camadas da parede celular das fibras do lenho de árvores, principalmente na camada S_2 , as microfibrilas formam ângulos com o eixo das fibras. Geralmente, a orientação das microfibrilas na camada S_2 de coníferas varia de 10° a 30° , enquanto em folhosas, incluindo o gênero *Eucalyptus*, a variação é cerca de 5° a 20° (Boyd 1980 apud Melo 2004).

Essa inclinação é importante na definição de várias propriedades da madeira. Por exemplo, a resistência e dureza podem ser afetadas pelo ângulo microfibrilar, em que, pequenos ângulos são responsáveis por maiores resistências (Mott *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2004), enquanto ângulos maiores são responsáveis por maior elasticidade (Donaldson 1996, Cave 1968, 1969). As propriedades da madeira de contração e inchamento também são afetadas por essa variação (Jankowsky 1979; Oliveira y Silva 2003).

Diferentes teorias podem explicar a variação do ângulo, mas as condições ambientais no qual o plantio é submetido tem um importante papel na definição do ângulo microfibrilar (Hori *et al.*, 2002; Wimmer *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2004; Melo, 2004).

Existem inúmeros métodos utilizados para determinar o ângulo microfibrilar, dentre eles a microscopia de luz polarizada, em que a luz em sua trajetória deve atingir somente uma parede celular espessa, impedindo o uso de seções de micrótomo ou fibras inteiras (Leney, 1981).

Tal como ângulo microfibrilar e densidade, o comprimento de fibras e traqueídeos também estão sujeitos à variação específica, inter-específica e de localização geográfica (Cown *et al.*, 1991a). Em coníferas existe uma tendência geral para aumento dos traqueídeos entre os 15° e 20° anel de crescimento. Nessa região, o comprimento mais do que dobra, de 1,5 mm próximo a medula para 3,5 a 4,0 mm nas outras camadas de crescimento. O comprimento dos traqueídeos também mostra variações entre o lenho inicial e tardio de 0,5 mm. Traqueídeos longos foi encontrado ocorrendo em outras madeiras acima 50% da altura da árvore (Waghorn, 2006).

Em folhosas o comprimento das fibras é duas vezes maior no lenho adulto do que no lenho juvenil. As fibras são curtas, possui menor diâmetro e suas paredes são mais finas e aumenta rapidamente da zona da madeira juvenil em direção à casca. Já os traqueídeos são menos espesso no lenho inicial quando comparado ao lenho tardio, tanto para o cerne quanto para o alburno, com diâmetro largo no alburno. A espessura de parede também é maior alburno, porém, mais grossa no lenho tardio do que no lenho inicial do cerne e do alburno.

Estas pronunciadas variações no comprimento, que são mais leves quando comparada à densidade, porém, são bem correlacionadas com a temperatura média anual ($r^2= 0,75$) e latitude ($r^2= 0,76$). Ela decresce no comprimento por aproximadamente 0,75 mm do norte ao sul da Nova Zelândia (Cown *et al.*, 1991a).

As dimensões dos traqueídeos são altamente correlacionadas com o ângulo microfibrilar e a densidade. Dentro de uma árvore o ângulo microfibrilar varia com o comprimento dos traqueídeos sob sucessivas camadas de crescimento, o ângulo sendo menor em traqueídeos longos. A variação do ângulo microfibrilar que ocorre dentro da árvore em relação ao comprimento

dos traqueídeos é suspeito ser controlada pela tensão imposta nas células no momento da diferenciação, (Waghorn, 2006).

Tsehaye *et al.*, 1995 em seus estudos com *Pinus radiata* de Canterbur, Nova Zelândia, achou que os troncos que produziram madeiras mais resistentes tiveram os traqueídeos mais longo. Isso também foi observado em um subseqüente estudo com *Pinus radiata* de Nelson, Nova Zelândia (Tsehaye *et al.*, 1997).

Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do espaçamento no ângulo microfibrilar e os comprimentos de fibras de clones de híbridos de *Eucalyptus*.

Material e métodos

As árvores utilizadas foram retiradas de um plantio de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, situado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica-RJ (22° 46' S, 43° 41' W, 33 m), Brasil, com clima do tipo CWA, ou seja, quente e úmido (Köppen, 1948), com estação chuvosa no verão, e temperaturas bem distribuídas durante o ano todo (Fiderj, 1978). A temperatura média anual é de 22,7°C, e a precipitação anual é em torno de 1200 mm, segundo dados coletados na estação de Ecologia Agrícola da Pesagro. Foram abatidas três árvores por tratamento, escolhidas com diâmetro a altura do peito (DAP) de 8 a 10 cm, sendo 5 tratamentos de diferentes espaçamentos, que estão demonstrados na tabela 1, totalizando um abate de 15 árvores, todas com dois anos de idade.

De cada árvore foram retirados dois discos da base, sendo estes destinados para determinação do ângulo microfibrilar e comprimento das fibras. Cada disco recebeu uma identificação de acordo com o tratamento e árvore.

Determinação do Ângulo Microfibrilar

Dos discos da base foram retirados blocos de 1 x 1 cm, na posição intermediária (entre a medula e a casca), ao longo dos raios. Esses blocos foram saturados em água e cortados tangencialmente em seções finas (<10µm de espessura) em micrótomo de deslizamento e de acordo com a metodologia

Tabela 1. Dados referentes aos tratamentos.

Tratamento	Espaçamento (m)	Árvore	DAP (cm)*	Altura Total (m)
I	1,0 X 1,0	1	8,4	13,10
		2	8,4	12,70
		3	8,4	12,22
II	2,0 x 1,0	1	8,0	9,20
		2	8,2	9,80
		3	9,2	10,28
III	1,3 x 1,9	1	8,9	11,30
		2	9,2	12,20
		3	10,0	11,30
IV	2,0 x 2,0	1	9,2	10,33
		2	10,0	11,00
		3	8,4	9,88
V	5,0 x 2,0	1	8,9	11,30
		2	9,2	12,20
		3	10,0	11,30

* DAP (Diâmetro a altura do peito)

de Leney (1981), os cortes foram colocados em uma solução de maceração de 44 partes de ácido acético e 56 partes de peróxido de hidrogênio 30%, levados à estufa durante 12 horas a 60°C. Depois foram lavados em água destilada e preparou-se lâminas provisórias para medição do ângulo das microfibrilas (MFA).

Os ângulos foram determinados usando a técnica de microscopia de luz polarizada em microscópio dotado de uma mesa giratória graduada de 0° a 360°. A lâmina é colocada na mesa, fazendo com que as fibras fiquem na posição vertical. Em seguida gira-se a mesa no sentido horário até que a amostra atinja a máxima posição de extinção, ou seja, a cor do fundo da fibra torne-se mais escura. A diferença dos ângulos dessas duas posições descreve o ângulo microfibrilar. Foram feitas 25 medições do ângulo microfibrilar para cada árvore, sendo esse número mediante procedimento de Freese (1970) citado por Melo (2004).

Determinação do comprimento das Fibras

Para determinação do comprimento das fibras, foram retirados dos discos da base amostras de madeira no formato de uma bagueta, a qual, foi subdividida de 5 em 5 mm, ao longo dos anéis de crescimento, obtendo-se assim, sub-amostras de igual espessura. Posteriormente essas sub-amostras foram subdivididas em formato de palitos de fósforo.

Esses palitos, foram colocados em frascos identificados, contendo uma mistura de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (130 Vol.), numa proporção (1:1). Posteriormente, os frascos foram tampados e vedados, e levados à estufa a 60 °C, por 24 horas, para completa dissociação dos elementos celulares. Terminado o tempo previsto, os frascos foram retirados da estufa e o material deslignificado foi lavado em água corrente até a completa retirada da solução.

Após, em cada recipiente, foi colocada uma solução de safranina a 1% (1g de safranina/100ml de água destilada), para promover a coloração das fibras e conseqüentemente, facilitar a visualização dos mesmos no microscópio. Uma porção de fibras coloridas foi transferida para uma lâmina de vidro, contendo algumas gotas de glicerina e com auxílio de uma agulha, uma pequena amostra de fibras foi separada do feixe. Terminado o processo, a lâmina foi coberta por uma lamínula e para fixação da mesma na lâmina foi passado em suas bordas esmalte incolor.

A medição do comprimento das fibras foi feita, colocando-se dentro da ocular do microscópio um retículo, contendo uma escala graduada de 0 a 100 traços, que após calibragem com a lâmina micrométrica, cada 10 traços corresponderá a 0,01 mm, para uma objetiva de 4 (x).

A lâmina medida foi colocada na platina mecânica, sendo esta, movimentada ao acaso, no sentido descendente e lateral, de forma que, as fibras mensuradas não apresentem probabilidade de serem medidas novamente. Pelo ajuste da escala à fibra, ou seja, com o valor zero da escala, colocado em uma de suas extremidades e o valor obtido na outra extremidade da mesma, pode-se determinar o comprimento da fibra.

Resultados e discussão

Ângulo Microfibrilar

Os valores médios de ângulo microfibrilar (MFA) encontrados para os cinco tratamentos foram: 35,32°; 35,4°; 36,25°; 35,92° e 40,27°. A figura 1 mostra que o MFA aumentou até o espaçamento 1,3 x 1,9 m, decresceu no espaçamento 2,0 x 2,0 m e voltou a aumentar no espaçamento 5,0 x 2,0 m.

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), existem diferenças significativas ao nível de 5%, entre o ângulo microfibrilar e o espaçamento. No entanto, após aplicação do teste de Tukey (Tabela 3) para comparação entre médias, verificou-se que aos ângulos diferiam estatisticamente apenas no espaçamento 500 x 200, o que comprova a influência das condições de crescimento sobre esta propriedade anatômica.

As diferentes taxas de crescimento dos clones, influenciadas por fatores ambientais, podem ser responsável por diferenças no ângulo microfibrilar. Esta possibilidade apesar de não ter sido estudada para *Eucalyptus* sp. foi examinada por Wardrop y Preston (1950) em *Pseudotsuga menziesii*. Eles encon-

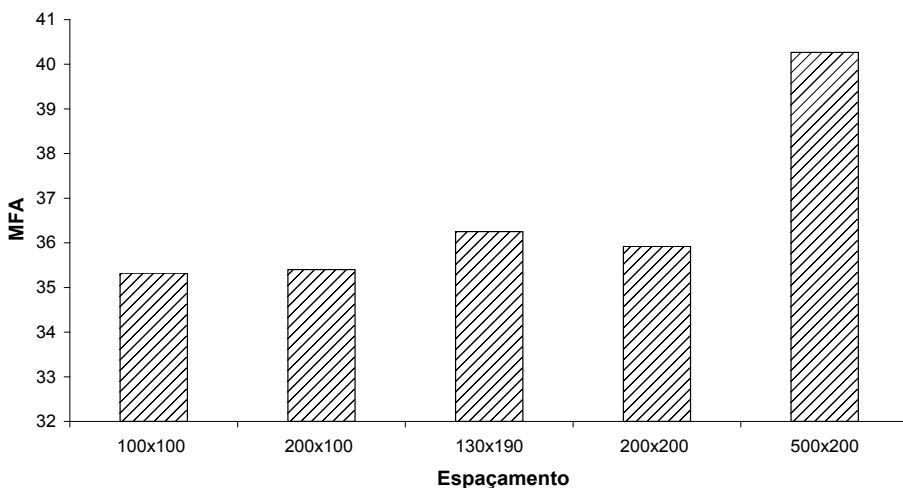


Figura 1. Ângulo microfibrilar em função do espaçamento.

MFA (Ângulo microfibrilar). Letras iguais denotam igualdade estatística ao nível de 5% de significância.

Tabela 2. Análise de variância do fator tratamento (espaçamento), para variável ângulo microfibrilar.

Variável	SS efeito	GL efeito	QM efeito	SS erro	GL erro	QM erro	F	P
MFA	1282,52	4	320,63	3276,63	370	8,8559	36,20	0,000000*

* significativo a 95% de probabilidade

Tabela 3. Teste de Tukey para a variável MFA.

Espaçamento	{I}	{III}	{V}	{IV}	{II}
	M=35,320	M=36,253	M=40,267	M=35,920	M=35,400
100x100 {I}		0,306242 ^a	0,000017^b	0,731049 ^a	0,999836 ^a
130x190 {III}	0,306242 ^a		0,000017^b	0,959585 ^a	0,399628 ^a
500x200 {V}	0,000017^b	0,000017^b		0,000017^b	0,000017^b
200x200 {IV}	0,731049 ^a	0,959585 ^a	0,000017^b		0,821983 ^a
200x100 {II}	0,999836 ^a	0,399628 ^a	0,000017^b	0,821983 ^a	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de significância.

traram que traqueídeos que se prolongavam mais rapidamente apresentavam alto ângulo microfibrilar quando comparado aqueles que tinham uma taxa de crescimento menor. Um aumento no ângulo microfibrilar freqüentemente é encontrado em plantações que tiveram um aumento súbito crescimento.

Normalmente o ângulo é maior na região da madeira juvenil, isto é, próximo a medula. Stuart y Evans (1995), estudando *E. nitens* encontraram ângulos de 10° a 20°, decrescendo da medula para o câmbio. Melo *et al.*, 2006 estudando a influência da topografia do terreno no MFA em clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* observaram que a média geral dos ângulos foi de 26°, apresentando diferenças significativas em relação aos clones, topografia e entre clones x topografia. Lima *et al.*, 2004 para clones de híbridos de *E. urograndis* observaram um ângulo médio de 8,8°, onde os maiores valores foram encontrados próximos à medula e os menores próximo à casca, mostrando uma tendência de decréscimo medula-câmbio.

O alto valor do ângulo microfibrilar encontrado para a espécie estudada pode ser explicada em parte pela idade em que as árvores foram abatidas.

Na época, as mesmas apresentavam dois anos de idade, sendo sua madeira composta apenas por lenho juvenil.

Este resultado é preocupante já que árvores com alto ângulo microfibrilar apresentam alta contração longitudinal. A alta contração longitudinal favorece o surgimento de defeitos, tais como empenamentos durante e após o processamento mecânico da madeira, inviabilizando muitas das vezes o seu uso.

A variação no MFA tem um propósito funcional no crescimento e é dependente da idade da árvore (Waghorn, 2006). É de se esperar que árvores jovens apresentem um alto MFA, já que as mesmas necessitam de maior flexibilidade para que o tronco se curve com o vento sem quebrar. O contrário é encontrado em árvores velhas onde é necessário uma maior rigidez para que a árvore suporte o aumento de peso do caule e copa.

Outra explicação pode ser baseada no diâmetro do tronco, uma vez que as árvores com maiores diâmetros apresentaram uma tendência de valores mais elevados do MFA. Segundo Färber *et al.*, 2001 o aumento no diâmetro do tronco provoca a formação de lenho de compressão, como também a forças de tração e tensões na superfície do tronco acarretando um aumento do ângulo microfibrilar.

Comprimento de Fibras

Os valores médios do comprimento das fibras encontrados para os cinco tratamentos foram: 0,813mm, 0,816mm, 0,826mm, 0,835mm e 0,828mm. A figura 2 mostra que o comprimento de fibras aumentou até o espaçamento 2,0 x 2,0. No espaçamento 5,0 x 2,0 houve um decréscimo no comprimento das fibras. No entanto esse decréscimo não foi significativo estatisticamente.

A análise de variância mostrou haver diferenças significativas entres os tratamentos ao nível de 5% (Tabela 4). Conforme mostra a tabela 5 na comparação das médias, observa-se que o tratamento I diferiu estatisticamente dos tratamentos III, IV e V. O tratamento II apenas do tratamento IV. O tratamento IV dos tratamentos I e II.

Para os resultados encontrados deve-se levar em consideração que as árvores selecionadas para o estudo possuíam apenas dois anos de idade, ou seja, apenas lenho juvenil.

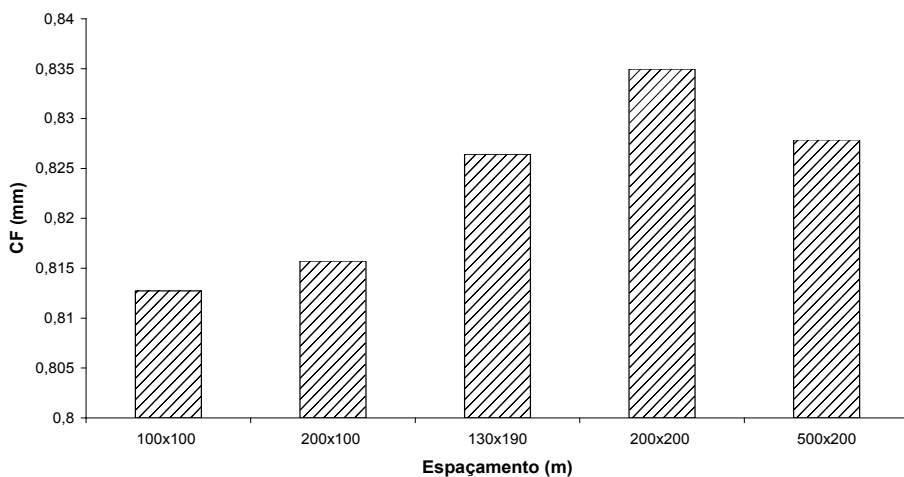


Figura 2. Comprimento médio de fibras (CF) em milímetro de acordo com o espaçamento. CF (comprimento médio das fibras). Letras iguais denotam igualdade estatística ao nível de 5% de significância.

Tabela 4. Análise da variância do fator tratamento (espaçamento) para a variável comprimento de fibras.

Causas da Variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Prob. F
Tratamento	4	0,295227	0,0738067	6,92	0,0000*
Resíduo	4909	52,3713	0,0106624		
Total	4913	52,6665			

* significativo a 95% de probabilidade

Tabela 5. Teste de Tukey para a variável comprimento de fibras

Método: 95% Prob Tukey HSD	Tratamento	Número de repetições	Média
I	(100 x 100)	251	0,812726 a
II	(200 x 100)	241	0,815719 ab
III	(130 x 190)	900	0,826422 bc
IV	(200 x 200)	250	0,834965 c
V	(500 x 200)	1472	0,827867 bc

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Apesar de não ter sido feito o estudo radial do comprimento de fibras, pois os discos possuíam diâmetros pequenos, os resultados estão em conformidade com estudos realizados por Brasil & Ferreira (1972) para *Eucalyptus grandis* aos 16 anos de idade, onde observaram que o comprimento das fibras de variou no sentido medula-câmbio de 836 a 1276 μm . Por Brasil y Ferreira (1979), para *Eucalyptus grandis* aos 3 anos de idade, onde encontraram no sentido medula-câmbio valores entre 801 a 993 μm . Para *Eucalyptus nitens* Gaspar *et al.* (2005), encontraram valor médio de 828 μm . Para *Eucalyptus benthamii* onde Nisgoski (1998) encontrou um valor médio de 818 μm e o comprimento de fibras diminuiu no sentido base-topo. Para *Eucalyptus grandis* aos 25 anos de idade, onde Silva *et al.* (2005) encontraram valores no sentido medula-câmbio variando entre 1046,7 a 1199,1 μm . Para *Eucalyptus citriodora*, aos 32 anos de idade, Calonego *et al.* (2005) encontraram um aumento no comprimento de fibras entre 0,7 a 1,4 mm no sentido radial (medula-câmbio).

Em geral estes estudos foram realizados em árvores com idades superiores a deste trabalho. O aumento do comprimento das fibras em função da idade é resultado do aumento do comprimento das células que a originam, denominadas fusiformes iniciais (Filho, 1987). A estabilização do comprimento das fibras, conforme observado por (Bisset y Dadswell, 1949), para inúmeras espécies de eucalipto somente irá ocorrer quando as células do câmbio atingir comprimento máximo, iniciando a formação da madeira caracterizada como adulta.

Conclusões

O ângulo microfibrilar variou em função do espaçamento, sendo os maiores valores foram encontrados em plantios com densidade de 1000 árvores por hectare.

O espaçamento pode ser utilizado para evitar efeitos indesejáveis causados por altos MFA. Ele pode ser uma estratégia silvicultural para produzir madeira com pequeno ângulo microfibrilar. Tal estratégia inclui a diminuição de madeira juvenil. O espaçamento poderá reduzir o volume de madeira que tem alto ângulo microfibrilar ou outras características juvenis indesejáveis produzidas dentro dos primeiros anéis de crescimento. Além disso, uma redução

da taxa de crescimento em árvores jovens aumentará a relação provável entre volume de madeira serrada e o volume de madeira para polpa, um fator de importância já que a madeira na forma serrada tem um maior valor agregado comparado à madeira para polpa.

A inter-relação existente entre o comprimento das fibras versus espaçamento foram significativas, observando-se um aumento do comprimento das fibras em maiores espaçamentos.

Considerando-se que o comprimento das fibras associado às propriedades tecnológicas é um índice para determinação da qualidade da madeira, deve-se observar o espaçamento quando da implantação do povoamento, em função do uso que se pretende dar a madeira, visando alcançar um material de suficiente qualidade.

É recomendável, que uma nova coletada de dados seja feita em árvores do mesmo plantio, ao longo dos anos, uma vez que as árvores coletadas apresentavam-se ainda muito jovens quando da realização deste experimento, podendo apresentar somente madeira juvenil, fato que pode ter influenciado nos resultados obtidos. Uma vez que os estudos comparados foram realizados em árvores com idades superiores.

Referências bibliográficas

- Bendtsen, B. A. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal*, 28(10): 61-72.
- Berger, R. 2000. *Crescimento e qualidade da madeira de um clone de Eucalyptus saligna Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização*. Dissertação de mestrado-UFSM. Santa Maria, RS, Brasil. 256 pp.
- Berger, R., Schneider, P. R., Finger, C. A. G. y Haselein, C. R. 2002. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. *Revista Ciência Florestal*, 12(2): 75-87.
- Bisset, L. J. y Dadswell, H. E. 1949. The variation of fiber within one tree of *Eucalyptus regnans*. *Australian forestry, Melbourne*, 13(12): 86-96.
- Boyd, J. D. 1980. Relationships between fibre morphology, growth strains and physical properties of wood. *Australian Forest Res.* 10: 337-360. Citado por MELO, V. M. 2004. Ângulo microfibrilar da Madeira de clones de Eucalyptus cultivados em diferentes

- topografias e sujeitos a tempestades in: variações nas propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades. Dissertação mestrado em engenharia florestal-Universidade Federal de Lavras, **Lavras, MG. Chapter**, 3: 43-62.
- Brasil, M. A. M. y Ferreira, M. 1972. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill & Maiden ao nível do DAP. *IPEF*, 5: 81-90.
- Brasil, M. A. M. y Ferreira, M. 1979. Características das fibras de madeira de ***Eucalyptus grandis*** Hill & Maiden, aos 3 anos de idade. *IPEF*, 19: 80-97.
- Calonego F. W., Severo E. T. D. y Assi P. P. 2005. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em ***Eucalyptus citriodora***. *Scientia Forestalis* 68: 113-121.
- Cave, I. D. 1968. The anisotropic elasticity of the plant cell wall. *Wood Science and Technology*, 2: 268-278.
- CAVE, I. D. 1969. The longitudinal young's modulus of pinus radiata. *Wood Science and Technology*, 3: 40-48.
- Couto, L., Brandi, R. M. y Condé, A. R. 1977. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano-MG. *Revista Árvore*, 1(2): 57-71.
- Cown, D. J., McConchie, D. L. y Young, G.B. 1991a. Radiata pine wood properties survey. *New Zealand Journal of forestry Science*, (50) Rotorua, New Zealand.
- Donaldson, L. A. 1996. Effect of physiological age and site on microfibril angle in pinus radiata. *IAWA journal*, 17(4): 421-429.
- Färber, J., Lichtenegger, H. C., Reiterer, A., Stanzl-Tschegg, S. y Fratzl, P. 2001. Cellulose microfibril angles in a spruce branch and mechanical implications. *Journal of Materials Science*, 36: 5087-5092.
- Fiderj, 1978. *Indicadores Climatológicos do estado do rio de Janeiro*. Fundação de desenvolvimento econômico e social do Rio de Janeiro. 156 p.
- Filho, M. T. 1987. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do ***Eucalyptus globulus***, ***E. pellita*** e ***E. acmenioides***. *IPEF*, 36: 35-42.
- Freese, F. 1970. *Metodos estadisticos elementales para tecnicos forestales*. Servicio forestal. Departamento de agricultura de los EE. UU. De A. Manual de agricultura (nº 317). México: Publicidad Artística Litográfica. 102 pp. Citado por MELO, V. M. 2004. Ângulo microfibrilar da Madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades in: variações nas propriedades da madeira de clones de eucalyptus cultivados em diferentes topografias e sujeitos

- a tempestades. Dissertação de mestrado em engenharia florestal, Universidade Federal de Lavras-MG. Chapter, 3: 43-62.
- Gaspar, M. J., Louzada, J. L., Brires, P. R., Vicente, A. M. y Romano A. A. 2005. Estudo de adaptação, crescimento e qualidade da madeira de *Eucalyptus nitens* na terra fria transmontana. In: **V Congresso Florestal Nacional, Viseu**, Portugal.
- Hori, R., Müller, M., Watanabe, U., Lichtenegger, H. C., Fratzl, P. y Sugiyama, J. 2002. The importance of seasonal differences in the cellulose microfibril angle in softwoods in determining acoustic properties. **Journal of Materials Science**, 37: 4279-4284.
- Jankowsky, I. P. 1979. Madeira juvenil formação e aproveitamento industrial. **Circular Técnica** 81. 15 pp.
- Köppen, W. 1948. **Climatologia: con uno estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México. 488 p.
- Leney, L. A. 1981. Technique for measuring fibril angle using polarized light. **Wood and Fiber**, 13(1): 13-16.
- Lima, J. T., Breese, M. C. y Cahalan, C. M. 2004. Variation in microfibril angle in Eucalyptus clones. **Holzforschung**, 58: 160-166.
- Melo, V. M. 2004. Ângulo microfibrilar da Madeira de clones de Eucalyptus cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades in: variações nas propriedades da madeira de clones de eucalyptus cultivados em diferentes topografias e sujeitos a tempestades. Dissertação de mestrado em engenharia florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Chapter, 3: 43-62.
- Melo, V. M., Lima, J. T., Trugilho, P. F. y Silva, J. R. M. 2006. Influência da topografia do terreno no ângulo microfibrilar da madeira de *Eucalyptus*. In: **II Congresso Brasileiro de Industrialização da Madeira e Produtos de Base Florestal**. Pinhas, PR. 12 pp.
- Miranda, M. J. A. C. y Nahuz, M. A. R. 1999. Estudo da influência do espaçamento de plantio de Eucalyptus saligna Smith nos Índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, 55: 107-1160.
- Mott, L., Urquhart, S. y Eichhorn, S. J. 2001. Relationship between micro-fibril angle and strength of black spruce fibers. **Journal of Materials Science Letters**, 20: 1325-1326.
- Nisgoski, S., Muñiz, G. I. B. y Klock, U. 1998. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, 8(1): 67-76.
- Oliveira Neto, S. N., Reis, G. G., Reis, M. G. F. y Neves, J. C. L. 2003. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, 27(1): 15-23.

- Oliveira, J. T. S. y Silva, J. C. 2003. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Árvore*, 27(3): 381-385.
- Palermo, G. P. M. 2003. *Parâmetros de Qualidade da Madeira de Pinus elliottii Engelm. de Diferentes Idades*. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Instituto de Florestas, DPF, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 138 pp.
- Panshin A. J. y Zeevw, C. 1980. *Text Book of Wood Technology*. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U.S. and Canadá. 722 pp.
- Silva, J. R. M., Muñoz, G. I.B.M., Lima, J.T. y Bonduelle, A. F. 2005. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da Madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden. *Revista Árvore*, 29(3): 479-487.
- Stuart, S. A. y Evans, R. 1995. X-ray diffraction estimation of the microfibril angle variation in eucalypt wood. *Appita Journal*, 48(3): 197-200.
- Tsehaye A., Buchanan, A. H. y Walker, J.C.F. 1995. A comparison of density and stiffness for predicting wood quality. *Journal of the Institute of Wood Science*, 13: 539-543.
- Tsehaye A., Buchanan, A. H., Meder, R., Newman, R.H. y Walker, J.C.F. (1997a). Microfibril angle: determining wood stiffness in *radiata Pine*. In: *Proceedings of the IAWA/IU-FRO International Workshop on significance of microfibril angle to wood quality*. Westport, New Zealand.
- Waghorn, M. 2006. Effect of initial stand spacing and breed on dynamic modulus of elasticity of *Pinus radiata*. Thesis mestrado. The New Zealand School of Forestry. University of Canterbury. 125 pp.
- Wimmer, R., Downes, G. M. y Evans, R. 2002. Temporal variation of microfibril angle in *Eucalyptus nitens* grown in different irrigation regimes. *Tree Physiology*, 22: 449-457.
- Wardrop, A. B. y Preston, R. D. 1950. The fine structure of the wall of the conifer tracheid. V. The organization of the secondary wall in relation to the growth rate of the cambium. *Biochim. Biophys. Acta*, 6: 36-47.