

BIOMETRIA DAS FIBRAS E O ÂNGULO MICROFIBRILAR EM GENÓTIPOS DE EUCALIPTO

Cassiana Alves Ferreira^{1*}, Alessandra de Oliveira Ribeiro¹, Cláudia Viana Urbinati², Fábio Akira Mori³

SAP 20099 Data envio: 01/08/2018 Data do aceite: 14/09/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, jul./set., p. 352-358, 2018

RESUMO - As propriedades tecnológicas da madeira podem ser influenciadas pelas características do xilema secundário, como as dimensões das fibras, o comprimento e a espessura, e, ainda, o ângulo microfibrilar na parede secundária. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as dimensões das fibras em função do ângulo microfibrilar da madeira de seis genótipos de eucalipto, no sentido medula-casca, provenientes de três regiões de Minas Gerais. As análises biométricas das fibras foram realizadas de acordo com a norma para anatomia da madeira do comitê IAWA. Para o ângulo microfibrilar o método utilizado foi o de luz polarizada. Os genótipos se comportaram de forma distintas entre si, com destaque para os constituídos apenas por *E. urophylla* que obtiveram maiores valores de biométricos das fibras. Houve diferenças significativas para comprimento e espessura da parede das fibras entre os genótipos estudados e as posições radiais. Para o ângulo microfibrilar não houve diferenças significativas entre os genótipos e as posições radiais. No entanto, houve uma tendência onde, conforme o comprimento e a espessura da parede das fibras aumentam no sentido medula-casca, o ângulo microfibrilar diminui. Os fatores genéticos e a idade dos indivíduos podem ter influenciado os resultados.

Palavras-chave: *Eucalyptus* L'Héritier, mirtácea, variação radial, anatomia da madeira.

BIOMETRY OF FIBERS AND THE MICROFIBRILLARY ANGLE IN GENOTYPES OF Eucalyptus

ABSTRACT - The technological properties of wood can be influenced by the characteristics of secondary xylem, such as fiber size, length and thickness, and also the microfibrillary angle in the secondary wall. The objective of the present study was to evaluate the fiber size as a function of the microfibrillary angle of the wood of six *Eucalyptus* genotypes, in the spinal cord, from three regions of Minas Gerais. Biometric fiber analyzes were performed according to the IAWA committee's anatomy standard. For the microfibrillary angle, the method used was polarized light. The genotypes behaved differently from one another, especially those from *E. urophylla*, which had the highest biometric values of the fibers. There were significant differences in length and wall thickness of the fibers between the studied genotypes and the radial positions. For the microfibrillary angle, there were no significant differences between the genotypes and the radial positions. However, there was a trend where, as the length and wall thickness of the fibers increase radially, the microfibrillary angle decreases. Genetic factors and the age of the individuals may have influenced of the results.

Keywords: *Eucalyptus* L'Héritier, mirtaceae, radial variation, wood anatomy.

INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo, característica essa que causa uma série de transtornos para a indústria que a utiliza como matéria-prima ou ainda seus subprodutos. A descontinuidade desse material biológico, em especial sua estrutura anatômica, pode ocorrer tanto por fatores genéticos quanto por fatores externos, como tratamentos silviculturais, precipitação e temperatura.

Segundo Calonego et al. (2005), a madeira juvenil é aquela formada pelo câmbio na seção transversal do fuste nos primeiros anos de vida. Essa madeira também pode ser referida como aquela mais próxima da medula que, do ponto de vista tecnológico, é diferenciada da madeira adulta em diversas propriedades.

Nesse sentido, podem haver diferenças nas características físicas e anatômicas nas madeiras no sentido medula-casca, como, por exemplo, nas dimensões das fibras, como comprimento, espessura, ângulo microfibrilar da parede das fibras, bem como proporção dos tecidos e biometria dos elementos de vasos, como comprimento, diâmetro e frequência.

Estudos sobre as fibras e suas propriedades são úteis para prever potenciais usos nos quais as propriedades elásticas e a estabilidade dimensional da madeira são essenciais. Trabalhos relacionados ao ângulo microfibrilar da parede celular tiveram início na década de 1960, quando Preston (1962) demonstrou que a extensão de ruptura depende do ângulo microfibrilar na camada S2. Kelsey (1963), Harris e Meylan (1965), Meylan (1968) e

¹Doutora em Botânica Aplicada, Pós-Doutoranda, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, s/n, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: cassianaaf@gmail.com. *Autora para correspondência.

²Doutora em Ciências e Tecnologia da Madeira, professora adjunto I, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

³Doutor em Ciências Florestais, professor titular, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, s/n, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Barber e Meylan (2009) demonstraram que a retração longitudinal aumenta com o aumento dos ângulos microfibrilares. A retração nas direções tangencial e radial é mais complexa, visto que outros fatores podem influenciar este parâmetro (BARBER, 1968).

Ribeiro et al. (2011) trabalhando com cedro australiano, *Toona ciliata* M. Roem (Meliaceae), em diferentes localidades encontraram correlações positivas significativas para o ângulo microfibrilar e a parede e o lumen das fibras. Lima (2015) estudou a variação do ângulo microfibrilar e o conteúdo de lignina na parede celular em genótipos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *E. urophylla* S.T. Blake, onde foi observada uma tendência geral de decréscimo do ângulo microfibrilar no sentido medula-casca.

Souza (2017) trabalhou com a distribuição espacial da lignina e do ângulo microfibrilar na parede celular de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (Myrtaceae) em madeiras normais e de reação, onde foram observadas uma redução do ângulo microfibrilar no sentido medula-casca e na madeira de tração se comparada a madeira normal.

O ângulo microfibrilar pode variar de espécie para espécie, dentro de uma mesma espécie e, ainda, dentro do mesmo indivíduo, nos sentidos medula-casca e base-topo. Essa propriedade elementar da madeira representa a orientação da fração cristalina da celulose na parede celular das fibras (ANDERSSON et al., 2000). O ângulo microfibrilar tem maior influência em propriedades

mecânicas da madeira, como rigidez e propriedades físicas como contração, sendo observadas ainda diferenças entre os principais grupos vegetais como angiospermas e gimnospermas, 5° a 20° e de 10° a 30°, respectivamente (BOYD, 1980).

Assim como as demais propriedades da madeira, o ângulo microfibrilar também pode sofrer influências edafoclimáticas, pois está intimamente ligado à biometria das fibras e, conseqüentemente, à atividade cambial. Há, ainda, a variação que ocorre entre madeira de reação e madeira normal (YAMAMOTO et al., 1997).

No entanto, trabalhos relacionados à ecologia do ângulo microfibrilar, suas relações com as demais dimensões das fibras, bem como sua variação medula-casca e base-topo, ainda não escassos. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o ângulo microfibrilar entre os genótipos de *Eucalyptus*, sua relação com a biometria das fibras, bem como sua variação radial.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de coleta e identificação do material

O presente estudo foi realizado utilizando-se madeiras comerciais provenientes de plantios florestais localizados no estado de Minas Gerais. Para a identificação dos três sítios de coleta, eles foram denominados de A, B e C. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados dados gerais sobre os genótipos utilizados e os locais de coleta.

TABELA 1 - Identificação dos genótipos de eucalipto.

Genótipos de eucalipto	Sítios
1 - <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	A
2 - <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	A
3 - <i>Eucalyptus urophylla</i>	B
4 - <i>Eucalyptus urophylla</i>	B
5 - <i>Eucalyptus urophylla</i>	C
6 - <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	C

TABELA 2 - Características das áreas de coleta dos genótipos de eucalipto em Minas Gerais.

Genótipos de eucalipto	Região	Idade (anos)	Precipitação anual	Clima	T°C média
1	Belo Oriente	6,33	1165 mm	Aw	23,7
2	Belo Oriente	6,41	1165 mm	Aw	23,7
3	Curvelo	7,17	1221 mm	Aw	21
4	Curvelo	6,80	1221 mm	Aw	21
5	Paraopeba	7,00	1244 mm	Aw	21,8
6	Paraopeba	7,00	1244 mm	Aw	21,8

O sítio A está localizado no município de Belo Oriente, mesorregião do Rio Doce, microrregião de Ipatinga, nas coordenadas geográficas 19°13'04" de latitude sul e 42°27'26" de longitude oeste. Dois genótipos foram coletados neste sítio A, sendo *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*.

O sítio B está localizado no município de Curvelo, na mesorregião central de Minas Gerais, microrregião de Curvelo, sob coordenadas geográficas 18°44'57" de latitude sul e 44°26'32" de longitude oeste.

Dois genótipos de *E. urophylla* foram coletados neste sítio B.

O sítio C localiza-se no município de Paraopeba, na mesorregião metropolitana de Belo Horizonte e microrregião de Sete Lagoas (Figura 1), nas coordenadas geográficas 19°16'54" de latitude sul e 44°24'32" de longitude oeste. Neste sítio C foram coletados dois genótipos, sendo *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis*.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é Aw, classificado como tropical úmido

(ALVARES et al., 2013) e os solos predominantes nas três localidades são tipo LATOSSOLO AMARELO distrófico (EMBRAPA, 2013).

Amostragem do material

Para as análises microscópicas foram utilizados três indivíduos de cada genótipo e obtida sua variação radial, tendo sido subdivididos em externo, intermediário e

interno. Os corpos de prova destinados a análises anatômicas foram obtidos a partir de discos de 5 cm de espessura, aproximadamente, retirados a 1,30 m de altura, a partir do solo (DAP). As dimensões estipuladas foram de, aproximadamente, 1,5 x 1,5 x 1,5 cm, nos planos transversal e longitudinal radial e tangencial.

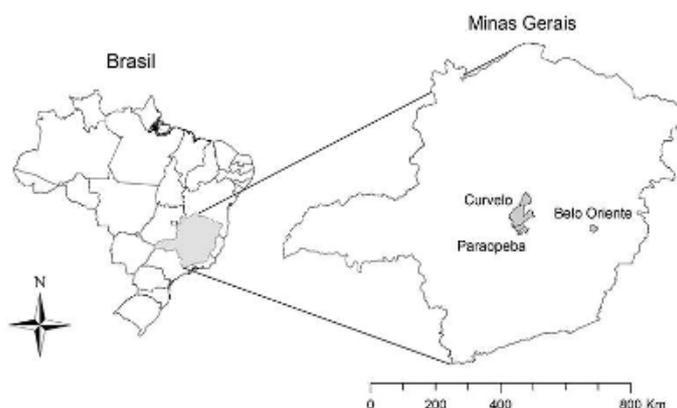


FIGURA 1 - Apresenta a localização das áreas/sítios de coleta do material de estudo.

Biometria das fibras

Para a obtenção do material macerado, foram coletadas, a partir dos corpos de prova, pequenas amostras longitudinais de madeira, retiradas com o auxílio de estilete e armazenadas em frascos de vidro com a solução ácida, seguindo o método descrito por Franklin (1945). Posteriormente, foram levados a estufa, a 60° C, por 24 h. Em seguida, o material dissociado foi lavado em água corrente e corado com safranina hidroalcoólica. Para observação dos elementos celulares dissociados foram confeccionadas lâminas temporárias, misturando-se uma pequena quantidade de macerado em gotas de glicerina entre lâmina e lamínula.

As análises biométricas das fibras e espessura da parede foram realizadas no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As análises foram obtidas com o auxílio do microscópio ótico acoplado ao computador, utilizando o software Wincel®.

Ângulo microfibrilar

Para análises de ângulo microfibrilar, foram obtidos fragmentos tangenciais dos corpos de prova devidamente saturados, com o auxílio de micrótomo de deslize Leica®, modelo jung GM 2000, com espessura de 6 a 8 µm. Posteriormente, os fragmentos foram depositados em frascos de vidros e levados à estufa com temperatura fixada em 60±3 °C, com a solução ácida, de acordo com o método descrito por Franklin (1945), por 24 h.

As análises do ângulo microfibrilar foram realizadas no Laboratório Ciências e Tecnologia da Madeira da UFLA. Utilizou-se o Microscópio Olympus, adaptado com luz polarizada, com mesa giratória de 360°.

Foram mensuradas 30 fibras para cada caractere estudado por corpo de prova.

Análises de dados

Os dados coletados para ambas as análises foram primeiramente tabulados com o auxílio do software Excel®, para a obtenção dos valores máximo, mínimo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e correlações de Pearson.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas com auxílio do software estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014), realizando-se a análise de variância e o teste de interação entre as características estudadas. Na avaliação do experimento considerou-se o delineamento inteiramente casualizado, subparcelas, sendo eles seis clones com três indivíduos cada, e esses indivíduos subdivididos em três posições radiais (externa, intermediária e interna).

Para a análise de variância foi realizado o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. Foi realizado o Teste de Bartlett, a 5% de probabilidade de erro, para verificar a homogeneidade de variâncias e também o teste Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade de erro, para verificar a normalidade dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biometria das fibras e ângulo microfibrilar

A análise de variância entre os genótipos bem como a interação entre os caracteres biométricos das fibras e as posições radiais são apresentados na Tabela 3. Houve interações entre os genótipos e as posições radiais para o

comprimento e a espessura da parede das fibras, sendo crescente no sentido medula-casca.

De forma geral, todos os genótipos apresentaram esse padrão, sendo que os menores valores médios foram obtidos nas posições próximo à medula (interno) e maiores próximos à casca (externo). Entretanto, o genótipo 5 obteve os menores valores médios na posição intermediária. As médias para o ângulo microfibrilar não

obtiveram diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,05$).

O mesmo ocorreu com as interações entre os genótipos e as posições radiais. Entretanto, pode-se observar uma tendência ao decréscimo do ângulo microfibrilar no sentido medula-casca, onde os menores valores médios foram obtidos nas posições mais externas (casca) e os maiores nas posições mais internas (medula), com exceção do genótipo 6.

TABELA 3 - Resultado da análise de variância e interação entre os genótipos, posições radiais e biometria das fibras.

Posições radiais	Genótipo 1	Genótipo 2	Genótipo 3	Genótipo 4	Genótipo 5	Genótipo 6
Comprimento das fibras (μm)						
Externa	1070,94bA**	1013,33bA	1198,52aA	1195,27aA	1169,88aA	1104,19bA
Intermediário	1048,39bA	942,42bA	1171,63aA	1006,04bB	994,76bB	979,20bB
Interna	921,77bB	767,89bB	932,64bB	859,81bC	1099,71aA	911,56bB
Médias	1013,70a	907,88a	1100,93a	1020,37a	1088,12a	998,32a
CV(%)	8,64	13,17	13,52	16,53	10,58	10,53
Espessura da parede (μm)						
Externa	3,80bA	3,86bA	6,25aA	5,47aA	5,11aA	4,43bA
Intermediário	3,91aA	3,88aA	4,29aB	3,83aB	3,73aB	3,39aA
Interna	3,89aA	3,66aA	3,57aB	3,27aB	3,28aB	3,61aA
Médias	3,87b	3,80b	4,70a	4,19b	4,04b	3,81b
CV(%)	14,76	26,21	32,99	26,21	25,75	14,09
Ângulo microfibrilar ($^{\circ}$)						
Externa	9,54*	9,93*	9,58*	9,49*	10,30*	11,14*
Intermediário	10,22*	10,52*	10,83*	10,68*	10,42*	11,23*
Interna	12,20*	11,90*	11,04*	11,93*	12,68*	10,91*
Médias	10,66a	10,79a	10,49a	10,70a	11,13a	11,09a
CV(%)	22,11	11,60	8,94	11,34	17,76	8,43

**Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. *Não houve interações entre os genótipos e as posições radiais.

A análise de variância demonstrou que para o comprimento das fibras não houve diferenças significativas entre as médias dos genótipos estudados, porém, houve diferenças entre as posições radiais. De maneira geral, os valores médios para comprimento das fibras foram menores nas posições internas e maiores nas posições externas, com exceção do genótipo 5, que obteve o menor valor médio na posição intermediária. Todos os três genótipos constituídos de *E. urophylla* somente obtiveram os maiores valores nas posições externas, sendo superiores aos demais.

O mesmo ocorreu para espessura da parede das fibras, em que houve interações entre os genótipos e as posições radiais. Entretanto, novamente, os genótipos exclusivos de *E. urophylla* obtiveram os maiores valores de espessura da parede das fibras, se comparados aos híbridos, justificando assim a maior utilização dessa espécie para plantios comerciais destinados a produção de papel e celulose. De forma geral, com exceção dos genótipos 1 e 6, a espessura da parede cresceu no sentido medula-casca, tendo os menores valores sido observados na posição interna e os maiores, na posição externa (Tabela 3).

As dimensões das fibras e ângulo microfibrilar estão de acordo com os estudos encontrados na literatura em biometria das fibras e ângulo microfibrilar na madeira

de eucalipto. Trugilho et al. (2005), trabalhando com polpação e anatomia de genótipos de eucalipto, encontraram valores médios para comprimento das fibras de 926 μm e espessura da parede de 2,91 μm . Evangelista et al. (2010), trabalhando com anatomia do xilema de genótipos de 6 a 10 anos de *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis*, encontraram valores médios de 950 μm para comprimento das fibras e espessura da parede de 4,70 μm . Ferreira (2012), trabalhando com anatomia de clones e híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, encontraram valores de comprimento de fibras de 982 μm e 876 μm , respectivamente, e espessura da parede com valores médios de 3,47 μm e 3,35 μm . Lopes (2013), trabalhando com anatomia e identificação de clones de *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, encontrou valores médios de 813,84 a 995,98 μm e espessura da parede de 3,83 a 4,44 μm .

Para o ângulo microfibrilar, os valores foram semelhantes aos encontrados na literatura para espécies e clones de *Eucalyptus*. Para *Eucalyptus rubida*, Yoshida et al. (1992) observaram ângulos microfibrilares variando entre 10° a 30°. Stuart e Evans (1995), trabalhando com *E. nitens*, obtiveram ângulos microfibrilares decrescendo da medula para a casca, com a variação de 10° a 20°.

Os ângulos microfibrilares para híbridos de *Eucalyptus* variaram de 0° a 27° (média de 9,5°), em pesquisa realizada por Bailleres et al. (1995). Lima et al. (2004), trabalhando com 11 genótipos de *Eucalyptus*, encontraram ângulos microfibrilares semelhantes aos encontrados no presente estudo, 8,6° a 11,2°. Lima (2015), trabalhando com madeiras de clones *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* de 6,5 anos, encontrou valores de ângulo microfibrilar de 7,6° e 8,3°, observando uma tendência de decréscimo no sentido medula-casca.

As dimensões celulares estão diretamente associadas à atividade cambial, sendo afetada diretamente por fatores edafoclimáticos associados a fatores intrínsecos aos indivíduos que, por sua vez, diferem nas respostas a qualquer intempérie (Zobel; Bujtenen, 1989; Carquist, 2001). Portanto, os genótipos constituídos apenas por *E. urophylla* se destacaram em relação aos demais, obtendo os maiores valores médios para comprimento e espessura da parede das fibras, mesmo estando em sítios de coletada distintos, ou seja, o fator genótipo pode ter sido

determinante para esses caracteres, pois os locais de coleta são semelhantes, ambos inseridos no Cerrado Mineiro, sob condições de temperatura e precipitação bem semelhantes entre si.

Análise de correlação do ângulo microfibrilar com as dimensões das fibras

A análise de correlação entre o ângulo microfibrilar e as dimensões das fibras é apresentada na Tabela 4. Verificou-se que houve correlações negativas entre o comprimento das fibras e o ângulo microfibrilar para o genótipo 2 e 4 (valores negativos da correlação de Pearson -0,76 e -0,77, respectivamente). Esses valores de correlações negativas sugerem que conforme o comprimento das fibras aumentou o ângulo microfibrilar diminuiu. Para a espessura da parede e o ângulo microfibrilar houve correlação negativa apenas para o genótipo 4 (-0,85), onde conforme a espessura da parede das fibras aumentou o ângulo microfibrilar diminuiu.

TABELA 4 - Resumo das análises de correlação de Pearson entre o ângulo microfibrilar e as dimensões das fibras.

Fontes de variação	Genótipos de eucalipto					
	1	2	3	4	5	6
AMF* x comprimento de fibras	-0,43	-0,76	-0,24	-0,77	0,00	0,14
AMF x espessura da parede	0,00	-0,40	-0,36	-0,85	-0,52	-0,23

*AMF = ângulo microfibrilar.

Estudos a cerca das propriedades tecnológicas da madeira ressaltam que a madeira localizada próximo a medula é considerada juvenil por ter sido formada nos primeiros anos de vida da planta ao passo que a madeira mais próxima a casca é considerada adulta por ter sido formada por um câmbio vascular mais recente.

Portanto a biometria dos elementos celulares na madeira juvenil e adulta são distintas, sendo que na madeira juvenil a composição celular é mais heterogênea, enquanto que na madeira considerada adulta, essa composição é mais homogênea, possuindo ainda características desejáveis (maiores valores de comprimento e espessura da parede das fibras e ângulos microfibrilares menores) para as propriedades tecnológicas da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), no lenho juvenil as iniciais fusiformes são relativamente pequenas, aumentando rapidamente o comprimento até atingirem a maturidade cambial, quando as células apresentam um comprimento estável.

Barrichelo e Britto (1984) e Ribeiro et al. (2011) ressaltam que, nos primeiros anos 10 a 12 anos de vida da planta, há alta atividade cambial, as células tendem a ser mais largas, com acentuados diâmetros e, posteriormente, tendem a estagnar, formando fibras mais alongadas e com paredes mais espessas e homogêneas entre si. No entanto, os indivíduos deste estudo estavam, ainda, bem abaixo da média de idade sugerida pelos autores, indicando que os indivíduos ainda são juvenis. Preston (1974) resalta que o ângulo microfibrilar apresenta tendência geral de diminuir com o aumento do comprimento das fibras, devido à baixa

taxa de divisão das células cambiais, a qual direciona mais tempo para a expansão celular, sendo maiores ângulos encontrados em células menores e menores ângulos nas células maiores. Donaldson (2008) observou redução do ângulo microfibrilar no sentido medula-casca, encontrando valores entre 15° a 20°.

Estudos a cerca da biometria das fibras e ângulo microfibrilar de eucalipto se fazem necessários para a compreensão de sua estrutura anatômica, afim de prever melhores usos tecnológicos, sua variação entre as espécies produtoras de madeira, sendo diretamente relacionada a resistência mecânica e as propriedades físicas como contração e inchamento.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os genótipos se comportaram de formas distintas, com destaque para os genótipos constituídos apenas por *E. urophylla*, que obtiveram maiores valores de comprimento e espessura da parede das fibras, se comparado aos demais, mesmo estando em sítios de coletadas distintos.

Observou-se uma pequena tendência contrária entre o ângulo microfibrilar e as dimensões das fibras, sendo que, conforme as dimensões das fibras aumentam, o ângulo microfibrilar diminui. No entanto, maiores estudos são necessários para a confirmação desse padrão.

No que tange à variação radial, pode-se concluir que as dimensões das fibras aumentam no sentido medula-casca, entretanto, o ângulo microfibrilar não apresentou diferenças significativas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ANDERSSON, S.; SERIMAA, R.; TORKKELI, M.; PAALLARI, T.; SARANPAA, P.; PESONEN, E. Microfibril angle of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] compression wood: comparison of measuring techniques. **Journal of Wood Science**, v.46, [s.n.], p.343-349, 2000.
- BAILLERES, H.; CHANSON, B. FOURNIER, M.; TOLLIER, M.T.; MONTIES, B. Structure, composition chimique et retreats de maturation du bois chez les clones d'*Eucalyptus*. **Annals of Forest Science**, v.52, n.2, p.157-172, 1995.
- BARBER, N.; MEYLAN, B. The anisotropic Shrinkage of wood: a theoretical model. **International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood**, v.18, n.5, p.146-156, 2009.
- BARBER, N.F. A theoretical model of shrinking wood. **Holzforchung**, v.22, n.4, p.97-103, 1968.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel, 1984. p.403-409.
- BOYD, J.D. Relationships between fibre morphology, growth strains and physical properties of wood. **Australian Forest Research**, v.10, n.4, p.337-360, 1980.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. 1a. ed. São Paulo: Nobel, 1991, 160p.
- CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D.; ASSI, P.P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, [s.v.], n.68, p.113-121, 2005.
- CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood**. 2a. ed. Springer-Verlag: London, 2001. 448p.
- DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and relationship: a review. **IAWA Journal**, v.29, n.4, p.387-396, 2008.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 3a. ed. 2013. 353p.
- EVANGELISTA, W.V.; SILVA, J.C.; VALLE, M.L.A.; XAVIER, B.A. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Scientia Forestalis**, v.38, n.86, p.273-284, 2010.
- FERREIRA, C.A. **Caracterização anatômica, secagem e carbonização da madeira de clones de *Eucalyptus* e espécies do Cerrado**. 2012. 94p. Dissertação (Mestrado em Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resins and woodresin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v.155, n.3924, p.51, 1945.
- HARRIS, J.M.; MEYLAN, B.A. The influence of microfibril angle on longitudinal and tangential shrinkage in *Pinus radiata*. **Holzforchung**, v.19, n.5, p.144-153, 1965.
- IAWA. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwoods identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p.220-332, 1989.
- KELSEY, K.E. **A critical review of the relationship between the Shrinkage and structure of wood**. Melbourne: CSIRO, 1963. 35p. (Division of Forest Products Technological Paper, 28).
- LIMA, J.T.; BREESE, M.C.; CAHALAN, C.M. Variation in microfibril angle in *Eucalyptus* clones. **Holzforchung**, v.58, n.2, p.160-166, 2004.
- LIMA, L.C. **Variação do ângulo microfibrilar e do conteúdo de Lignina na parede celular das fibras da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla***. 2015. 52p. Dissertação (Mestrado em Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- LOPES, O.P. **Anatomia e identificação da madeira de genótipos de *Eucalyptus* spp. plantados no Estado de Minas Gerais**. 2013. 93p. Dissertação (Mestrado em Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- MEYLAN, B.A. Cause of high longitudinal shrinkage in wood. **Forest Products Journal**, v.18, n.4, p.75-78, 1968.
- PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C.E. **Textbook of wood technology**. 4a. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.
- PRESTON, R.D. **The Physical Biology Of Plant Cell Walls**, Chapman and Hall, p. 169-170, 1962.
- PRESTON, R. D. **The physical biology of plant cell walls**. London: Chapman & Hall, 1974. 491 p.
- RIBEIRO, A.O.; MORI, F.A.; MENDES, L.M. Características das dimensões das fibras e análise do ângulo microfibrilar de *Tooma ciliata* cultivada em diferentes localidades. **Floresta**, v.41, n.1, p.47-56, 2011.
- SOUZA, M.T. **Distribuição espacial da lignina e do ângulo microfibrilar na parede celular de *Eucalyptus grandis***. 2017. 52p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- SOUZA, N.C.M. **Estudo do ângulo microfibrilar da madeira de *Eucalyptus grandis*, úmida e seca, por microscopia de luz polarizada e estimada por difração de raios X**. 2017. 38p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- STUART, S.A.; EVANS, R. X-ray diffraction estimation of the microfibril angle variation in eucalypt wood. **Appita Journal**, v.48, n.3, p.197-200, 1995.

Biometria das fibras...

FERREIRA, C. A. et al. (2018)

TRUGILHO, P.F.; BIANCHINI, M.L.; GOMIDE, J.L.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M.; MORI, F.A. GOMES, D.F.; Clones de *Eucalyptus* versus a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, p.145-155, 2005.

ZOBEL, J.B; BUJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 363p. 1989.

YAMAMOTO, H.; OKUYAMA, T.; YOSHIDA, M. Growth stress generation and microfibril angle in reaction wood. In: BUTTERFIELD, B.G. (Ed.). **Microfibril angle in wood**. Westport: International Association of Wood Anatomists, 1997. p.225-239.

YOSHIDA, M.; OKUYAMA, T.; YAMAMOTO, H. Tree forms and internal stress III: growth stresses of branches. **Mokuzai Gakkashi**, v.38, n.7, p.663-668, 1992.