

Avaliação das dimensões das camadas da parede celular das fibras em madeira de *Eucalyptus grandis*

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar as dimensões das camadas da parede celular das fibras dos lenhos normal, de tração e oposto na madeira de *Eucalyptus grandis*. Duas árvores com 28 anos de idade, uma com tronco ereto e uma com tronco inclinado, foram analisadas. Dos discos retirados a altura de 1,30 m do solo, foram retiradas amostras em duas posições radiais, para os lenhos normal, de tração e oposto. Foi realizada análise por microscopia eletrônica de transmissão. A espessura das camadas da parede das células foi mensurada usando software de análise de imagens *Image J*. As camadas foram identificadas visualmente pela diferença dos tons de cinza e pelo direcionamento das microfibrilas. A camada S2 apresentou maior espessura para fibras mensuradas próximo a região da casca, tanto para o lenho normal quanto para o lenho de tração. A camada S2 foi de 60% a 80% mais espessa que as demais.

Palavras-chave: Lenho de tração, microscopia, microfibrila.

Evaluation of the cell wall layers dimensions in fibers from *Eucalyptus grandis* wood

Abstract: The objective of this work was to evaluate the dimensions of the cell wall layers of the fibers from normal, tension and opposite wood in *Eucalyptus grandis*. Two 28-year-old trees, one with an upright trunk and one with an inclined trunk, were analyzed. From the disks removed at a height of 1.30 m from the soil, samples were taken in two radial positions for normal, traction and opposite wood. Transmission electron microscopy analysis was performed. The thickness of the cell wall layers was measured using Image J. Image analysis software. The layers were visually identified by the difference in gray tones and by the microfibrils direction. The S2 layer presented higher thickness for fibers measured near the bark region, both for the normal wood and for the tension wood. The S2 layer was 60% to 80% thicker than the others layers.

Keywords: Tension wood, microscopy, microfibril.

1. INTRODUÇÃO

O lenho de reação é formado quando os troncos ou ramos das árvores crescem

sob esforço mecânico e apresenta características anatômicas, químicas e físicas diferenciadas em relação ao lenho normal (MONTEIRO et al., 2010). Em coníferas, o lenho de reação é chamado de lenho de compressão e em folhosas, de lenho de tração (WARDROP, 1964).

O lenho de tração apresenta características anatômicas diferenciadas, como diminuição da frequência de vasos (JOUREZ et al., 2001), fibras mais longas e mais finas, que apresentam parede celular mais espessa e menor lúmen (YOSHIZAWA et al., 2000; JOUREZ et al., 2001). Outras características da madeira que indicam a ocorrência do lenho de tração são: redução no teor de lignina na parede celular das fibras (PANSWIN & DE ZEEUW, 1980), formação de camada gelatinosa na parte mais interna da parede celular secundária, conhecida como camada G (SIMPSON & TENWOLDE, 1999). Quando ocorre a formação da camada gelatinosa no lenho de tração, este apresenta a parede secundária com maior teor de celulose e menor teor de lignina em sua parte interna (YOSHIZAWA et al., 2000) e possui diminuição acentuada do ângulo microfibrilar (WASHUSEN et al., 2005; CLAIR et al., 2011).

A parede celular, formada principalmente por celulose, hemiceluloses e lignina, funciona como um esqueleto para a mecânica do corpo da planta. Está organizada em parede primária e parede secundária. A parede secundária está subdividida nas camadas S1, S2 e S3, que apresenta orientações alternadas das microfibrilas. A camada S2 é mais espessa do que as outras camadas, sendo considerada a mais influente sobre as propriedades físicas e químicas da parede celular, enquanto as camadas S1 e S3 são relativamente mais finas (DONALDSON, 2008).

As camadas da parede celular possuem dimensões que ainda são pouco conhecidas em razão da complexidade técnica e metodológica em visualizá-las e realizar sua medição. Entretanto, a utilização da técnica de microscopia eletrônica de transmissão, aliada a técnicas específicas de preparo de cortes histológicos ultrafinos, possibilitam a avaliação das dimensões das camadas da parede celular, o que se trata de uma informação relevante e de grande importância para a caracterização e melhor conhecimento da ultraestrutura da parede celular, tanto das fibras do lenho normal, como dos lenhos de tração e oposto.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar as dimensões das camadas da parede celular das fibras dos lenhos normal, de tração e oposto na madeira de *Eucalyptus grandis*, fornecendo informações a respeito das possíveis modificações

dessas camadas quando há formação do lenho de tração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e coleta do material

Para realização deste estudo foram utilizadas duas árvores de *Eucalyptus grandis* com 28 anos de idade, provenientes da empresa Vallourec Florestal Ltda, localizada no município de Paraopeba, Minas Gerais. Foram abatidas duas árvores, sendo uma com tronco ereto e uma com tronco inclinado. A altura e diâmetro a altura do peito (DAP), foram mensurados e estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Diâmetro e altura das árvores de *Eucalyptus grandis*.

Árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Inclinação (°)
Ereta	29,97	24,10	-
Inclinada	32,52	23,40	12,4

Um disco de cada árvore foi retirado na altura de 1,30 m em relação ao solo (DAP), a partir dos quais foram confeccionadas as amostras, que por sua vez, foram retirados em duas posições radiais (interna, próximo a medula e externa, próximo a casca) nos lenhos normal, de tração e oposto.

2.2 Identificação das camadas da parede secundária

Foram confeccionados os corpos de prova com dimensões nominais de 1 x 1 x 1 mm³ e estes foram parcialmente deslignificados em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (proporção de 1:1) durante 3 horas. Posteriormente, os corpos de prova foram colocados em solução Karnovsky (formol e glutaraldeído) por 24 horas e em seguida o material foi lavado com cacodilato. Então, foram adicionadas 6 gotas de tetróxido de ósmio às amostras. Após passadas 2 horas, o material foi lavado em água destilada para retirada do ósmio. Na etapa seguinte, após passadas 24 horas da retirada do ósmio, as amostras foram desidratadas em solução crescente de acetona (30%, 50%, 70%, 90% e 100%) por dez minutos em cada solução. Por fim, as amostras foram emblocadas em resina Spurr e então confeccionados os cortes semifinos e ultrafinos. Os cortes ultrafinos foram analisados no microscópio eletrônico de transmissão (MET), FEI- Tecnai 120, série 9432.

As camadas da parede celular foram identificadas visualmente pela diferença

dos tons de cinza apresentado nas imagens obtidas no MET e no direcionamento das microfibrilas. A espessura da parede primária e das camadas S1, S2 e S3 da parede secundária foram mensuradas com o auxílio do software de análise de imagens *Image J*.

3. RESULTADOS

A identificação da parede primária e camadas da parede secundária, lamela média e lume da célula podem ser visualizados e estão indicados por setas na Figura 1.



Figura 1 - Imagem de microscopia eletrônica de transmissão de fibras do lenho normal de *E. grandis*. A lamela média (LM), as camadas S1, S2 e S3 da parede celular, a parede primária (PP) e o canto celular (CC) são indicadas pelas setas brancas. A - fibra seccionada.

Na Tabela 1 são apresentadas as espessuras obtidas por análise de imagens das camadas S1, S2 e S3 da parede secundária do lenho de *E. grandis*.

Tabela 1 - Valores médios da espessura (μm) das camadas S1, S2, S3 e parede primária (PP) para os lenhos normal, de tração e oposto à tração de *E. grandis*.

Árvore	Lenho	Posição	S1	S2	S3	PP
Ereta	Normal	Interna	0,88	3,22	0,22	0,46
		Externa	0,36	4,19	0,08	0,58
Inclinada	Tração	Interna	0,24	2,49	0,23	0,46
		Externa	0,13	4,20	0,20	0,39
	Oposto	Interna	0,57	2,93	0,25	0,56
		Externa	0,32	3,41	0,19	0,48

4. DISCUSSÃO

As regiões correspondentes a lamela média, parede primária e parede secundária, subdividida nas camadas S1, S2 e S3, foram identificadas nas imagens geradas pelo MET. Além disso, pôde-se observar o canto celular (ângulo comum existente entre as células) e o lume da célula. A diferença nos tons de cinza apresentados na imagem, bem como o direcionamento das microfibrilas de celulose, possibilitaram a identificação e delimitação das camadas S1, S2 e S3.

Observa-se na Figura 1 que a região da lamela média (LM) entre as fibras é estreita, enquanto que o canto celular (CC) apresenta uma maior área. A camada S2 é a mais espessa e a S1 é identificada como uma fina linha em tom de cinza claro entre a camada S2 e a parede primária. A camada S3, entre o lume da célula e a camada S2, também apresenta pequena espessura.

A camada S2 apresentou maior espessura para as fibras mensuradas próximas a região da casca (região externa), tanto para o lenho normal quanto para o lenho de tração. A espessura da camada S2 foi cerca de 60% a 80% maior que as outras camadas, estando em acordo com Donaldson, (2008), que relata que a camada S2 é a mais espessa da parede celular, sendo considerada a que exerce maior influência sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira. A parede secundária pode apresentar camadas alternadas com diferentes orientações das microfibrilas, formando o que é conhecido como arranjo helicoidal (REIS & VIAN, 2004). Segundo Donaldson (2008), tal estrutura cruzada das microfibrilas na parede secundária proporciona à madeira alta rigidez axial, além de alta resistência ao colapso e à ruptura, permitindo que a planta adote um hábito de crescimento ereto e faça uma condução eficiente da água da raiz até o topo. De modo diferente, as camadas S1 e S3, são relativamente mais finas, mas exercem papel importante no reforço da célula contra deformação por forças de tensão de água, além de contribuir para a dureza e a resistência ao esmagamento da madeira (BOOKER, 1993).

5. CONCLUSÕES

É possível observar e identificar as camadas da parede celular das fibras utilizando a técnica de microscopia eletrônica de transmissão e realizar as medições das dimensões das camadas da parede celular por meio de análise de imagens.

A camada S2 é consideravelmente mais espessa do que as demais camadas, apresenta maiores dimensões nas regiões próximas à casca, onde é encontrado o lenho adulto e possui maior espessura no lenho normal. Já as camadas S1 e S3 têm maior espessura nas regiões próximas à medula, onde se localiza o lenho juvenil.

6. REFERÊNCIAS

BARNETT, J.R. & BONHAM, V.A. Cellulose microfibril angle in the cell wall of wood fibres. **Biological Reviews** 79: 461–472, 2004.

BOOKER, R. E. The importance of the S3 cell wall layer in collapse prevention and wood hardness. In: **24th Forest Products Research Conference**. CSIRO Division of Forest Products, Clayton, Victoria, Australia 3/17. Pp. 1–13, 1993.

CLAIR, B.; RAS, T.; PILATE, G.; JULLIEN, D.; SUGIYAMA, J.; RIEKEL, C. Maturation stress generation in poplar tension wood studied by synchrotron radiation microdiffraction. **Plant Physiology**, 155: 562–570, 2011.

DONALDSON, L. Microfibril angle: measurement, variation and Relationships – a review. **IAWA Journal**, Vol. 29 (4), 345–386, 2008.

JOUREZ, B.; RIBOUX, A.; LECLERCQ, A. Anatomical characteristics of tension wood and opposite wood in young inclined stems of poplar (*Populus euramericana* cv „Ghoy“). **IAWA Journal** 22: 133–157, 2001.

LIMA, J. T.; RIBEIRO, A. O.; NARCISO, C. R. P. Microfibril angle of *eucalyptus grandis* wood in relation to the cambial age. **Maderas. Ciencia y tecnología** 16(4): 487 - 494, 2014.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, R. V.; LIMA, J. T.; BARAÚNA E. E. P.; CARVALHO, D. M.; LIMA, M. T. Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 1, N.1: pp. 6-11, Nov. 2010.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U.S. and Canadá. **Text Book of Wood Technology**, 722 p, 1980.

REIS, D.; VIAN, B. Helicoidal pattern in secondary cell walls and possible role of xylansin their construction. **CR Biol.** 327: 785–790, 2004.

SIMPSON, W.; TENWOLDE, A. Physical Properties and Moisture Relations of Wood. In: **Wood handbook - Wood as an engineering material**. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Cap 3, 1-24, 1999.

WASHUSEN, R.; EVANS, R.; SOUTHERTON, S. A study of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus globulus* branch wood microstructure. **Iawa Journal** 26: 203–210, 2005.

WARDROP, A. B. The reaction anatomy of arborescent angiosperms. In the formation of wood in forest trees. Academic Press, New York. Pp 404-456, 1964.

YOSHIZAWA, N.; INAMI, A.; MIYAKE, S.; ISHIGURI, F.; YOKOTA S. Anatomy and lignin

distribution of reaction wood in two *Magnolia species*. **Wood Science and Technology** 34: 183–196, 2000.