

# FIBRAS PARA PAPEL - UM LANCE DE OLHOS

Nas edições anteriores da *Nosso Papel*, vimos que cerca de 94% das fibras celulósicas utilizadas na produção mundial de papel são fornecidas por madeira e que são basicamente duas as classes de árvores produtoras de madeira para polpação: as coníferas (*gymnospermae*) e as folhosas (*angiospermae*).

Também vimos as diferenças entre essas duas madeiras:

▶ A madeira de conífera (*softwood*) é mole e de estrutura mais simples, com a maior parte do lenho composta de fibras longas chamadas *traqueídeos* (ou *fibras*), que acumulam tanto a função de sustentação mecânica como a de condução da seiva da planta. O transporte dessa seiva se dá através de pares de aberturas aproximadamente circulares (*pontuações*) existentes nas paredes de células (fibras) adjacentes, em um arranjo que possibilita comunicação e continuidade do fluxo da seiva.

▶ A madeira de folhosas (*hardwood*) é mais dura e com fibras mais curtas, de estrutura mais complexa, em que as funções de sustentação mecânica e de transporte da seiva são feitas separadamente por células especializadas chamadas *fibras* (sustentação) e elementos de *vasos* (condução da seiva). As *fibras* das folhosas não têm praticamente pontuações, e são as aberturas nas extremidades dos elementos de vasos que possibilitam o fluxo da seiva ao longo do tronco.

por: **Luigi Pepe**

## RELAÇÃO ENTRE DIMENSÃO DA FIBRA E RESISTÊNCIA DO PAPEL

Fibra longa e fibra curta são definições recorrentes e de significação relevante devido à sua forte influência nas principais características de resistência e de formação da folha. Para se atribuir certa referência numérica a esse conceito dimensional das fibras, poderá ser então lembrada a proposição de Klemm:

<b>Fibras longas</b>	2,0 – 4,5 mm	<b>Fibras largas</b>	0,020 – 0,040 mm
<b>Fibras médias</b>	1,0 – 2,0 mm	<b>Fibras médio-largas</b>	0,010 – 0,025 mm
<b>Fibras curtas</b>	0,1 – 1,0 mm	<b>Fibras finas</b>	0,002 – 0,010 mm

As dimensões das fibras não são, todavia e por si sós, determinantes da qualidade do papel, salvo em alguns casos específicos que poderão ser vistos mais adiante.

É normalmente de muito mais influência o tratamento das fibras que antecede a formação da folha e de modo especial a refinação. Contudo, o comprimento, a relação comprimento/largura e a espessura da parede da fibra são características morfológicas de forte diferenciação e influência no produto fabricado. Para noção mais palpável da influência natural do comprimento da fibra (CF) em características de resistência do papel, vai reproduzida a correlação entre comprimento e resistências citada na literatura:

Propriedades	Fatores
Resistência à tração	$k_1 \times \text{Comprimento da fibra}^{0,5}$
Resistência ao arrebentamento	$k_2 \times \text{Comprimento da fibra}^{1,0}$
Resistência ao rasgo	$K_3 \times \text{Comprimento da fibra}^{1,5}$

**Fonte:** 1.º Curso Panamericano de Especialização em Celulose e Papel – Qualidade da Madeira – 1983

Desse modo, o comprimento poderia ser potencialmente inconveniente para certas funções (como resistência à tração) e fortemente benéfico para outras (como resistência ao rasgo).

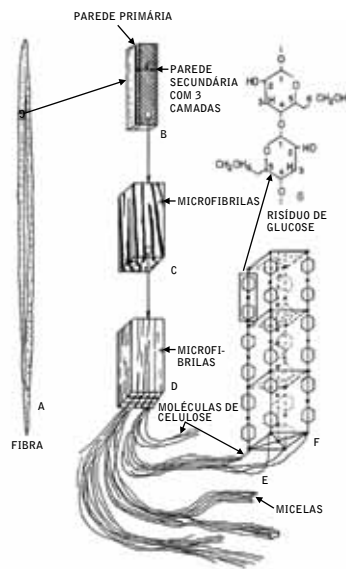
**FIBRA – FORMAÇÃO E ESTRUTURA**

As fibras são, enfim, elementos celulares muito alongados – relação comprimento/diâmetro de 60 a 160 vezes – dotados de cavidade interna (*lúmen*) delimitada pelas paredes da própria célula. Suas paredes são compostas de *macrofibrilas* longas e delgadas que se orientam, com razoável regularidade, no sentido do eixo da fibra.

As macrofibrilas, por sua vez, são formadas por *microfibrilas* muito finas que se originam de feixes de cadeias moleculares, as *micelas* (de aproximadamente 40 moléculas), as quais se unem mediante forças químicas de ligação na forma de pontes de hidrogênio intra e intermoleculares.

O elemento que compõe a principal base estrutural da fibra é a celulose – carboidrato constituído de carbono, hidrogênio e oxigênio (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sup>n</sup> – em associação com hemiceluloses, igualmente carboidratos, e lignina, um polímero com funções de ligação interfibras e estrutural. A celulose representa 40%-45% da madeira; as hemiceluloses, 20%-30%, e a lignina, 18%-35%, a depender da espécie.

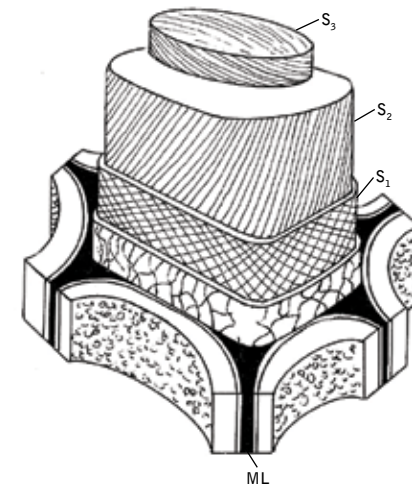
Agora, e finalmente, as Figuras 1 e 2 nos mostram a subdivisão e a estrutura da fibra, essa brava e preciosa companheira de todos, presente em incontáveis aplicações.



<b>A</b>	Fibra celulósica (traqueídeo de conífera).
<b>B</b>	Parede secundária da fibra composta de três camadas: S1, S2 e S3 (essa última às vezes também chamada de parede terciária).
<b>C</b>	Macrofibrila – fração da camada S2 composta de fibrilas [agregado de microfibrilas (branco) incluídas em material não celulósico (preto)].
<b>D</b>	Microfibrilas – fração de macrofibrila composta de microfibrilas, por sua vez constituídas de agregados de moléculas de celulose.
<b>E</b>	Micelas – ou fibrilas elementares, compostas de agregados de moléculas de celulose (cerca de 40) com alta orientação.
<b>F</b>	Organização das moléculas de celulose em uma série de “células unitárias”.
<b>G</b>	Resíduos de glicose.

**Figura 1.** Representação da composição da parede celular. Elementos microscópicos e submicroscópicos.

**Camadas de fibra de traqueídeo típico (diâmetro 20-40 µm)**

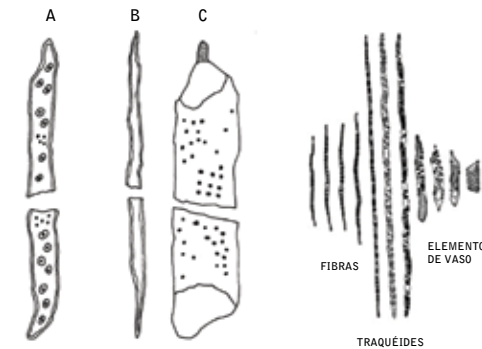


<b>ML</b>	Lamela média – lâmina de ligação entre fibras composta, essencialmente, de lignina.
<b>P</b>	Parede primária – uma cobertura fina e relativamente impermeável, com espessura de aprox. 0,1-0,2 µm, de formação pouco regular e pouco compacta.
<b>S</b>	Parede secundária – elemento principal da parede celular, composto de três camadas distintas:
<b>S1</b>	Camada externa da parede secundária (com espessura de ~0,1-0,5 µm). Nesta camada os grupos microfibrilares estão em espirais que se cruzam alternadamente.
<b>S2</b>	Camada intermediária da parede secundária (com espessura de ~1 a 5 µm). Representa de 70% a 75% do total da parede celular.
<b>S3</b>	Camada interna da parede secundária (com espessura de ~0,1-0,3 µm). Semelhante à camada S1. É às vezes também chamada de parede terciária.
<b>L</b>	Lúmen, o canal central vazio da fibra.

**Figura 2.** Estrutura da parede da fibra

**TIPOS DE FIBRA**

Parece oportuno visualizar, agora um pouco mais de perto, a diferenciação entre os principais tipos de fibras. A Figura 3 (lado esquerdo) mostra esquematicamente e sem escala as três fibras consideradas, por assim dizer, “padrão”: o traqueídeo da conífera (A), a fibra libriforme da folhosa (B) e o elemento de vaso também da folhosa (C); o lado direito mostra as mesmas fibras, mas resguardando suas dimensões relativas.



**Figura 3.** Células típicas de conífera (A-traqueídeo), de folhosas (B-fibra) e de vaso de folhosa (C).

A Figura 4 volta a exibir um tanto mais claramente a mesma classe de fibras, também preservando a relação de grandezas, mas dando mais ampliação aos raios – elementos naturalmente muito minúsculos – para sua melhor visualização. A micrografia mostra um traqueídeo de abeto (a – ampliação x55), um traqueídeo de pinus (b – x55), uma fibra libriforme de folhosa (c – x55), um elemento de vaso de folhosa (d – x55), um raio parenquimatoso de conífera (e – x242) e um raio traqueídeo de conífera (f – x242). É também recolocada, resumidamente, a descrição<sup>1</sup> das diferentes células, ou seja:

<b>Traqueídeo</b>	Célula lignificada com função de sustentação e condução, sem perfurações nas extremidades, mas com pontuações de comunicação.
<b>Fibra libriforme</b>	Elemento alongado, lignificado, de folhosa, para efeito de sustentação e resistência mecânica, praticamente sem pontuações.
<b>Elemento de vaso</b>	Elemento com extremidade perfurada para condução da seiva, que se une axialmente formando dutos. É também chamado de 'poro'. É estrutura larga e oca indesejada na polpa para papel.
<b>Raio parenquimatoso e raio traqueídeo</b>	Célula curta, irregular e de paredes finas, com função principal de armazenamento de reserva e de condução.



**Figura 4.** Traqueídeo de conífera abeto (a – ampliação x55), traqueídeo de conífera pinus (b – x55), fibra libriforme de folhosa bétula (c – x55), elemento vaso de folhosa bétula (d - x55), raio parenquimatoso de conífera abeto (e - x242) e raio traqueídeo de conífera abeto (f - x242).

As notas colocadas aqui são obviamente simples perante a complexidade de definições mais aprofundadas sobre as fibras, mas talvez capazes de despertar interesse para um conhecimento mais amplo, que poderá revelar um cenário muito envolvente. De todo modo, fica para a próxima vez o propósito de contar um pouco sobre as características básicas dessas fibras.

**Um abraço e até a próxima edição! ▽**

**Colunista:** Luigi Pepe, PapelTech Treinamentos e Traduções Técnicas. Para entrar em contato com o colunista, envie e-mail para [lpepe@uol.com.br](mailto:lpepe@uol.com.br)



## EcoWinder. Alto desempenho e confiabilidade.

A rebobinadeira EcoWinder, produzida pela Voith Paper, foi projetada para alcançar a excelência em todo o processo de produção de bobinas. Abrange todos os tipos de papéis e pode chegar a uma velocidade máxima de 1.800 m/min.

Com foco na facilidade de operação, a rebobinadeira EcoWinder é um equipamento confiável para a produção

de bobinas de papel de alta qualidade. Trata-se de um projeto padronizado para atender máquinas de papel de até 3 m de largura e ranges de gramatura de 18 a 500 g/m<sup>2</sup>.

Consulte um de nossos especialistas.

Para mais informações, acesse o site: [www.voithpaper.com/products.php](http://www.voithpaper.com/products.php)