

---

## OBTENÇÃO DE FILMES CELULÓSICOS NANO-ESTRUTURADOS A PARTIR DA MADEIRA DE *PINUS* sp

---

Viana, L.V.<sup>(1)</sup>, Muniz, G.I.B.<sup>(1)</sup>, Magalhães, W.L.E.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, licvianna@hotmail.com; gbmunize@ufpr.br; <sup>(2)</sup> EMBRAPA Florestas, Colombo (PR), Brasil. washington.magalhaes@embrapa.br

**Projeto Componente: PC4 Plano de Ação: PA2**

---

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi obter nanofilmes de celulose a partir da madeira de *Pinus* sp. por meio de um processo mecânico de moagem. Foi utilizada polpa Kraft branqueada obtida da madeira de *Pinus* sp. A solução celulósica foi submetida a cinco passagens pelo moinho e suas propriedades comparadas posteriormente com a testemunha. Os resultados mostram que o tratamento de moagem provoca nanofibrilação, mas também promove a redução do grau de cristalinidade da celulose. As propriedades mecânicas de resistência dos filmes celulósicos são aumentadas acentuadamente com a presença de micro e nanofibras.

**Palavras-chave:** Nanofibras, Celulose, Moinho, Cristalinidade, Arrebatamento

---

### Introdução

---

A nanotecnologia, ciência que se utiliza da matéria em nível atômico e molecular para a construção de novos produtos, tem despertado a atenção de pesquisadores das mais diversas áreas no mundo devido ao seu enorme potencial ainda não totalmente explorado e a grande possibilidade de aplicações nos mais variados setores.

Com a busca crescente por tecnologias e produtos que promovam menor impacto ambiental, o uso de nano partículas a partir de matérias-primas renováveis e biodegradáveis destaca-se por oferecer além dos benefícios ecológicos e ambientais, produtos com excelentes propriedades mecânicas e vantagens econômicas (EICHHORN et al., 2010).

Dentre estas tecnologias e materiais naturais a celulose tem recebido muita atenção devido as suas características que potencializam este polissacarídeo como excelente matéria-prima a ser explorada. A celulose apresenta-se como um material renovável e biodegradável, de baixo custo, mostrando ainda excelentes propriedades físico-mecânicas.

A alta porcentagem de celulose na madeira, que em termos de massa é o componente mais importante da parede celular ocupando em torno de 45%, sua disponibilidade e abundância na

natureza, incentivam a realização de pesquisas para obtenção de nanofibras a partir deste recurso inesgotável.

O objetivo deste trabalho foi obter filmes de nanofibras de celulose a partir da madeira de *Pinus* sp. por meio de um processo de moagem.

### Materiais e métodos

---

Neste estudo foi utilizada polpa Kraft branqueada obtida da madeira de *Pinus* sp. O processo de deslignificação foi adaptado de Wise et al. (1946). A polpa Kraft formando uma solução juntamente com água destilada na concentração de 1% base massa seca (IWAMOTO et al., 2008), seguiu para o processo mecânico de desfibrilação no moinho Super Masscolloider Masuko Sangyo. A solução foi submetida a cinco passagens pelo moinho e suas propriedades comparadas, posteriormente, com a testemunha, que não recebeu o tratamento mecânico de passagem pelo moinho.

A visualização das estruturas e dimensões das nanofibras de celulose foi realizada usando a Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET).

Para produção dos nanofilmes celulósicos foi estabelecida uma gramatura desejada de 60 g/m<sup>2</sup>. Filmes foram produzidos por meio da deposição da solução nanocelulósica sobre o conjunto papel

filtro sob uma tela de nylon para serem filtrados a vácuo. Após serem filtrados foram levados para secagem sob temperatura de 70°C e pressão. Os nanofilmes foram previamente acondicionados em sala climatizada com temperatura de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 2\%$  para posterior confecção dos corpos-de-prova e realização dos ensaios mecânicos de resistência à tração e ao arrebentamento e determinação do índice de cristalinidade.

## Resultados e discussão

A Fig. 1 apresenta imagem obtida por Microscopia Eletrônica de Transmissão, referentes às nanofibras de celulose.

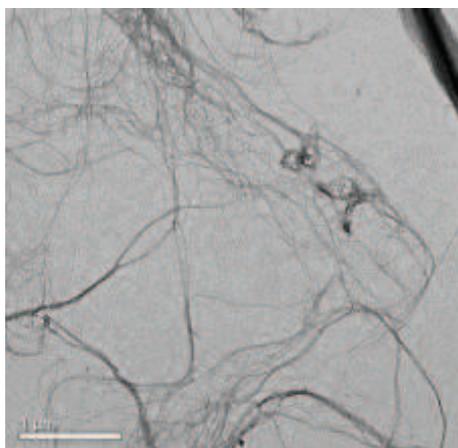


Fig. 1 – Nanofibras de celulose: aumento de 30000 vezes

O processo mecânico de moagem no moinho resultou na desfibrilação da parede celular das fibras (traqueóides) produzindo micro e nanofibras, como é possível perceber na Fig. 1 observando o diâmetro das mesmas. Nanopartículas são elementos que apresentam pelo menos uma de suas dimensões menores que 100 nm (STELTE; SANADI, 2009).

O diâmetro dos traqueóides para madeira de *Pinus* de diferentes espécies é em média de 40µm. Nota-se que ocorreu uma diminuição considerável, na largura das paredes dos traqueóides antes e após o processo de moagem, quando considerada como nanofibras. A largura das fibras diminuiu de dezenas de micrômetros para dezenas de nanômetros.

Abe et al. (2007) trabalhando com *Pinus radiata* e utilizando o tratamento de moagem a partir de amostras de madeira não secas e após a remoção de lignina e hemiceluloses, obteve nanofibras de celulose com uma largura de cerca de 15 nm.

A Tab. 1 apresenta os valores médios dos índices de tração e arrebentamento calculados para os filmes produzidos após cinco passagens pelo moinho (T5) e para as testemunhas, que não receberam o tratamento mecânico (T0).

Tab. 1 – Valores médios dos Índices de Tração e Arrebentamento

Tratamento		IT (N.m/g)	IA (KPam /g)
T0	Méd		
	ia	26,24	0,85
	CV (%)	3,14	7,41
T5	Méd		
	ia	75,38	8,59
	CV (%)	5,40	7,84

Onde: T0 = testemunha; T5 = tratamento com cinco passagens pelo moinho; IT = Índice de Tração; IA = Índice de Arrebentamento; CV = coeficiente de variação.

Na Tab. 1 observa que os valores de resistência à tração e ao arrebentamento dos filmes aumentaram quando comparados as folhas produzidas com fibras que não sofrerão processo mecânico de moagem.

A razão pelo qual as propriedades de resistência dos filmes obtidos a partir de nanofibras de celulose serem mais elevadas que as do papel constituído de fibras que não sofreram processo mecânico, pode ser explicada pela ação mecânica de cisalhamento das fibras ocasionada pelas passagens pelo moinho. Este tratamento promove a exposição das superfícies anteriormente situadas no interior das fibras (as micro e nanofibras), ocasionando desta forma um aumento da superfície externa e poucos cortes no sentido transversal das nanofibras. Este processo possibilita uma maior e melhor ligação entre as fibras, conferindo aumento da flexibilidade e, conseqüentemente, das propriedades de resistência dos filmes (PHILIPP; ALMEIDA, 1988). Além disso, devido à maior área superficial das micro e nanofibras, mais forte serão as ligações de hidrogênio, aumentando assim a resistência à ruptura quando o filme é seco.

Os valores dos índices de cristalinidade médios encontrados foram de 81,84 e 74,19% para a testemunha (T00) e para o tratamento T05, respectivamente. Tais valores mostram que o índice de cristalinidade da celulose nos nanofilmes diminuiu com as passagens no

moinho, indicando que a estrutura cristalina foi ligeiramente degradada.

---

### Conclusões

---

Nanofibras de celulose podem ser obtidas por processo mecânico de moagem por meio moinho Super Masscolloider Masuko Sangyo;

O tratamento de moagem provoca nanofibrilação, mas também promove a redução do grau de cristalinidade da celulose;

A presença de micro e nanofibras celulósicas promovem um aumento acentuado nas propriedades de resistência de filmes.

---

### Agradecimentos

---

Os autores agradecem ao CNPq, Finep, Capes e Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa.

---

### Referências

---

ABE, K.; IWAMOTO, S.; YANO, H. Obtaining Cellulose Nanofibers with a Uniform Width of 15 nm from Wood, *Biomacromolecules*, v. 8, p. 3276-3278, 2007.

EICHHORN, S.J.; DUFRESNE, A.; ARANGUREN, M.; MARCOVICH, N.E.; CAPADONA, J.R.; ROWAN, S.J.; WEDER, C.; THIELEMANS, W.; ROMAN, M.; S. RENNECKAR; GINDL W.; VEIGEL S.; KECKES, J.; YANO, H.; ABE, K.; NOGI, M.; NAKAGAITO, A.N.; MANGALAM, A.; SIMONSEN, J.; BENIGHT, A.S.; BISMARCK, A.; BERGLUND, L.A.; PEIJS, T. Review: current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites. *Journal of Materials Science*, Toronto, v. 45 n. 1, p. 1-33, 2010.

IWAMOTO, S.; KENTARO, A.; YANO, H. The Effect of Hemicelluloses on Wood Pulp Nanofibrillation and Nanofiber Network Characteristics. *Biomacromolecules*, Uji, v. 9, p. 1022–1026, 2008.

PHILIPP, P.; ALMEIDA, M.L.O. d'. *Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica*. 2.ed. São Paulo: IPT964p., 1988.

STELTE, W.; SANADI, A.R. Preparation and Characterization of Cellulose Nanofibers from Two Commercial Hardwood and Softwood Pulp.

Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 48, p. 11211–11219, 2009.

WISE, L. E.; MURPHY, M.; D'ADDIECO, A.A. Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and on studies on the hemicelluloses. *Paper Trade Journal*, v. 122, p. 35-43, 1946.