

## Projeto de Pesquisa

# Produção de nanoestruturas a partir do bagaço de cana de açúcar

Pesquisadora Responsável: Dra. Juliana da Silva Bernardes

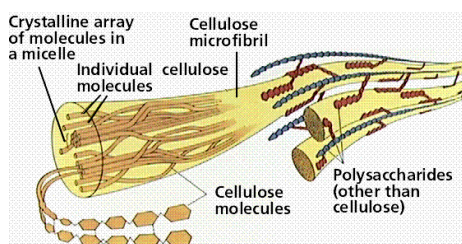
Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), CNPEM

### Introdução

Vem aumentando progressivamente a demanda mundial por produtos preparados sob um enfoque sustentável, que utilizam materiais de partida e tecnologias de transformação que reduzam o impacto ambiental, minimizam ou eliminam a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente.<sup>1</sup> O uso de biomassas vegetais é uma das alternativas mais promissoras, pois a parede celular representa uma das fontes mais abundantes de energia e de matérias-primas renováveis do planeta. O seu aproveitamento potencializará a produção mundial de produtos químicos, de biocombustíveis e de outros biomateriais.<sup>2-4</sup>

Os principais componentes da biomassa vegetal são celulose, hemicelulose e lignina. A obtenção de celulose a partir dessa matéria-prima envolve técnicas de pré-tratamento e deslignificação, sem a destruição das fibras. Nesses procedimentos, a lignina e a hemicelulose são removidas seletivamente por processos químicos, físicos e/ou biológicos já bem estabelecidos e usualmente conhecidos como polpação.<sup>5-6</sup>

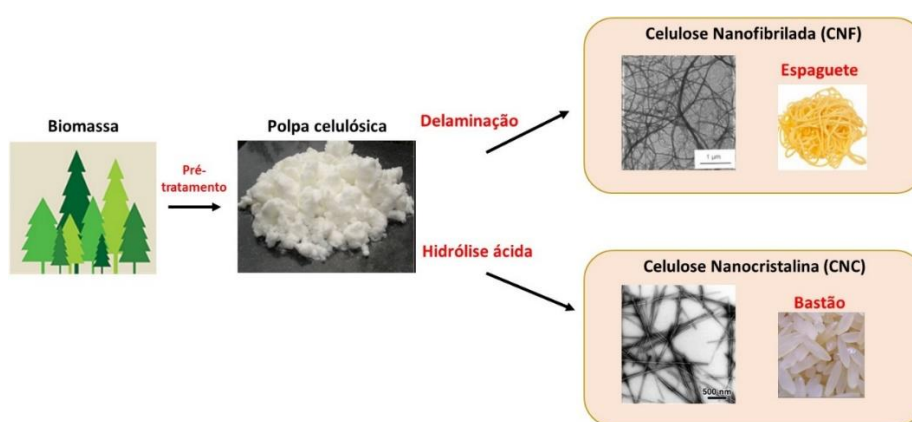
A celulose é o polímero mais abundante da Terra com produção anual estimada em  $1,5 \times 10^{12}$  toneladas. Sua unidade repetitiva é constituída por duas moléculas de glicose esterificadas por ligações  $\beta$  1,4-glicosídicas. Cada unidade possui seis grupos hidroxilas que apresentam disposição espacial favorável para o estabelecimento de ligações de hidrogênio intra e intermoleculares, gerando assim agregados altamente empacotados com largura na faixa de 2 a 20 nanômetros.<sup>7</sup> A Figura 1 mostra uma representação esquemática da organização hierárquica da celulose na parede celular.



**Figura 1.** Esquema da estrutura hierárquica da celulose em paredes celulares de plantas.<sup>8</sup>

Por ser biodegradável, biocompatível e renovável, a celulose é uma matéria-prima promissora para a produção de materiais e o seu uso vai desde a indústria de papel e tintas até a produção de biocombustíveis, incluindo também aplicações em segmentos de alta tecnologia, como o farmacológico e o de saúde animal e humana. Ela pode ser processada e usada em sua forma estrutural padrão ou em morfologias menos convencionais como por exemplo, filmes, membranas e esponjas, produzidas pela regeneração da celulose solubilizada em diferentes meios.<sup>9</sup>

Nos dias de hoje tem sido colocado um grande esforço no estudo do isolamento e do uso de nanopartículas de celulose provenientes de diferentes biomassas, como madeira, algodão e resíduos agrícolas. Dependendo do método utilizado na remoção da nanopartícula, pode-se obter celulose micro e nanofibrilada (MFC, CNF) ou celulose nanocristalina (CNC).<sup>10</sup>



**Figura 2.** Imagem de microscopia eletrônica de celulose nanocristalina e celulose nanofibrilada.

A MFC e CNF são usualmente isoladas a partir da desintegração mecânica das fibras, apresentado largura nanométrica (MFC: 10-100 nm; CNF: 4-20 nm) e extensão da ordem de microns (MFC: 0.5-10's µm; CNF: 0.5- 2µm), analogamente à um espaguete, veja Figura 2 (superior). Por outro lado, a celulose nanocristalina, obtida através de hidrólise ácida,<sup>11,12</sup> possui largura e extensão nanométricas (L: 4-20 nm, E: 50-500 nm), com o formato similar ao de um grão de arroz, como mostrado na imagem de microscopia eletrônica de transmissão apresentada na Figura 2 (inferior).<sup>13</sup> A CNC é também conhecida na literatura científica como nanowhisker.

Em um trabalho recente verificamos que ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas precisam ser desfeitas para que ocorra a desagregação de microfibras de celulose em nanopartículas.<sup>14</sup> No entanto, a maioria dos estudos de produção de nanoceluloses são focados apenas na quebra das ligações de hidrogênio. Neste projeto pretendemos avaliar o efeito do uso moléculas que desestabilizam a interações hidrofóbicas na produção de nanopartículas de celulose extraídas de bagaço de cana-de-açúcar.

## Materiais e métodos

Neste projeto serão utilizadas CNFs produzidas em laboratório a partir de bagaço de cana-de-açúcar. As amostras de bagaço deverão ser moídas em moinho de facas e secas ao ar. Após esta etapa, métodos físicos de separação, como peneiração e decantação, serão utilizados para remover eventuais contaminações da matéria-prima por partículas de solo. Antes da obtenção das CNFs, as fibras lignocelulósicas serão pré-tratadas para remoção parcial de lignina e hemicelulose. Após o pré-tratamento, moléculas que desestabilizam interações hidrofóbicas (surfactantes, ureia) serão adicionadas à suspensão de fibras e após alguns dias a mistura será processada em um microfluidizador de alta pressão. A viscosidade e a transmitância das dispersões de micro-nanofibras serão analisadas para avaliar a desagregação das fibras. A morfologia das partículas será observada por diferentes técnicas microscópicas, por exemplo: microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e microscopia de força atômica.

As características químicas das CNFs serão avaliadas por espectroscopia no infravermelho (FTIR) e espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS).

## Referências

- 12 Principles of Green Chemistry - American Chemical Society. at <<http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>>
- Ragauskas, A. J. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. *Science* **311**, 484–489 (2006).
- Navarro, R. M., Peña, M. A. & Fierro, J. L. G. Hydrogen Production Reactions from Carbon Feedstocks: Fossil Fuels and Biomass. *Chem. Rev.* **107**, 3952–3991 (2007).
- Marshall, A.-L. & Alaimo, P. J. Useful Products from Complex Starting Materials: Common Chemicals from Biomass Feedstocks. *Chem. - Eur. J.* **16**, 4970–4980 (2010).
- Wyman, C. E. *et al.* Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies. *Bioresour. Technol.* **96**, 1959–1966 (2005).
- Mosier, N. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresour. Technol.* **96**, 673–686 (2005).
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U. & Wagenknecht, W. in *Comprehensive Cellulose Chemistry* 9–29 (Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1998). at <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/3527601929.ch2a/summary>>
- CHEMISTRY II: WATER AND ORGANIC MOLECULES. at <<http://ridge.icu.ac.jp/biobk/BioBookCHEM2.html>>
- Tim Liebert. in *Cellulose Solvents: For Analysis, Shaping and Chemical Modification* **1033**, 3–54 (American Chemical Society, 2010).
- Klemm, D. *et al.* Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials. *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**, 5438–5466 (2011).
- Brandt, K. & Schuster, R. H. P. D. Short fibers production with dimensions at nanoscale, involves finishing natural partially crystalline polysaccharide in aqueous solution, where aqueous solution of polysaccharides is conducted through flow reactor with high speed. (2009). at <<http://www.google.com.ar/patents/DE102007033098A1>>
- Method for preparing nanocrystal cellulose by means of acid hydrolysis. at <<http://www.google.com/patents/CN1341663A>>
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J. & Youngblood, J. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chem. Soc. Rev.* **40**, 3941 (2011).
- Silvestre, G. H.; Pinto, L. O.; Bernardes, J. S.; Miwa, R. H.; Fazzio, A. Disassembly of TEMPO-Oxidized Cellulose Fibers: Intersheet and Interchain Interactions in the Isolation of Nanofibers and Unitary Chains. *J. Phys. Chem. B* **2021**, *125* (14), 3717–3724.