

OBTENÇÃO DA NANOCELULOSE A PARTIR DA *PHORMIUM TENAX*

Laura Mecca de Menezes¹; Leandro Lemos Silveira²; Alice Gonçalves Osorio³

¹Universidade Federal de Pelotas – laurameccameccamenezes@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – leandrolemos.silveira@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço da ciência de materiais tem voltado para o desenvolvimento de processos mais sustentáveis, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e atender à crescente demanda por tecnologias ambientalmente responsáveis. Nesse contexto, os biopolímeros têm recebido destaque, sobretudo a celulose, considerada o biopolímero mais abundante da biosfera e amplamente explorada como matéria prima renovável para novos materiais por meio do uso de biopolímeros na produção de novos materiais (ANTUNES et al., 2024).

A celulose, que se encontra presente na parede celular de plantas, bactérias e alguns organismos marinhos, destaca-se por sua biodegradabilidade, elevada resistência à tração, rigidez, leveza e versatilidade. Além de suas propriedades essenciais, os múltiplos grupos funcionais presentes em sua estrutura favorecem modificações químicas, o que amplia significativamente suas possibilidades de aplicação em polímeros especiais e derivados de base biológica (DUFRESNE, 2013; PANIZ, 2021).

O avanço das pesquisas permitiu a obtenção de materiais em micro e nanoescala, como a celulose microfibrilada (CMF), a celulose nanofibrilada (CNF) e os nanocristais de celulose (CNC).

Entre eles, a CNF tem despertado grande interesse devido à elevada razão de aspecto, excelente estabilidade mecânica e química, transparência e capacidade de formar redes altamente resistentes. Essas características possibilitam sua aplicação em áreas diversas, incluindo embalagens biodegradáveis e ativas, nanocompósitos poliméricos, membranas para filtração, materiais de barreira para a indústria de alimentos, substratos flexíveis para dispositivos eletrônicos, agentes de reforço em cimento e concreto, além de usos biomédicos, como curativos, sistemas de liberação controlada de fármacos e engenharia de tecidos (ISLAM et al., 2014; CUNHA, 2023).

Tradicionalmente, a produção industrial de celulose utiliza-se de matérias primas como madeira e algodão. Embora abundantes, esses cultivos demandam grandes áreas agrícolas, alto consumo de água e processos industriais intensivos, o que eleva os impactos ambientais associados à sua exploração (PANIZ, 2021; SILVA, 2023). Nesse cenário, a busca por fontes alternativas e sustentáveis de celulose tornou-se estratégica.

Como uma fonte alternativa e sustentável de celulose, surge a *Phormium tenax*, popularmente conhecido como linho neozelandês ou harakeke. Suas fibras, tradicionalmente utilizadas na confecção de tecidos, cordas e artesanatos, apresentam elevado comprimento, boa resistência mecânica e estabilidade térmica, características que favorecem sua utilização como matéria-prima na produção de celulose e, especialmente, de nanocelulose (WEHI; CLARKSON,

2007; DI GIORGIO et al., 2020). Além disso, por ser uma planta de rápido crescimento e grande adaptabilidade climática, o *Phormium tenax* pode representar uma alternativa sustentável frente às fontes convencionais, diversificando as rotas de obtenção de nanocelulose e reduzindo o impacto ambiental associado ao setor. Atualmente, boa parte da celulose industrial vem de fontes como madeira (pinus, eucalipto) ou algodão, cultivos esses que demandam de grande área produtiva e manutenção, o linho se mostra uma alternativa viável, pois sua extração apresenta menor impacto ambiental, de modo a diversificar as fontes de celulose.

Dessa forma, a obtenção de nanocelulose a partir do *Phormium tenax* representa não apenas uma inovação tecnológica, mas também uma oportunidade de alinhar desenvolvimento científico e sustentabilidade, contribuindo para a criação de materiais avançados com menor impacto ambiental e alto valor agregado.

2. METODOLOGIA

Para esse trabalho, a metodologia foi dividida em duas etapas, a primeira delas sendo a extração da celulose a partir da *Phormium tenax*, e a segunda foi a obtenção do material nanocelulósico a partir da polpa já extraída.

Quanto a extração da polpa celulósica, foi usada a seguinte metodologia, proposta por Paniz (2020), com algumas adaptações, para cada 1 g de fibra de linho foi usada 100 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) numa proporção de 5%, logo, para uma solução de 200 mL serão usados 2 g de *Phormium tenax*. Essa solução foi aquecida a 80 °C por duas horas sob agitação constante. Após essa etapa, a polpa obtida foi lavada até a neutralização do pH. Quando neutra, a etapa seguinte foi o branqueamento da polpa celulósica, usando uma solução de clorito de sódio (NaClO₂) 0,1M com pH 4, o pH foi ajustado com ácido acético (C₂H₄O₂).

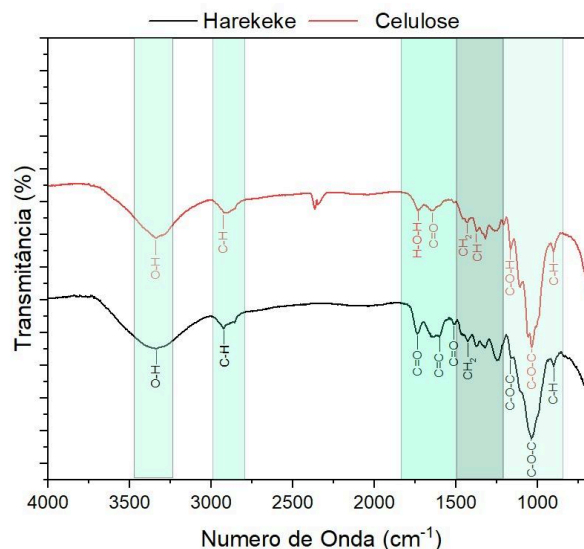
Para as nanofibras foram preparadas a partir da celulose extraída da *Phormium tenax*, utilizando uma hidrólise ácida conforme indica o método de Antunez, et al., (2024), com algumas modificações. Primeiramente, 1 g de celulose foi dissolvida em 100 ml de ácido sulfúrico em solução de 40% (v/v) que foi aquecido a 60 °C e mantido sob agitação constante. A etapa seguinte foi a neutralização do material celulósico utilizando uma solução de 10% (p/v) de hidróxido de sódio e depois centrifugando. Depois, as fibras nanocelulósicas foram congeladas para uso posterior.

No que diz respeito aos testes realizados para o material gerado, as fibras de *P. tenax* foram caracterizadas por meio de análise termogravimétrica (TGA). A celulose, por sua vez, foi avaliada quanto à decomposição térmica por TGA e analisada quimicamente por espectroscopia de FTIR. As nanofibras de celulose (NFCs) foram posteriormente caracterizadas por microscopia eletrônica de transmissão (MET).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados, para a análise termogravimétrica (TGA) o linho indicou uma perda de massa inicial até 100 °C, possivelmente, essa perda é devido a evaporação da água. Com cerca de 250 °C, a perda se mostrou mais expressiva, alcançando de 70 - 80% até 350 °C, nessa faixa, a decomposição se mostrou mais evidente. Para resultados acima dessa temperatura, a degradação prosseguiu, mas em menor intensidade, até 500 °C. Como é possível observar na figura abaixo.

Figura 1 - TGA do linho neozelandês e da celulose



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Já, para a caracterização da curva derivada (DTG), o linho apresentou um pico em torno de 350 °C, que correspondeu à maior taxa de decomposição do linho. A celulose exibiu um comportamento similar, uma vez que possuiu uma perda de massa significativa entre 300 °C e 380 °C, relacionada à sua degradação térmica, enquanto o DTG indicou um pico próximo a 350 °C, característico da despolimerização e da decomposição dos grupos funcionais da celulose.

A partir da avaliação do espectro de FTIR, foi possível constatar que as fibras de linho e da celulose, exibem uma banda em 3340 cm⁻¹, possivelmente associada às vibrações O–H da celulose, lignina e hemicelulose, além de um pico em 2925 cm⁻¹ correspondente às ligações C–H. No linho, as bandas em 1740 cm⁻¹ e 1510 cm⁻¹ indicam a presença de grupos carboxílicos, acetil e compostos aromáticos da lignina, enquanto o pico em 896 cm⁻¹ confirma a presença de celulose. Após os devidos tratamentos, a amostra de celulose apresentou redução da intensidade em 1245 cm⁻¹, evidenciando a remoção da hemicelulose e da lignina presente.

Quanto à análise da celulose nanofibrilada no MET, pôde-se verificar uma média de 94 nm de diâmetro nas fibras com um comprimento aproximado de 3,4 µm, fato esse que confirma a eficiência do processo de extração.

4. CONCLUSÕES

Após a realização das devidas caracterizações, constatou-se então, que a obtenção de nanocelulose a partir do *Phormium tenax* mostrou-se uma alternativa promissora frente às fontes convencionais de celulose, como madeira e algodão. O processo permitiu não apenas a extração eficiente da celulose, mas também a obtenção de nanofibras com dimensões adequadas e propriedades que favorecem aplicações tecnológicas.

Dessa maneira, o trabalho reforça o potencial do linho neozelandês como fonte sustentável de biomassa, contribuindo para a diversificação das matérias primas utilizadas na produção de nanocelulose e abrindo perspectivas para o desenvolvimento de materiais de alto valor agregado com menor impacto ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, B. da F. et al. Cellulose, cellulose nanofibers, and cellulose acetate from *Butia* fruits (*Butia odorata*): Chemical, morphological, structural, and thermal properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, [s. l.], v. 281, p. 136-151, 2024.

CUNHA, Claudia Muniz. Extração e Caracterização da Nanocelulose de Fibras Mistas de Juta (*Corchorus capsularis* L.) e Malva (*Urena lobata* L.). 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

DUFRESNE, Alain. Nanocellulose: a new, ageless bionanomaterial. *Materials Today*, v. 16, n. 6, p. 220-227, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.06.004>.

ISLAM, Mohammad Tajul; ALAM, Mohammad Mahbubul; PATRUCCO, Alessia; MONTARSOLO, Alessio; ZOCCOLA, Marina. Preparation of nanocellulose: a review. *AATCC Journal of Research*, v. 1, n. 5, p. 17-23, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.14504/ajr.1.5.3>.

PANIZ, O. G. et al. Cellulosic material obtained from Antarctic algae biomass. *Cellulose*, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 113-126, 2020.

SILVA, Pedro Henrique do Nascimento; SOUZA, Maria Vitória Ferreira de; FURTADO, Monique Elizabeth Silva de Aguiar; SILVA, Raimunda Adlany Dias da; ARAUJO, Aruzza Mabel de Moraes; GONDIM, Amanda Duarte. Pré-tratamento de biomassa lignocelulósica: revisão. *Anais do II Congresso da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Sustentáveis de Aviação*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/230914432>.

WEHI, Priscilla M.; CLARKSON, Bruce D. Biological flora of New Zealand 10. *Phormium tenax*, harakeke, New Zealand flax. *New Zealand Journal of Botany*, v. 45, n. 4, p. 521-544, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00288250709509737>.