

---

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE NANOCOMPÓSITOS DE TORTA DE MAMONA E GLICEROL REFORÇADOS COM NANOCELULOSE

---

Marina Mieko Nishidate Kumode<sup>1</sup>; Washington Luis Esteves Magalhães<sup>2</sup>; Kestur G. Satyanarayana<sup>3</sup>, Elaine Cristina Lengowski<sup>4</sup>

Universidade Federal do Paraná (mnishidate@gmail.com); Embrapa Florestas (washington.magalhaes@embrapa.br); <sup>3</sup>BMS College of Engineering, Bangalore (India); <sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná elainelengowski@yahoo.com.br

Projeto Componente: PC4 Plano de Ação: PA2

---

### Resumo

A busca de novos materiais é ocasionada por fatores como necessidade e sustentabilidade. O crescente interesse por novos materiais que utilizam resíduos industriais sem perder a qualidade e desempenho vem estimulando novos estudos com materiais compósitos. Este trabalho teve como objetivo a produção de compósitos de torta de mamona plasticizado com glicerol PA e incorporação de nano fibrilas de celulose como reforço na matriz. Os resultados mostraram que a incorporação da nano celulose resultou no aumento do módulo de flexão estática, no inchamento e absorção de água quando comparada ao compósito testemunha, já a densidade aparente não foi alterada em função dessa adição.

**Palavras-chave:** Nanocompósito; nano fibrila de celulose; torta de mamona.

---

### Introdução

---

O Brasil possui uma grande produção de recursos renováveis, como produtos agrícolas e florestais. A atual demanda pela produção de tecnologias mais sustentáveis vem estimulando a pesquisa na produção de compósitos utilizando resíduos lignocelulósicos (JAWAID et al., 2011).

A utilização de fibras vegetais como reforço de matrizes poliméricas vem apresentando bons resultados, pois alia baixo custo a baixa densidade além da biodegradabilidade e reciclagem desses materiais quando comparados a fibras sintéticas (MONTEIRO et al., 2007).

Nanocompósitos poliméricos são compósitos reforçados com a adição de estruturas nanométricas a uma matriz, geralmente propiciando um grande aumento nas propriedades térmicas, mecânicas e de permeância (MARINI et al., 2009; SAMIR et al., 2005).

As nanofibras de celulose, por apresentarem um módulo elástico de 137 GPa (SAMIR et al., 2005; MEDEIROS et al., 2008), apresentam uma forte alternativa para o aumento das propriedades na produção de nanocompósitos.

Há diversas formas de produção de nanocelulose, dentre elas a hidrólise ácida controlada,

microfluidização, microfibrilamento, moagem em moinho de bolas entre outros, onde cada um desses processos apresenta suas peculiaridades, produzindo microfibrilas com diâmetro na faixa de 1-10nm (SPENCE et al., 2011).

Nesse contexto, esse trabalho busca avaliar o efeito da adição da nanocelulose produzida através de microfibrilamento em madeira de balsa nas propriedades mecânicas e físicas em compósitos produzidos com torta de mamona plasticizada com glicerol.

### Materiais e métodos

---

Os materiais empregados neste trabalho foram a torta de mamona doada por AZEVEDO Indústria e Comércio de Óleos Ltda, sediada em Itupeva-SP, utilizados sem nenhum tratamento prévio e glicerina PA do fabricante F Maia Indústria e Comércio Ltda obtida no mercado de Curitiba. A produção das nanoceluloses se deu através do microfibrilamento após branqueamento de cavacos de balsa, em Microprocessador Super MASSCOLLOIDER MASUKO SANGYO, no Laboratório Polpa e Celulose da UFPR. A consistência dos cavacos para passagem no moinho foi de 3,16% com 30 passes e com uma

rotação de 1500 rpm nos discos do moinho. Os cavacos passaram por etapa preliminar antes do microfibrilamento, que consistiu em um branqueamento com clorito de sódio e ácido acético P.A.

Para produção dos compósitos foram utilizadas as partículas que ficaram retidas na peneira de 60 mesh, onde as proporções de massa foram determinadas em função da quantidade necessária para preencher o molde produzido de acordo com a norma D 790-10 para ensaio de flexão. Assim as proporções das composições variaram entre 80% a 88% para a torta de mamona e, entre 10% para o glicerol e de 2%, 5% e 10% do teor de nanocelulose. Todos os percentuais em relação à massa total do compósito. O processo de homogeneização foi manual sendo este misturado dentro de um almofariz cerâmico e, em seguida passadas várias vezes em peneiras.

Os compósitos foram prensados em prensa hidráulica marca MARCONI modelo MA 098/A, com sistema de aquecimento controlado onde a temperatura foi fixada em 150°C e 8 toneladas de carga durante 20 minutos. Antes da retirada do molde da prensa sobre compressão, este permaneceu para resfriamento até que a temperatura de 50°C fosse atingida, e em seguida efetuada a desmoldagem. Os corpos de prova seguiram para climatização em uma câmara com controle de temperatura  $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $65\% \pm 5\%$  de UR) com umidade de equilíbrio próxima a 12% e posteriormente as caracterizações.

A resistência a flexão estática dos compósitos foi realizada segundo a norma ASTM D 790-10, com uma máquina de ensaio Universal da marca EMIC modelo DL 2000, e uma célula de carga de 200 Kgf c, e distância entre apoios de 80mm. Foram ensaiados 5 corpos de prova por tratamento.

Para avaliar a capacidade de absorção de umidade das amostras dos compósitos os testes foram realizados de acordo com a norma ASTM D 570-95.

## Resultados e discussão

A incorporação da nanocelulose na confecção dos compósitos de torta de mamona com glicerol proporcionaram um incremento no módulo de elasticidade a partir de 5% de nanocelulose na composição (Tab.1). Esse aumento foi de 4% para 5% de nanocelulose e de 30% com 10 % de

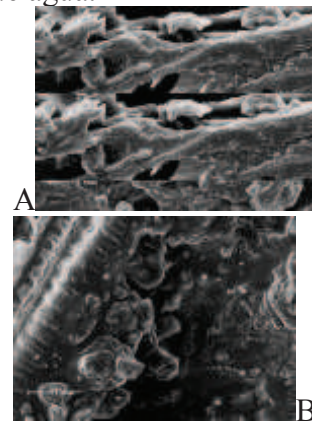
nanocelulose em relação ao compósito somente com glicerol. Houve uma queda nessa propriedade para composição com 2% de nanocelulose. A razão da queda pode ter ocorrido em razão da deficiência na homogeneização dos materiais. A densidade aparente não apresentou alteração significativa em relação ao percentual de nanocelulose adicionado (Tab.1), já que a quantidade e o tamanho das partículas não exercem influencia direta sobre essa propriedade. Quanto ao inchamento e absorção de água em 24 horas, as amostras com nanocelulose obtiveram um aumento da absorção de água (Tab.1), esse fato é justificável devido à celulose ser hidrofílica.

Maiores percentuais de nanocelulose na composição ocasionaram uma maior absorção de água pelas amostras analisadas.

Tab 1- Propriedades físico-mecânicas dos compósitos produzidos.

Amostra	Mod.Flexão (MPa)	DA ( $\text{gcm}^{-3}$ )	IN 24hs (%)	AA 24hs (%)
10% GL	1253.60	1.26	16.35	22.75
10% GL				
2% NC	1045.00	1.29	21.39	28.05
10% GL				
5% NC	1305.00	1.24	23.94	32.87
10% GL				
10% NC	1633.80	1.21	25.26	31.72

Notas: GL= glicerol; NC= nanocelulose; Mod. flexão= módulo de flexão estática; DA = densidade aparente; IN= inchamento ; AA= absorção de água.



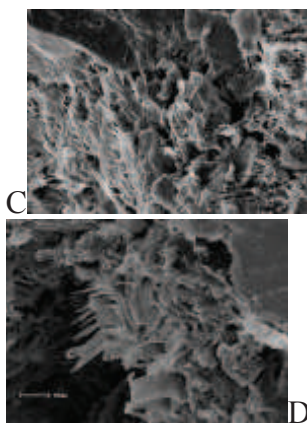


Fig. 1. Micrografia da fratura de compósitos A- sem adição e com adição de B- 2%, C- 5% e D- 10% de nanofibrilas. Aumento de 1k X.

As micrografias da Fig. 1 mostram a presença de nanofibrilas de celulose aglomeradas entre as partículas de torta de mamona, principalmente a partir da concentração de 5%. A presença da celulose entre grãos causou o aumento da resistência mecânica nos compósitos. Se as nanofibrilas forem distribuídas mais uniformemente a resistência mecânica deverá ser superior ao encontrado.

A adição de nanocelulose normalmente propicia um maior aumento nas propriedades, no entanto cabe definir as melhores formas de adição e homogeneização para cada tipo de material a ser incorporado.

---

## Conclusões

---

A adição de nanocelulose proporcionou um aumento do módulo de elasticidade na flexão estática, da absorção de água, assim como o inchamento dos nanocompositos. Essas propriedades variaram proporcionalmente ao aumento do percentual de nanocelulose adicionada ao compósito. A densidade aparente não variou significativamente com a adição da nanocelulose nos nanocompósitos.

---

## Agradecimentos

---

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

---

## Referências

---

ASTM Standard D790, "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, 2003.

ASTM D 1622. Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics, 1993.

ASTM D570-98 Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, 2010.

JAWAID, M.; ABDUL KHALIL, H. P. S. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review. *Carbohydrate Polymers*, v.86, n.1 p.1-18, 2011.

MARINI, J; BRANCIFORTI, M.C.; LOTTI, C. Effect of matrix viscosity on the extent of exfoliation in EVA/organoclay nanocomposites. *Polimer from Advanced Technologies*, v.21, n.6, p. 408-417, 2009.

MEDEIROS, E.S.; MATTOSO, L.H.C. ITO, E. N. GREGORSKI, K.S. ROBERTSON, G.H. OFFEMAN, R.D.; WOOD, D.F.; ORTS, W. J.; IMAM, S.H. Electrospun nanofibers of poly(vinyl alcohol) reinforced with cellulose nanofibrils. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, v.2 p. 1-12, 2008.

MONTEIRO, S.N.; AQUINO, R. C. M. PLOPES, F. P.D. Performance of curaua fibers in pullout tests. *Journal of Materials Science*, v. 43, p. 489-5003, 2007.

SAMIR, M. A.S.A.; ALLOIN, F.; DEFRESNE, A. Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*, v. 6 n.2, p. 612-626, 2005.

SPENCE, K.L.. Processing and Properties of Microfibrillated Cellulose. 269p. Dissertação (PhD Forest Biomaterials) – North Carolina State University. 2011