

III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO *TOP-DOWN* NA PRODUÇÃO DE NANOFIBRILAS DE CELULOSE

Resumo: O presente estudo tem por objetivo produzir nanofibrilas de celulose vegetal com polpa *kraft* marrom por meio de pré-tratamento enzimático e posteriormente mecânico, com o intuito de redução no consumo energético. Para isso, as amostras de polpas de celulose foram previamente desestruturadas através da saturação em água e desmembradas em um desfibrador mecânico. Após, armazenadas sob refrigeração a 5°C. Para o pré-tratamento enzimático utilizou-se a enzima comercial Cellic Ctec-2, em porcentagens que variaram de 0,01 a 0,1% por meio de hidrólise controlada com pH neutro e temperatura ambiente durante uma hora, sendo que as amostras com quantidade de 0,01% sofreram hidrólise por diferentes períodos (1 e 2 horas). Após o tempo de hidrólise, a polpa foi processada em um moinho de discos, o qual possui medidor de energia. As polpas sofreram passagens em ciclos pelo moinho, até o ponto de se transformarem em um gel viscoso. Para estacionar a ação enzimática o conteúdo foi aquecido à 85°C. Os géis foram armazenados em resfriamento de 5°C. O processo foi caracterizado pelo gasto energético medido a cada amostra com suas testemunhas, além de ser medido o rendimento de cada gel produzido. De acordo com os resultados, foi observado que o processo combinado apresentou-se viável para a produção de nanofibrilas, pois este, diminui o tempo e gasto energético do processo. A polpa marrom mesmo sem ter passado por processos de deslignificação, mostrou-se promissora na produção das nanofibrilas de celulose vegetal.

Palavras-chave: gasto energético, processo combinado, polpa *kraft*.

ENERGETIC EFFICIENCY OF *TOP-DOWN* PROCESS IN THE PRODUCTION OF CELLULOSE NANOFIBRILAS

Abstract: The present study had as objective to produce vegetable cellulose nanofibrils with brown kraft pulp by of a pre-treatment enzymatic and later a mechanical, with the purpose of decreased the energy waste. For this, cellulose pulp samples were previously destructured by water saturation and dismembered in a mechanical shredder, after were stored under refrigeration at 5°C. For the enzymatic pretreatment, it was used the commercial enzyme Cellic Ctec-2, in percentages ranging from 0,01 to 0,1% in a controlled hydrolysis with neutral pH, at ambient temperature for 1 hour, being that the 0.01% amount samples underwent a 1 and 2 hours hydrolysis. After the expected time, the pulp was passed in a disk mill, where there was an energy meter. The pulps underwent several passes through the mill to the point of turning into a viscous gel. To partition the enzymatic action the contents were heated to 85°C. The gels were stored under 5°C. The process was characterized by the energy waste measured for each sample with different treatments and with its controls, besides being measured the yield of each gel produced. According to the results, it was observed that the biotechnological process used was practicable for the nanofibrils production, because this, decreased the process energy. The brown pulp without even having gone through delignification processes showed herself promising to the the nanofibrils of plant cellulose production.

Keywords: energetic waste; Combined process; Kraft pulp.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais e processos levam em conta diversos fatores como: necessidade, sustentabilidade, impactos econômicos e impactos sobre o meio ambiente e a vida do ser humano, havendo sempre um balanço entre perdas e ganhos entre os fatores. Pesquisas recentes buscam otimizar os aspectos relacionados a produção industrial, visando menor consumo de energia e melhorias nas propriedades de materiais. Entre estas, a obtenção de nanofibrilas de celulose em processos combinados no estudo da nanociência, vem se destacando, pois visa a diminuição de energia consumida em um processo mecânico, dispensando o uso de produtos químicos.

Os termos nanotecnologia e nanociência referem-se ao estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões menores que, ou de ordem de algumas dezenas de nanômetros (Araki, 2007). A procura pelo simples benefício direto da redução no tamanho, a grande motivação para o desenvolvimento de objetos e dispositivos nanométricos consiste no fato de que novas e incomuns propriedades físicas e químicas são observadas nessa nova escala. (Tedesco *et al.* 2007).

Com o avanço da nanotecnologia, muitas áreas estão se utilizando destas oportunidades. O interesse pelo isolamento da nanocelulose através da celulose vegetal, alia as principais propriedades da fibra natural ao uso de fibras na escala nanométrica, atribuindo características de transparência, condução elétrica, alta resistência à tração, que pode ser oito vezes maior que o aço inoxidável, devido ao entrelaçamento das fibras (Yano, Nakagaito, 2004; Hubbe *et al.*, 2008)

Os processos de obtenção típicos da nanocelulose podem ser classificados em *top-down*, no qual as nanoestruturas são alcançadas por processos mecânicos, resultando em nanofibrilas, ou ainda, por meio de hidrólise ácida para produção de nanocristais de celulose (Nakagaito *et al.*, 2009). Em geral, as fontes do processo *top-down* incluem madeira, fibras naturais, polpa de celulose, plantas e resíduos florestais. Outra fonte de produção de nanofibrilas se dá através da biossíntese bacteriana, processo este, classificado como *bottom-up*, em que as nanoestruturas são organizadas pela ação de bactérias em meios de cultivo, ricos em açúcares e nutrientes, resultando em celulosas bacterianas. Estas são de elevada pureza e cristalinidade, com destaque a sua alta resistência mecânica, durabilidade e biocompatibilidade (Frone *et al.*, 2011; González *et al.*, 2014).

Os dois processos mencionados, apresentam adversidades ligadas principalmente à sua escala de produção, devido a poucas iniciativas em escala piloto, altos custos energéticos e baixa capacitação tecnológica (Spence, 2011). Existem empresas na área de produção de nanocelulose, ainda em escala piloto, no Canadá, Finlândia e EUA que apostam em estimativas para a produção de 780 toneladas no ano de 2017. Por mais que haja potencial de crescimento neste mercado, ainda há necessidade de otimizar o processo para que este se torne viável técnica e ambientalmente.

Assim, o objetivo desse estudo foi propor a utilização de um processo combinado (pré-tratamento enzimático + mecânico) de fonte de celulose vegetal, na produção de nanofibrilas de celulose, o qual visa a redução de custos energéticos e ampliação da gama de utilização deste material.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção e processamento do material

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

As amostras utilizadas para o estudo foram de polpa kraft marrom de eucalipto fornecidas pela Empresa Celulose Riograndense (CMPC), situada na cidade de Guaíba – RS (Brasil). As enzimas comerciais denominadas Cellic CTec2 foram cedidas pela empresa Novozymes.

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Propriedades Físicas e químicas da Madeira da UFPel, Pelotas RS e no laboratório da EMBRAPA Florestas, Colombo – PR (Brasil).

2.2 Preparo das amostras (polpa)

As fibras de polpas *kraft* marrom se encontravam em agregados de polpa secas. Primeiramente foram desagregadas, rasgando-as em pequenos pedaços, posteriormente, mergulhadas em água destilada em concentração de 10% de sólido durante 12 horas, e filtrado com o auxílio de uma bomba de vácuo, a fim de armazená-las secas a uma temperatura de 5°C.

Ao fim da utilização da polpa no processo combinado, as mesmas foram novamente processadas para a desintegração. Para isso, utilizou-se tratamento mecânico através de um desintegrador de polpa, onde foram tratadas em uma concentração de 3% de sólidos.

2.3 Produção de NFC (Processo Combinado)

Após as polpas processadas, as suspensões fibrosas foram colocadas em um béquer com um litro de água destilada, a fim de realizar a hidrólise enzimática, e então foram colocadas as concentrações de enzimas com os tempos estipulados (Tabela 1).

O pré-tratamento com a concentração de 0,01%, foi feito em dois tempos distintos, essa escolha foi feita, pela necessidade de avaliar se a menor quantidade de enzimas teria uma resposta melhor em um tempo maior de hidrólise.

Tabela 1. Tratamento enzimático das fibrilas de celulose oriundas de polpa marrom

Tratamentos	Concentração (%)	Tempo(h)	Temperatura(c°)
PMT*	0,00	0h	T. ambiente (24°C)
PM1	0,01	1h	T. ambiente (24°C)
PM2	0,01	2h	T. ambiente (24°C)
PM3	0,02	1h	T. ambiente (24°C)
PM4	0,05	1h	T. ambiente (24°C)
PM5	0,10	1h	T. ambiente (24°C)

Onde: * = amostras sem pré-tratamento enzimático.

Para o processo mecânico foi utilizado um Microprocessador Super MASSACOLLOIDER MASUKO SANGYO em 1.500 rpm. A polpa ficou com uma concentração de 3% de sólido. No processo mecânico a polpa foi alimentada continuamente para o moinho coloidal, onde o mesmo foi operado na moagem de contato com o intervalo de dois discos. O processo foi interrompido no momento em que as amostras de fibrilas apresentaram aspecto de um gel viscoso, onde não mais se observam fibras no gel.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Para interromper a ação enzimática, os géis foram aquecidos a uma temperatura de 85°C e posteriormente armazenados em resfriamento a 5°C.

2.4 Gasto energético

Durante o processo mecânico foi controlado o gasto energético através de um medidor de energia (Multi-k da KRON) acoplado ao moinho coloidal, onde todas as amostras foram avaliadas durante o tempo de desfibrilação. O medidor estabelecido no modo de Energia, onde a grandeza verificada foi a de consumo de energia ativa positiva, tendo o seu valor em unidade de Wh.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo energético

A Tabela 2 apresenta os dados de consumo de energia e o tempo no preparo dos géis marrom de nanofibrilas de celulose pelo processo mecânico. Diante, destes resultados pode-se observar que as amostras obtiveram uma redução quando ao consumo energético tempo de processo quando submetidas ao tratamento combinado.

Tabela 2. Consumo energético, tempo de preparo e rendimento dos géis nanofibrilares referentes ao processo mecânico.

Tratamentos	Consumo (w.h)	Tempo (h)	Rendimento (%)
PMT*	209	0,516	99.5
PM1*	163	0,400	98.5
PM2*	122	0,366	98.3
PM3*	113	0,333	95.9
PM4*	100	0,300	95.5
PM5*	69	0,233	95.4

* Temperatura ambiente (24°C).

Verifica-se que entre os tratamentos a amostra que consumiu menor energia foi a PM5 que consumiu 69 W.h comparada com sua testemunha.

Estatisticamente a polpa marrom obteve uma redução de 33% de consumo energético.

Na Figura 1 consegue-se observar que o tempo encontra-se em forma linear em relação ao consumo energético, e portanto, pode-se dizer que o moinho consome a mesma energia e que o tempo diminui conforme aumenta a porcentagem de enzimas utilizadas no pré-tratamento.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

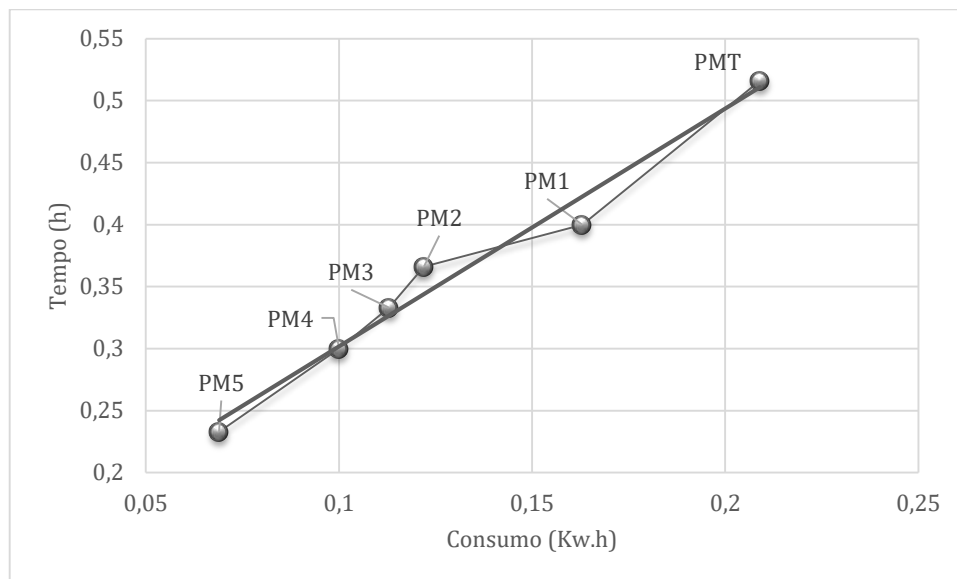


Figura 1: Consumo de energia por tempo. Onde: PMT: gel marrom testemunha; PM: gel marrom por tempo.

De acordo com Kerekes (2005), o micro moedor possui uma energia específica e intensidade muito elevada, portanto, quanto mais homogênea a amostra se apresentar, mais impacto esta sofrerá e conseqüentemente, reduzindo o consumo energético.

4. CONCLUSÕES

- A polpa *kraft* marrom torna-se promissora para a produção de géis de nanofibrilas de celulose.
- O processo combinado mostrou-se satisfatório para a redução do consumo energético.
- A eficácia do processo combinado na produção de nanofibrilas de celulose mostrou-se com o menor tempo e menor consumo energético para a amostra que obteve maior consumo de enzimas, indicando assim, que o pré-tratamento com enzimas auxilia na homogeneidade da pasta.
- Recomenda-se que para trabalhos futuros, que seja feito a avaliação econômica em relação a dinheiro. Sabendo que ocorre a diminuição do consumo energético, agora existe a necessidade de relacionar o custo das enzimas utilizadas no pré-tratamento, para assim ter uma conclusão se a combinação dos tratamentos se torna eficaz.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à EMBRAPA Florestas pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho, Assim também como as empresas CMPC e Novozymes pela colaboração e doação de amostras.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKI, K. ESTRATÉGIA SUPRAMOLECULAR PARA A NANOTECNOLOGIA. QUÍMICA NOVA, SÃO PAULO, v. 30, n. 6, p. 1484-1490, 2007

TEDESCO, A. C.; SIMIONI, A. R.; PRIMO, F. L. INTRODUÇÃO À NANOTECNOLOGIA. IN: MORALES, M. M. (ORG.). TERAPIAS AVANÇADAS: CÉLULAS-TRONCO, TERAPIA GÊNICA E NANOTECNOLOGIA APLICADA À SAÚDE. SÃO PAULO: ATHENEU, 2007. P. 237-246.

YANO H.; NAKAGAITO A. N. THE EFFECT OF MORPHOLOGICAL CHANGES FROM PULP FIBER TOWARDS NANO-SCALE FIBRILLATED CELLULOSE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH PLANT FIBER BASED COMPOSITES. APPLIED PHYSICS A – MATERIALS SCIENCE & PROCESSING. N.78, P. 547–552, 2004.

HUBBE, M.A.; ROJAS, O.J.; LUCIA, L.A.; SAIN, M. CELLULOSIC NANOCOMPOSITES: A REVIEW. BIORESOURCES, v. 3, n. 3, p. 929-980, 2008.

Kerekes RJ (2005) Characterizing refining action in PFI mills. **TAPPI 4(3):9–14.**

NAKAGAITO, A. N.; FUJIMURA, A.; SAKAI, T.; HAMA, Y.; YANO, H. PRODUCTION OF MICROFIBRILLATED CELLULOSE (MFC)-REINFORCED POLYLACTIC ACID (PLA) NANOCOMPOSITES FROM SHEETS OBTAINED BY A PAPERMAKING-LIKE PROCESS. COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY. v. 69. P. 1293–1297, 2009.

FRONE, A.N.; PANAITESCU, D.M.; DONESCU, D. SOME ASPECTS CONCERNING THE ISOLATION OF CELLULOSE MICRO- AND NANO- FIBERS. UPB SCIENTIFIC BULLETIN. v. 73, p. 133-152, 2011.

GONZÁLEZ, I.; ALCALA, M.; CHINGA-CARRASCO, G.; VILASECA, F.; BOUFI, S.; MUTJÉ, P.; FROM PAPER TO NANOPAPER: EVOLUTION OF MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES. CELLULOSE. n. 21, p. 2599–2609, 2014.

SPENCE K. L., VENDITTI R. A., ROJAS O. J., HABIBI Y., PAWLAK J. J. (2011). A COMPARATIVE STUDY OF ENERGY CONSUMPTION AND PHYSICAL PROPERTIES OF MICROFIBRILLATED CELLULOSE PRODUCED BY DIFFERENT PROCESSING METHODS. CELLULOSE. 18:1097–1111.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

