



INVENTÁRIO AMBIENTAL DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE A PARTIR DA FIBRA DE COCO VERDE

*Aline Cavalcanti e Cavalcante**; Ana Claudia Carneiro da Silva Braid; Diego Magalhães Nascimento; Morsyleide de Freitas Rosa; Cássia Maria Lie Ugaya; Maria Cléa Brito de Figueirêdo

RESUMO

Nanocristais de celulose são estruturas atômicas que podem ser obtidas por meio da hidrólise ácida de fibras vegetais. Esse trabalho apresenta o inventário de ciclo de vida de cada subprocesso que integra o processo de extração de nanocristais de celulose obtidos a partir da fibra de coco verde. Para tanto, realizou-se medições em laboratório referentes a consumos de água, energia e reagentes químicos, assim como emissões de poluentes em meio líquido. Os resultados mostram que os subprocessos hidrólise/diálise e lavagem são os maiores demandantes de água e energia, além de responsáveis pelas maiores cargas poluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de Ciclo de Vida; Nanotecnologia; Casca de coco verde.

INTRODUÇÃO

Nanocristais de celulose são estruturas atômicas de tamanho entre 0,1 e 100 nanômetros (SILVA, D'ALMEIDA, 2009). Segundo Silva e D'almeida (2009) o interesse por essas estruturas vem crescendo nos últimos anos, principalmente devido a sua grande área superficial que potencializa interações com matrizes poliméricas aumentando a resistência desses novos materiais.

Devido à celulose ser um polissacarídeo linear de alto peso molecular, com estrutura organizada em fibrilas envolvidas por uma matriz de lignina e hemicelulose, para obtenção desses nanocristais é preciso retirar essa matriz e fracionar a celulose em tamanho nanométrico. Algumas rotas tecnológicas podem ser utilizadas para extração de nanocristais de celulose, utilizando-se processos químicos e/ou mecânicos. Dentre esses processos, segundo Azeredo (2009), o processo químico com ou sem pré-tratamento da fibra seguida de hidrólise ácida é o mais investigado atualmente.

Os nanocristais de celulose podem ser obtidos de várias fontes renováveis, como a fibra da casca de coco verde (ROSA *et al*, 2010). O uso da fibra do coco verde como matéria-prima na produção de nanocristais de celulose agrega valor à casca de coco verde, um resíduo volumoso e problemático nos centros urbanos.

Entretanto, para que os nanocristais de celulose obtidos da fibra do coco verde possam ser categorizados como um produto de reduzido impacto ambiental, é necessário analisar os aspectos ambientais relevantes associados ao seu processo de extração, como água, energia e emissões de poluentes. Essa análise possibilita a identificação de etapas críticas quanto ao consumo de recursos e a geração de emissões.

* Embrapa Agroindústria Tropical. Rua Dra Sara Mesquita, 2270, Planalto Pici, Fortaleza, CEP: 60511-110, Ceará, Brasil. +55(85) 8670-0761 / linecavalcante@hotmail.com.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo analisar comparativamente o inventário de ciclo de vida de cada subprocesso que integra o processo de extração de nanocristais de celulose obtidos a partir da fibra de coco verde, considerando os seguintes aspectos ambientais: água, energia e nutrientes presentes em efluentes líquidos. Para tanto, utiliza-se a abordagem de ciclo de vida conforme a ISO 14040 (2006), na estruturação dos inventários desses aspectos.

METODOLOGIA

O processo de extração de nanocristais de celulose é realizado em laboratório por meio das seguintes etapas ou subprocessos: moagem, lavagem, clareamento, hidrólise ácida e diálise, conforme Rosa *et al.* (2010). Nesse estudo, foi realizado um inventário de ciclo de vida, conforme a ISO 14040 (2006), considerando o consumo de água, reagentes químicos, energia e a geração de efluentes líquidos em cada subprocesso relacionado à extração de nanocristais de celulose. A função do processo em estudo é a obtenção de nanocristais de celulose a partir da casca de coco verde. A unidade funcional adotada é a produção de 1g de nanocristais de celulose. A fronteira do sistema adotada abrange os subprocessos moagem, lavagem, clareamento e hidrólise/diálise, que integram o processo maior de extração de nanocristais de celulose, além dos processos de produção dos insumos necessários a cada subprocesso (Figura 1).

Os dados referentes ao consumo de água, reagentes, energia e volume de efluentes líquidos foram mensurados para cada subprocesso da extração de nanocristais de celulose em laboratórios da Embrapa Agroindústria Tropical. O valor médio atribuído a cada aspecto foi obtido com a realização de balanços de massa desses processos, com cinco repetições. Os parâmetros considerados nas emissões de efluentes líquidos foram: DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), nitrito, nitrato, nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total e fenol total. As análises foram realizadas segundo o APHA (2005) e Silva e Oliveira (2001) para cada efluente gerado, sendo o valor médio das concentrações determinado com a realização de três repetições. A carga poluente de cada parâmetro foi encontrada pela multiplicação do volume do efluente pela concentração do parâmetro. Os valores coletados foram inseridos no *software* Simapro com o objetivo de gerar o inventário final de consumos e emissões, considerando todos os processos em estudo. A base de dados *Ecoinvent* foi utilizada para os inventários dos processos de produção de energia e dos reagentes necessários à extração de nanocristais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o inventário de cada subprocesso em estudo considerando o consumo de água, energia e as emissões de nutrientes em meio líquido. Para produção de 1g de nanocristais, foi necessário 16,61g de fibra de coco verde, que representa um rendimento de apenas 6%, valor que pode ser maior quando se considera que essa fibra possui 38% de celulose (ROSA *et al.*, 2010).

Observa-se que os subprocessos Hidrólise/Diálise e Lavagem das fibras são os maiores responsáveis pelo consumo de energia. Para redução do consumo de energia nessas etapas, deve-se investigar a aquisição de outros equipamentos mais eficientes no uso da energia, principalmente quando for realizado o escalonamento do processo de laboratório para planta piloto.

O maior consumidor de água é o subprocesso Hidrólise/Diálise. Devido a maior quantidade de água requerida neste subprocesso ser utilizada na diálise para aumento do pH da solução contendo nanocristais, com alteração de sua qualidade apenas no pH, deve-se investigar a possibilidade de reuso da água de diálise na lavagem das impurezas das fibras.

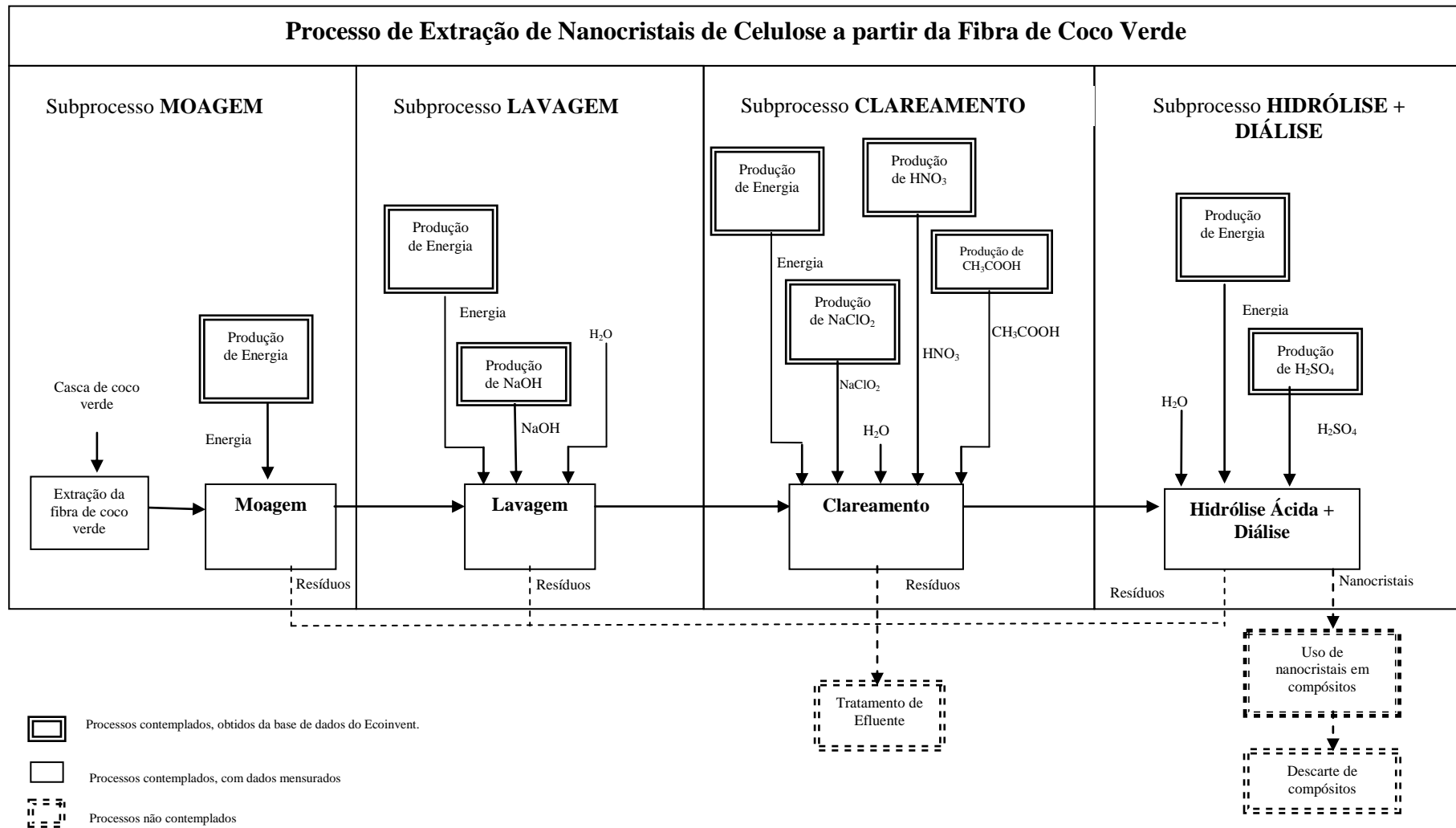


Figura 1. Fronteira do sistema.

Tabela 1. Inventário do sistema em estudo relativo à produção de 1g de nanocristais.

	Unid. de me- dida	Moagem	%	Lava- gem	%	Clarea- mento	%	Hidrólise ácida/Diá- lise	%	TOTAL
Quantidade e de fibra necessária em cada subpro- cesso	g	16,61		9,38		5,01		3,88		
Entradas										
Energia	kJ	181,93	1,11%	6.250,27	38,09%	3.440,48	20,97%	6.536,39	39,83%	16.409,07
Água	l	0,03	0,02%	4,04	2,98%	2,78	2,05%	128,80	94,95%	135,65
Saídas para água										
DBO	g	0,27	8,08%	1,54	47,09%	0,22	6,83%	1,25	38,00%	3,28
DQO	g	0,46	7,18%	2,70	42,34%	0,74	11,62%	2,48	38,86%	6,37
Nitrato	g	0,0004	0,81%	0,02	33,90%	0,01	26,35%	0,02	38,94%	0,05
Nitrito	g	0,0000001	0,08%	0,0001	73,61%	0,00003	19,96%	0,00001	6,35%	0,0001
NTK	g	0,001	7,46%	0,01	63,80%	0,002	11,85%	0,002	16,88%	0,01
Fósforo total	g	0,0003	7,90%	0,003	78,94%	0,0002	4,97%	0,0003	8,19%	0,0042
Fenol	g	0,05	55,73%	0,04	41,64%	0,0007	0,78%	0,002	1,85%	0,10

Analisando os dados da DBO e DQO, percebe-se que os subprocessos Lavagem e Hidrólise foram responsáveis pelas maiores cargas. Em relação a DBO, tal fato pode ser explicado, considerando que houve perda de material sólido na forma de fibra, que passaram durante a filtração, e de material solubilizado pelos reagentes. Quanto a DQO, foi devido a grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, provenientes da fibra, da água e do reagente utilizado. Avaliando os valores de DBO, pode-se concluir que 50% do efluente é biodegradável uma vez que a relação de DQO/DBO é em torno de 2.

Com relação às emissões de nutrientes, observou-se que a maior carga de nitrato resultou do subprocesso Hidrólise/Diálise. Em contrapartida, avaliando os valores do fósforo, nitrito e do nitrogênio orgânico total, percebe-se que a maior carga foi gerada no subprocesso lavagem, que retira sujidades e parte da lignina das fibras. O nitrato, nitrito, nitrogênio orgânico e o fósforo podem levar à eutrofização de corpos hídricos.

A maior carga de fenol foi observada na moagem por que este subprocesso contempla a extração da fibra de coco verde, onde ocorre a remoção do líquido da casca que é rico em fenol. Também no subprocesso lavagem ocorre a retirada de uma parte da lignina, formada por compostos fenólicos, na limpeza das fibras. Os compostos fenólicos podem afetar a maioria dos organismos

aquáticos pela sua toxidez. Apesar de uma carga pequena de fenóis ser gerada no subprocesso Clareamento, ressalta-se a possível ocorrência de fenol clorado, que é tóxico, devido ao uso de clorito de sódio na remoção da lignina residual presente nas fibras.

CONCLUSÃO

Com base nos dados levantados, pode-se concluir que os subprocessos mais impactantes ao meio ambiente são a hidrólise ácida e a lavagem, considerando os parâmetros consumo de energia, água e emissões de nutrientes em efluentes líquidos. Devem-se investigar oportunidades de reuso de água para redução do consumo, equipamentos mais eficientes no uso de energia quando do escalonamento da produção e sistemas de tratamentos de efluentes com capacidade de remoção de nutrientes e compostos fenólicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th edition. Washington, 2005. 1600p.

AZEREDO, H. M. C. **Nanocomposites for food packaging applications**. Food Research International, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040**: Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. Genebra: ISO, 2006.

ROSA, M. F.; MEDEIROS, E. S.; MALMONGE, J. A.; GREGORSKI K. S.; WOOD D. F.; MATTOSO L. H. C.; GLENN, G.; ORTS W. J.; IMAM S. H. **Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers**: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. Carbohydrate Polymers, 2010.

SILVA, J. D.; D'ALMEIDA, O. L. M. Nanocristais de celulose. **O papel**, v.70, pp. 34-52, 2009.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**, Campina Grande, Paraíba: O Autor, 2001. 226p.