



ANÁLISE COMPARATIVA DE INVENTÁRIOS DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE OBTIDOS A PARTIR DE FIBRAS VEGETAIS

Ana Claudia Carneiro da Silva Braid*; Aline Cavalcanti e Cavalcante; Morsyleide de Freitas Rosa;
Eliangela de Moraes Teixeira; Cássia Maria Lie Ugaya; Maria Cléa Brito de Figueirêdo

RESUMO

Nanocristais de celulose podem ser extraídos a partir de qualquer material lignocelulósico, com variações de processo de acordo com o material empregado. As crescentes pesquisas desenvolvidas no uso das diferentes fontes de celulose leva a refletir na sustentabilidade ambiental destes produtos. Neste trabalho, analisa-se o inventário de ciclo de vida dos processos de extração de nanocristais de celulose obtidos da fibra do coco verde e da pluma de algodão, com escopo “do berço à produção”. Os parâmetros inventariados foram: consumo de água, reagentes químicos, energia e emissões de nutrientes para água. Para levantamento desses dados, foram realizados cinco balanços de massa dos processos de extração. Esses dados do processo de extração de nanocristais foram agregados aos dos processos de produção dos insumos necessário à extração, com o uso das bases de dados do *Ecoinvent* e do *software* Simapro. Observou-se que a extração de nanocristais de celulose obtidos da fibra de coco verde apresenta significativo maior consumo de energia e maior carga poluente referente à demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio total Kjeldahl e nitrito, quando comparado ao processo de extração a partir da fibra de algodão.

PALAVRAS-CHAVE: Coco verde; Algodão; Nanoestruturas; Avaliação de Ciclo de Vida.

INTRODUÇÃO

Muitas inovações tecnológicas têm surgido na área da nanotecnologia, sendo uma delas os nanocristais de celulose. Esses cristais são extraídos a partir de fibras vegetais lignocelulósicas, que são consideradas compósitos de fibrilas de celulose, agregadas pela lignina e hemicelulose. O processo de extração de nanocristais consiste no isolamento dessas fibrilas de celulose, ou seja, na remoção dos compostos agregadores (SILVA *et al.*, 2009).

Os nanocristais de celulose podem ser obtidos a partir de fibras lignocelulósicas, como a proveniente do bagaço da cana-de-açúcar, da casca do arroz, da pluma do algodão e da casca do coco verde (TEIXEIRA *et al.*, 2010; ROSA *et al.*, 2010). Nanocristais de celulose têm como grande vantagem a matéria-prima, que é proveniente de fontes renováveis, biodegradáveis e abundantes em países em desenvolvimento, como o Brasil.

Nanocristais de celulose podem ser aplicados em áreas como indústrias automobilísticas e na química de polímeros e compósitos. Estes nanocristais têm um grande potencial como agente de reforço em compósitos, podendo ser usados em plásticos sintéticos e em biopolímeros, melhorando a biodegradabilidade de plásticos, assim como melhorando as propriedades mecânicas dos novos materiais (SILVA *et al.*, 2009).

* Embrapa Agroindústria Tropical. Rua Dra Sara Mesquita, 2270, Planalto Pici, Fortaleza, CEP: 60511-110, Ceará, Brasil. +55(85) 33917217 / anaclaudiabraid@gmail.com.

A crescente consciência ambiental e o interesse no desenvolvimento de tecnologias “verdes” têm exigido estudos ambientais fundamentados sobre estes novos produtos, como a avaliação de ciclo de vida de um produto, que analisa aspectos ambientais relevantes em seu processo produtivo, uso e em sua disposição final. Este trabalho analisa o inventário de ciclo de vida de dois processos de extração de nanocristais de celulose obtidos a partir de duas fontes de fibras vegetais: pluma de algodão e casca do coco verde, considerando a produção de 1g de nanocristais. Avalia-se qual processo de extração de nanocristais leva ao maior consumo de água, energia e a maior emissão de nutrientes em meio líquido.

METODOLOGIA

Processos de obtenção de nanocristais de celulose

A obtenção de nanocristais de celulose ocorre com a realização das seguintes etapas: moagem, lavagem, clareamento, hidrólise ácida e diálise. Dependendo do tipo de fibra, algumas dessas etapas não são necessárias e diferentes quantidades de insumos são utilizadas. Ambas as fibras requerem a moagem, hidrólise ácida e diálise, mas as etapas de lavagem e clareamento são necessárias apenas à fibra de coco verde. Esses processos foram definidos por Rosa *et al.* (2010) para a extração a partir da fibra de coco verde e por Teixeira *et al.* (2010) para a extração a partir da fibra de algodão.

Inventário do ciclo de vida

Este trabalho tem como foco o inventário de ciclo de vida da extração de nanocristais de celulose, realizado conforme a ISO 14040 (2006). O inventário contempla os seguintes aspectos ambientais: consumos de água, reagentes químicos e energia, assim como emissões de poluentes em efluentes líquidos.

A função do processo em estudo é a obtenção de nanocristais de celulose. A unidade funcional adotada foi a produção de 1g de nanocristais de celulose em solução. A fronteira do sistema foi estabelecida contemplando as cadeias de produção dos insumos necessários aos processos de extração até a obtenção dos nanocristais (berço à produção). As Figuras 1 e 2 mostram os sistemas de produto analisados quando são utilizadas a fibra da casca de coco verde e a fibra de algodão, respectivamente.

Na construção do inventário, foram realizados cinco balanços de massa de todo o processo de extração de nanocristais de celulose em laboratórios da Embrapa Agroindústria Tropical, quando foi utilizada a fibra de coco verde, e da Embrapa Instrumentação Agropecuária, quando foi utilizada a fibra de algodão. As emissões foram avaliadas considerando os seguintes parâmetros: DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), nitrito, nitrato, nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e fósforo total. As análises físico-químicas dos efluentes foram feitas de acordo com APHA (2005) e Silva e Oliveira (2001). Os dados inventariados foram inseridos no *software* Simapro 7.2, que facilita a

integração de inventários em estudos de ciclo de vida de produtos. A análise de erro foi realizada utilizando o método Monte Carlo, com 100 ciclos e intervalo de confiança de 95%.

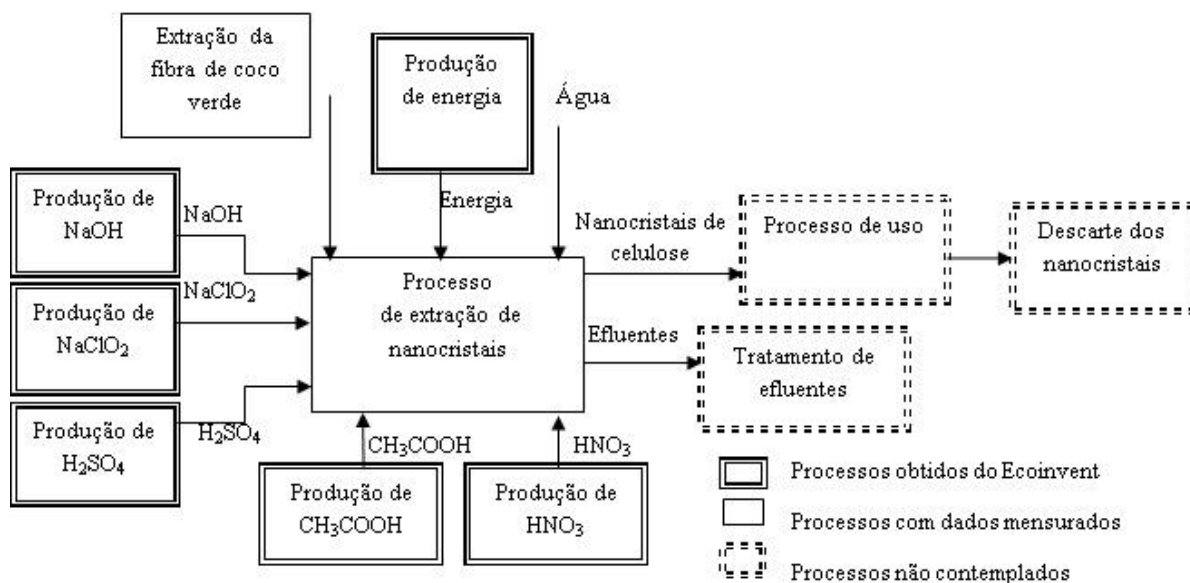


Figura 1. Sistema de produto P1 (extração dos nanocristais a partir da fibra de coco verde).

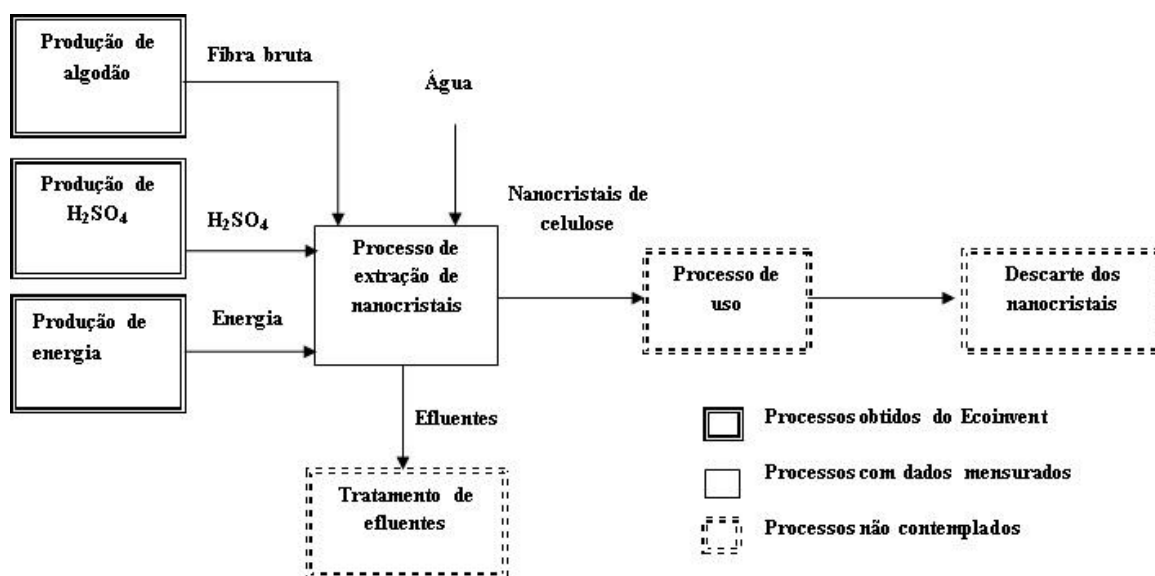


Figura 2. Sistema de produto P2 (extração dos nanocristais a partir da fibra de algodão).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores de inventário para extração de 1g de nanocristais pelos sistemas de produto P1 (relacionados à extração de nanocristais a partir da fibra de coco verde) e P2 (relacionados à extração a partir da pluma de algodão). Observa-se que o sistema de produto P1, em relação ao P2, consome de forma significativa uma maior quantidade de energia. O sistema de produto P1 também

acarreta o lançamento de uma carga maior de nutrientes na água, com nível aceitável de significância, para os parâmetros DBO, DQO, NTK e Nitrito. O consumo de água no sistema de produto P1 é menor que o consumo de água no sistema de produto P2, mas essa diferença não é significativa para o intervalo de confiança adotado (95%).

Tabela 1. Inventário do ciclo de vidas dos processos de extração de nanocristais de celulose.

Aspectos ambientais	Compartmento	Unidade de medida	Sistema de produto P1 (nanocristais da fibra de coco verde)	Sistema de produto P2 (nanocristais da fibra de algodão)
Consumos				
Água	Matéria-prima	<i>l</i>	135,55	142,96
Energia	Matéria-prima	<i>kJ</i>	15.936,02	1.800,23
Emissões				
DBO	Água	<i>g</i>	3,11	0,11
DQO	Água	<i>g</i>	6,33	0,37
Nitrato	Água	<i>g</i>	0,05	0,07
Nitrito	Água	<i>g</i>	0,0001	0,000003
NTK	Água	<i>g</i>	0,01	0,001
Fósforo total	Água	<i>g</i>	0,005	0,004

A Figura 3 mostra a contribuição de cada processo relacionado ao sistema de produto P1 nos consumos de água e energia e emissões para água. Observa-se, que dentre todos os processos considerados em P1, a extração de nanocristais é o principal processo responsável pelos consumos e emissões nesse estudo. Dessa forma, para que os nanocristais de celulose obtidos a partir da fibra de coco verde possam obter um melhor desempenho ambiental, deve-se investigar possibilidades de redução no consumo de energia nos equipamentos utilizados, seja com redução no tempo de utilização dos mesmos, seja pela sua substituição por outros mais eficientes. Quanto às emissões de nutrientes, deve-se avaliar possibilidades de reúso desse efluente na irrigação de culturas, após correções de pH.

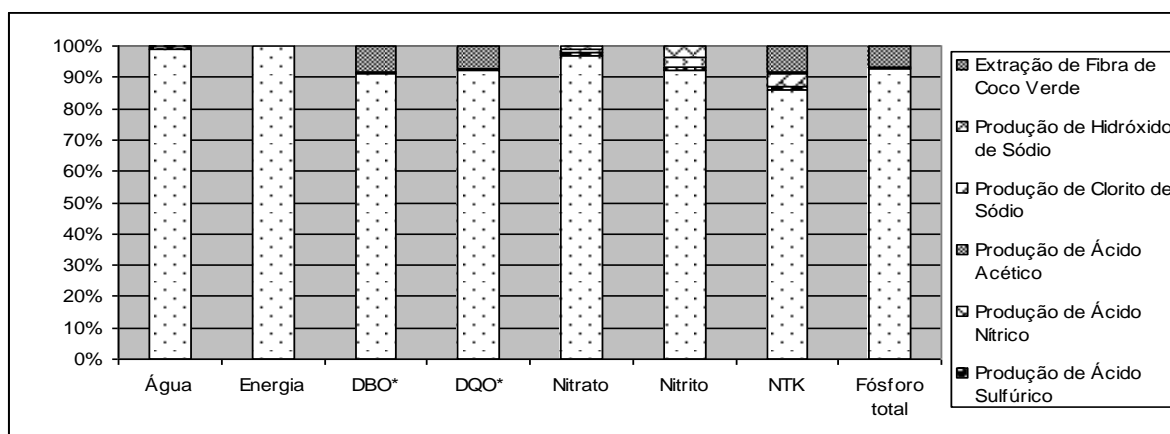


Figura 3. Contribuição percentual de cada processo nos consumos e emissões.

CONCLUSÃO

Levando em consideração as análises realizadas, chegamos à conclusão que o sistema de produto P1 (utiliza a fibra de coco verde) contribui significativamente mais que o sistema de produto P2 (utiliza a fibra de algodão) no consumo de energia e nas emissões em meio líquido de DBO, DQO, NTK e Nitrito.

Considerando todos os processos relacionados ao sistema de produto P1, conclui-se que o processo de extração de nanocristais é o maior consumidor de água, energia e gerador de cargas poluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **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, doi: 10.1016/j.carbpol.2010.01.059.

SILVA, R.; HARAGUCHI, S. K.; MUNIZ, E. C.; RUBIRA, A. F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, v. 32, n. 3, 2009, pg. 661-671.

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

TEIXEIRA, E.M.; CORRÊA, A.C.C.; MANZOLI, A.; LEITE, F.L.; OLIVEIRA, C.R.; MATTOSO, L.H.C. Cellulose nanofibers from white and naturally colored cotton fibers. **Cellulose**, 2010, doi: 10.1007/s10570-010-9403-0.