

## PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE CELULOSE MICROBIANA COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL À CELULOSE CONVENCIONAL: UMA REVISÃO

PEDRO RIBEIRO FARIA<sup>1,\*</sup>, CÁTIA TAVARES DOS PASSOS FRANCISCO<sup>2</sup>

### 1 INTRODUÇÃO

Na tentativa de buscar soluções para o planeta, em termos de sustentabilidade e preservação do meio ambiente, a produção de insumos biotecnológicos tem chamado atenção. Estes possibilitam produzir, em um biorreator, materiais convencionalmente produzidos de outras formas, com economia de recursos naturais, como água e solo, com possibilidade de produção em grande escala, com custos reduzidos. Dentre estes materiais, pode-se citar a celulose microbiana (CM) ou a celulose bacteriana (CB). Esta é um biopolímero constituído de unidades monoméricas de poli- $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-glicose, encontrado em abundância nas paredes celulares de vegetais e, em menores quantidades, em outros seres vivos (LIMA *et al.*, 2015; RÖMLING; GALPERIN, 2015). O material apresenta como vantagem a obtenção de celulose pura, ao contrário do que é encontrado em fontes vegetais, onde têm-se que aplicar processos térmicos, químicos ou enzimáticos, afim de separar e purificar a celulose. Portanto, fontes alternativas de celulose vêm sendo estudadas, a fim de se encontrar novos materiais, com diferentes propriedades e ecologicamente sustentáveis.

As celulosas microbianas apresentam características mecânicas, bioquímicas, físico-químicas e de pureza únicas, sendo sintetizadas por diversas cepas de microrganismos, principalmente por bactérias do gênero *Acetobacter* (SENGUN; KIRMIZIGUL, 2020; YOUNESI; WU; AKKUS, 2019). Tais propriedades garantem aplicações em diversas áreas tecnológicas, abrangendo desde a saúde e a biomedicina, até as indústrias química, eletrônica, de alimentos, entre outras (GAO *et al.*, 2020; ISLAM *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2015; PINHO *et al.*, 2020).

Apesar das variadas possibilidades de aplicações e modificações da CM, o custo de sua produção ainda é um obstáculo a ser superado para que se atinja a produção do biomaterial em maiores escalas. Neste sentido diversos estudos visaram encontrar formas de produção do

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul/PR, Bolsista UFFS, Contato: pedroribfaria@gmail.com

2 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul/PR, Orientadora

**Título do projeto aprovado:** Investigação da produção de celulose microbiana e estudo e caracterização da membrana celulósica da Kombucha

biopolímero, a fim de reduzir seu custo, otimizar sua biossíntese, incorporar o uso de resíduos e possibilitar sua aplicação de forma mais ampla.

## 2 OBJETIVOS

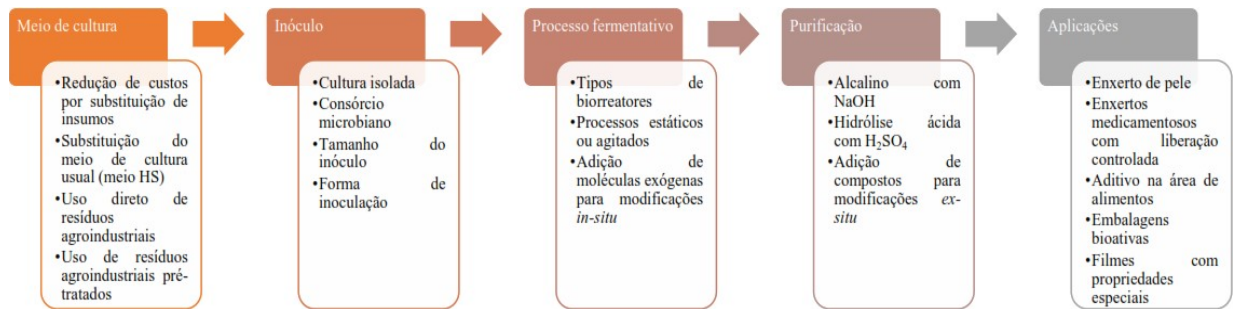
Realizar uma revisão de literatura a respeito da produção, modificações e aplicações da celulose microbiana (CM), de forma a compreender e estudar as características e desafios do biomaterial bem como direcionar futuros estudos relativos às possibilidades do polímero.

## 3 METODOLOGIA

Foi utilizada a metodologia descrita por EL ANSARI; EL-MENYAR, 2020, onde foram buscados artigos e estudos originais e recentes (menos de 15 anos de publicação), nas línguas inglesa, portuguesa e espanhola, que abordavam a produção, modificação e/ou aplicação do biopolímero. Os bancos de dados SCIELO e *Science Direct* foram utilizados para a busca das palavras-chave: “cellulose”, “celulose”, “kombucha”, sendo os trabalhos selecionados após a leitura dos resumos. A subsequente leitura dos artigos completos foi realizada para categorização e organização de dados dos estudos, a fim de se construir a presente revisão.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado na Figura 1, a produção de celulose microbiana pode ser dividida em cinco etapas distintas, onde a primeira etapa envolve a escolha do meio de cultura. O meio mais convencionalmente utilizado é o meio HS composto em % (m/v): glicose 2,0; peptona 0,5; extrato de levedura 0,5; fosfato dissódico 0,27; ácido cítrico 0,115; pH ajustado a 6,0 (HESTRIN; SCHRAMM, 1954), no qual são utilizadas matérias primas purificadas, o que leva a um alto custo de produção. A busca por meios alternativos para a produção de celulose tem sido estudada por diversos autores como prioridade, por ser uma etapa essencial no escalonamento da produção. O uso de resíduos agroindustriais como melaço de cana hidrolisado, resíduos de polpa e casca de laranjas, diferentes chás suplementados de glicose e sacarose, soros de leite, glicerol, resíduos cervejeiros, entre outros, foram amplamente estudados, com resultados promissores em termos de rendimento e de suas propriedades (CARREIRA *et al.*, 2011; FAN *et al.*, 2016; JARAMILLO *et al.*, 2014; YIM; SONG; KIM, 2017).



Fonte: os autores

**Figura 1:** Etapas de produção da celulose microbiana onde estão apresentados os principais resultados do levantamento bibliográfico.

A segunda etapa envolve a escolha do microrganismo que será utilizado, sendo as cepas produtoras mais comumente observadas e estudadas as pertencentes aos gêneros *Gluconacetobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Salmonella* e *Alcaligenes* (GAO *et al.*, 2020; RÖMLING; GALPERIN, 2015), sendo o gênero *Acetobacter* o mais representado, com a espécie *Komagataeibacter xylinus* sendo a mais citada (MACHADO *et al.*, 2018). O consórcio microbiano conhecido como SCOPY (*Symbiotic Colony Of Bacteria and Yeast*), utilizado para a produção da bebida *Kombucha*, é em si uma membrana de CM, na qual o consórcio microbiano se encontra aderido. Nesta membrana, foram encontradas cepas bacterianas majoritariamente pertencentes à família *Acetobacteraceae*, e cepas de leveduras pertencentes aos gêneros *Candida*, *Brettanomyces*, *Schizosaccharomyces* e *Zygosaccharomyces* (VILLARREAL-SOTO *et al.*, 2020).

A terceira etapa envolve o processo fermentativo em si, onde as cepas de microrganismos são cultivadas de forma estática ou agitada, em diferentes tipos de biorreatores, como o uso de Erlenmeyer ou bandejas de diferentes volumes. São utilizados diferentes tipos de controle do processo, podendo variar em termos de pH, temperatura ou adição de moléculas exógenas no meio, a fim de promover modificações *in-situ* (durante a fermentação) na estrutura tridimensional do material obtido, com o intuito de conferir propriedades diferenciadas às membranas, até a adição de compostos bioativos, como medicações e suplementos, para enxertos de uso médico, dependendo da finalidade da sua aplicação (OSORIO *et al.*, 2014).

A quarta etapa envolve as etapas de purificação e modificação da celulose microbiana. A purificação pode ser realizada tanto por tratamentos ácidos, como o uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, como alcalinos, com a utilização de soluções de NaOH, e as modificações *ex-situ* (após a fermentação), que garantem importantes propriedades funcionais das membranas, podem ser

realizadas com a adição de compostos de diferentes classes, como medicamentos ou mesmo catalisadores enzimáticos. As modificações aplicadas sobre a membrana são então definidas de acordo com o intuito da sua aplicação já sendo estudadas modificações para uso em enxertos biomédicos, produção de filmes iridescentes para serem usados em dispositivos de segurança em cédulas e documentos, entre outras aplicações (LIMA *et al.*, 2015).

As possibilidades de aplicação da CB ou CM são as mais diversas, com algumas de suas representantes mostradas na etapa 5 da Figura 1, onde podem ser produzidos filmes, membranas, termoplásticos biodegradáveis, enxertos, ou até mesmo servir como aditivo na indústria de alimentos, entre outras aplicações.

## 5 CONCLUSÃO

A produção de CB ou CM viabiliza a obtenção de um biopolímero de altíssima pureza e propriedades únicas, sendo possível sua utilização em diversas áreas tecnológicas. No entanto, embora tenha-se observado avanços, muito ainda precisa ser estudado, como: encontrar fontes alternativas para substituir o meio de cultura convencionalmente utilizado (Meio HS), encontrar novas cepas produtoras ou a utilização de consórcios microbianos, otimizar os processos de produção industrial, investigar diferentes técnicas de purificação, com enfoque na química verde, além de ampliar a investigação das suas aplicações, a fim de viabilizar a produção industrial em grande escala, substituindo os modelos tradicionais de produção de celulose, viabilizando inovação com enfoque na preservação do planeta e economia dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARREIRA, Pedro; MENDES, Joana A.S.; TROVATTI, Eliane; SERAFIM, Luísa S.; FREIRE, Carmen S.R.; SILVESTRE, Armando J.D.; NETO, Carlos Pascoal. Utilization of residues from agro-forest industries in the production of high value bacterial cellulose.

**Bioresource Technology**, vol. 102, no. 15, p. 7354–7360, 2011. DOI

10.1016/j.biortech.2011.04.081. Available at:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.04.081>.

FAN, Xin; GAO, Yue; HE, Wanying; HU, Hao; TIAN, Ming; WANG, Kexing; PAN, Siyi.

Production of nano bacterial cellulose from beverage industrial waste of citrus peel and

pomace using *Komagataeibacter xylinus*. **Carbohydrate Polymers**, vol. 151, p. 1068–1072,

2016. DOI 10.1016/j.carbpol.2016.06.062. Available at:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.062>.

GAO, Hongliang; SUN, Qian; HAN, Zebei; LI, Jiahe; LIAO, Bowen; HU, Lulu; HUANG,

Jie; ZOU, Chunjing; JIA, Caifeng; HUANG, Jing; CHANG, Zhongyi; JIANG, Deming; JIN, Mingfei. Comparison of bacterial nanocellulose produced by different strains under static and agitated culture conditions. **Carbohydrate Polymers**, vol. 227, no. August 2019, p. 115323, 2020. DOI 10.1016/j.carbpol.2019.115323. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115323>.

ISLAM, Nazifah; LI, Shiqi; REN, Guofeng; ZU, Yujiao; WARZYWODA, Juliusz; WANG, Shu; FAN, Zhaoyang. High-frequency electrochemical capacitors based on plasma pyrolyzed bacterial cellulose aerogel for current ripple filtering and pulse energy storage. **Nano Energy**, vol. 40, no. July, p. 107–114, 2017. DOI 10.1016/j.nanoen.2017.08.015. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.08.015>.

JARAMILLO, Rubén D.; PERNA, Olga; RÍOS, Linda E.; ESCOBAR, Jeindy. Efeito do melaço de cana tratada com ácido sulfúrico na produção de celulose por *Gluconacetobacter xylinus* IFO 13693. **Revista Colombiana de Química**, vol. 43, no. 2, p. 25–31, 2014. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v43n2.53121>.

LIMA, Lais R.; SANTOS, Daniele B.; SANTOS, Molíria V.; BARUDA, Hernane S.; HENRIQUE, Mariana A.; PASQUINIC, Daniel; PECORAROA, Edison; RIBEIRO, Sidney J. L. NANOCRISTAIS DE CELULOSE A PARTIR DE CELULOSE BACTERIANA. **Química Nova**, vol. 38, no. 9, p. 1140–1147, 2015. .

OSORIO, Marlon A.; RESTREPO, David; VELÁSQUEZ-COCK, Jorge A.; ZULUAGA, Robin O.; MONTOYA, Ursula; ROJAS, Orlando; GAÑÁN, Piedad F.; MARIN, Diana; CASTRO, Cristina I. Synthesis of thermoplastic starch-bacterial cellulose nanocomposites via in situ fermentation. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, vol. 25, no. 9, p. 1607–1613, 2014. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20140146>.

PINHO, Ana Mariana de Moraes Rebello; KENCIS, Carolina Christofani Sian; MIRANDA, Dino Rafael Pérez; SOUSA NETO, Osmar Mesquita de. Traumatic perforations of the tympanic membrane: immediate clinical recovery with the use of bacterial cellulose film. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, vol. 86, no. 6, p. 727–733, 2020. DOI 10.1016/j.bjorl.2019.05.001. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.05.001>.

YIM, Su Min; SONG, Ji Eun; KIM, Hye Rim. Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar. **Process Biochemistry**, vol. 59, p. 26–36, 2017. DOI 10.1016/j.procbio.2016.07.001. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2016.07.001>.

**Palavras-chave:** Celulose microbiana; Celulose bacteriana; Resíduos agroindustriais; Aplicações biotecnológicas

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2020-0336.

**Financiamento:** UFFS.