

# A Produção do Conhecimento nas Ciências Biológicas

---

José Max Barbosa de Oliveira Junior  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

**José Max Barbosa de Oliveira Junior**  
(Organizador)

# **A Produção do Conhecimento nas Ciências Biológicas**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P964 A produção do conhecimento nas ciências biológicas [recurso eletrônico] / Organizador José Max Barbosa de Oliveira Junior. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-279-1

DOI 10.22533/at.ed.791192504

1. Ciências biológicas. 2. Biologia – Pesquisa – Brasil. I. Oliveira Junior, José Max Barbosa de.

CDD 574

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A produção do Conhecimento nas Ciências Biológicas*” consiste de uma série de livros de publicação da Atena Editora. Com 21 capítulos o volume I apresenta uma visão holística e integrada da grande área das Ciências Biológicas, com produção de conhecimento que vai de biologia molecular à biologia da conservação. Assim, os conhecimentos apresentados nos capítulos permeiam distintas temáticas dessa área, como: biotecnologia, semicondutores, avaliação físico-química, controle de proliferações, atividade celulolítica, diversidade e taxonomia, jogos didáticos e ensino de biologia, educação ambiental, saúde e qualidade de vida e restauração ecológica.

Essa amplitude de conhecimento é bem inerente às Ciências Biológicas, afinal, são tais ciências (biologia geral, genética, botânica, zoologia, ecologia, morfologia, fisiologia, bioquímica, biofísica, farmacologia, imunologia, microbiologia e parasitologia) que buscam entender as interações dos/entre diferentes seres vivos e também com o ambiente em que vivem, identificando os padrões de comportamento de cada um deles em relação as mais variadas condições ambientais e atividades antrópicas.

Recentemente o renomado pesquisador Dr. Leandro Juen fez uma afirmativa extremamente coerente e condizente com a real situação da ciência no mundo: “*nossa capacidade de gerar conhecimento é bem menor do que a velocidade da alteração e da degradação ambiental*” e, em consequência disso, muitas espécies e formas eficazes de ensino serão perdidas até mesmo antes do conhecimento de suas existências/ funções pela ciência. Essa assertiva nos faz pensar o quanto não somente a ciência aplicada, mas também a básica, são fundamentais para amenizarmos essa situação. E “*a produção do conhecimento nas Ciências Biológicas*” traz ciência: da básica à/e/ou aplicada. Assim, inspirado em um artigo de Courchamp et al. (2015), convidamos todos a refletirem sobre a importância que a ciência básica exerce na “base” da produção de conhecimento, ou seja, estudos básicos são fundamentais para entendermos o nosso complexo mundo biológico.

Mesmo que historicamente o financiamento para pesquisas básicas tenha sido em níveis inferiores aos de outras grandes categorias de pesquisa, arrisco dizer que, possivelmente poucas pesquisas na edição desse livro tiveram grande financiamento, mas que, no entanto, os 21 capítulos do livro trazem pautas de grande relevância (na área de Ciências Biológicas) para toda comunidade acadêmico-científica e sociedade civil, auxiliando na promoção de uma ciência básica e/ou aplicada de qualidade, e no estabelecimento de uma base técnica, científica e educacional acessível a todos os segmentos e atores envolvidos na área ambiental, como forma de subsidiar ações de políticas públicas, administrativas, educacionais e de conservação de maneira geral.

Por fim, convidamos todos os leitores a mergulharem no misto de boas informações que o livro traz, e que, o mesmo possa atuar como um veículo adequado para difundir e ampliar o conhecimento em Ciências Biológicas, com base nos resultados aqui dispostos. Ademais, esperamos que os mesmos resultados sejam fontes inspiradoras

para que jovens estudantes/pesquisadores(as) continuem descobrindo, criando, aperfeiçoando e contribuindo na geração de novas tecnologias e conhecimento em Ciências Biológicas, proporcionando uma ampliação das ações científicas e educacionais realizadas em prol de uma causa maior “o equilíbrio entre homem e meio ambiente”. Considerem nesse momento “meio ambiente” como um termo amplo, maleável e multifacetado, que envolve não somente as esferas “biológica” e “física”, mas também o componente antrópico (sociedade - economia, cultura, dentre outros) e todas as dinâmicas das relações que se estabelecem em todas essas esferas.

A todos(as), uma excelente leitura!

José Max Barbosa de Oliveira Junior

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS CELULOLÍTICAS POR <i>Trichoderma harzianum</i> IOC 3844	
Sabrina Marques Rios Marcelo Chuei Matsudo Joyce Elise de Campos Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AMILASES POR <i>Aspergillus awamori</i> IOC 4142	
Joyce Elise de Campos Pinto Sabrina Marques Rios Marcelo Chuei Matsudo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR DA INTOLERÂNCIA À LACTOSE	
Maria Cristina Modesto Clementino Eliane Papa Ambrosio Albuquerque	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
PRODUÇÃO DE LEVANA E SUA APLICAÇÃO EM COSMÉTICOS	
Reginara Teixeira da Silva Gabrielly Terassi Bersaneti Audrey Alesandra Stingham Garcia Lonni Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
SÍNTESE E PURIFICAÇÃO DA FTALOCIANINAS DE COBRE	
Carlos Alberto Mitio Hirano Paulo Sergio Calefi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>41</b>
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MANGA EM CALDA ELABORADA COM A VARIEDADE <i>Tommy atkins</i>	
Ana Paula Costa Câmara Érica Braga de Sousa Vieira Cristiane Rodrigues de Araújo Penna Robson Rogério Pessoa Coelho Íris Braz da Silva Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925046</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>57</b>
EVALUATION OF THE EFFECT OF INSETICIDES ON THE INTESTINAL MICROBIOTA OF <i>Culex quinquefasciatus</i>	
José Márcio Gomes Fernandes Adriano Guimarães Parreira Stênio Nunes Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>67</b>
PRODUÇÃO DE CELULASES POR FUNGOS FILAMENTOSOS ISOLADOS NO NORTE DE MINAS GERAIS CULTIVADOS EM MEIO DE CULTURA CONTENDO RESÍDUOS DE BANANEIRA	
Adrielle Mercia Alves Santos Barbhara Mota Marinho Vivian Machado Benassi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>73</b>
TABELA TAXONÔMICA SIMPLIFICADA PARA IDENTIFICAÇÃO DE VETORES DA FEBRE MACULOSA PRESENTES NO ESTADO DO TOCANTINS	
Mariana Antunes Fiorotto de Abreu Bruna Silva Resende André Moreira Rocha Tássia Silva Resende Rafaella Antunes Fiorotto de Abreu Josefa Moreira do Nascimento-Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7911925049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>89</b>
HIPÓTESES EXPLICATIVAS PARA OCORRÊNCIA DE ALTERAÇÕES TERATOLÓGICAS EM DIATOMÁCEAS ( <i>Bacillariophyceae</i> )	
Cinthia Coutinho Rosa Favaretto Camila Akemy Nabeshima Aquino Liliane Caroline Servat Norma Catarina Bueno	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>95</b>
O ENSINO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DESTACANDO A PRESERVAÇÃO DA <i>Araucaria angustifolia</i>	
Patricia Bachniuk Kloc Bruna Maria Caznok Adriane Rodrigues de Moraes Leite Vilcinéia Leszak Silmara Ap. Meira Bandeira Fabiane Fortes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250411</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>105</b>
ENSINANDO EVOLUÇÃO COM O ZOOLOGICO: USO DE ESPAÇO NÃO FORMAL PARA O ENSINO	
Hudson Rodrigo da Cruz Monteiro	
Ananda Souza Lima	
Manoela Volkweis Lombardi	
Davi Rios Valdez	
Natasha Araújo Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>111</b>
JOGO DIDÁTICO: DESCOBRINDO AS AVES	
Alan Marques Galdino	
Henrique Rezende Untem	
Maria Aparecida de Sousa Perrelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>123</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA A CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ENDÊMICAS DE <i>Schistosoma mansoni</i> NO BRASIL	
Davi Viegas Melo	
Guilherme Silva Miranda	
João Gustavo Mendes Rodrigues	
Arthur Cantanhede Lima	
Neuton Silva Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>131</b>
JÚRI SIMULADO INTERDISCIPLINAR E A SALA DE AULA: TRABALHANDO O PROTAGONISMO E A AUTONOMIA DO EDUCANDO	
Alessandra Martino Ramos de Medeiros	
Rodrigo de Mello	
Lenise Aparecida Martins Garcia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>139</b>
ROSCA, A RECEITA DE APRENDIZAGEM EM AULAS SOBRE FERMENTAÇÃO: UMA EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO	
Ana Isabel Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>142</b>
PRINCIPAIS MOTIVOS LIGADOS A QUEDA EM IDOSOS NO MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA/RS	
Giovani Sturmer	
Nathália Arnoldi Silveira	
Mylene Stefany Silva Dos Anjos	
Fabiana de Cássia Romanha Sturmer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250417</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>148</b>
UNIVERSIDADE VERSUS EDUCAÇÃO BÁSICA: O DIÁLOGO ENTRE PROFESSORES EM FORMAÇÃO E ESTUDANTES QUE PODEM APRENDER SAÚDE	
Samuel Santos Braga Hermann Vanesca Viana de Oliveira Liziane Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>153</b>
AValiação CLÍNICA EM SERPENTES CATIVAS NO CENTRO DE REABILITAÇÃO DE VIDA SILVESTRE EM GUADALAJARA, JALISCO – MÉXICO	
Marina Gonçalves Lima Fernanda de Cássia Gonçalves Alves Luiz Humberto Guimarães Riquelme Junior Daniely Ayabe Curcio Magyda Arabia Araj Dahroug Moussa Paula Helena Santa Rita	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>169</b>
SMART CEMETERY (NECROPOLIS) PARA SMART CITY	
Josilaine Aparecida da Silva Thais Cristina Silva Ferreira Paulo Sergio de Sena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>179</b>
UTILIZAÇÃO DE PLANTAS NATIVAS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM UM TRECHO DE ECOSSISTEMA DE RESTINGA	
Suelen Rodrigues da Conceição Christiano Marcelino Menezes Laila Nazem Mourad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.79119250421</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>188</b>

## PRODUÇÃO DE LEVANA E SUA APLICAÇÃO EM COSMÉTICOS

### **Reginara Teixeira da Silva**

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina – PR

### **Gabrielly Terassi Bersaneti**

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina – PR

### **Audrey Alesandra Stinghen Garcia Lonni**

Departamento de Ciências Farmacêuticas  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina – PR

### **Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi**

Departamento de Bioquímica e Biotecnologia  
Universidade Estadual de Londrina  
Londrina – PR

**RESUMO:** Atualmente, o Brasil ocupa a 4ª posição no ranking mundial no consumo de cosméticos o que demonstra a grande procura por produtos principalmente os formulados com ingredientes bioativos, que não tragam danos ao meio ambiente e que confirmam efeitos benéficos à saúde da pele dos consumidores. Com o surgimento de novas matérias-primas a levana é uma biomolécula que tem sido estudada, por apresentar propriedades industrialmente importantes, como capacidade de retenção de água, atividade antioxidante, anti-inflamatória,

além de poder ser aplicada como estabilizante e espessante, o que a torna gradativamente competitiva quando comparada com moléculas sintéticas. A levana é um exopolissacarídeo de frutose produzida com substratos de baixo custo e apresenta aplicações industriais nos setores de cosméticos, farmacêutico, nanotecnologia, alimentos, entre outros. Sendo assim, o objetivo desta revisão é descrever a produção microbiana do polissacarídeo levana e a inovação de aplicação em cosméticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** levana, exopolissacarídeo, cosméticos, antioxidante, anti-inflamatório.

**ABSTRACT:** Nowadays the Brazil occupies the 4th position in the world ranking in the consumption of cosmetics demonstrating the great demand for products mainly those formulated with bioactive ingredients that are eco-friendly and they give beneficial effects to the skin health of the consumers. With the interest in new raw materials, the levan is a biomolecule that has been studied, because it presents industrially properties as moisture-retention, antioxidant and anti-inflammatory and it has been applied as a stabilizer and thickener, which makes it gradually competitive when compared to synthetic molecules. Levan is a fructose exopolysaccharide produced with low cost substrates and with many industrial

applications as in cosmetic, pharmaceutical, nanotechnology, food and other sectors. Therefore, the aim of this review is to describe levan production by microorganisms and to present report potential innovation in cosmetics.

**KEYWORDS:** levan, exopolysaccharides, cosmetics, antioxidant, anti-inflammatory.

## 1 | INTRODUÇÃO

A indústria de cosméticos é um dos segmentos mais importantes da economia mundial. O Brasil ocupa a 4<sup>a</sup> posição no ranking mundial no consumo de cosméticos, contando com 2.718 empresas atuantes na área, sendo que 15 empresas dominam 75 % do mercado, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABHIPEC), sendo os Estados Unidos líder, seguido da China e Japão.

A demanda por ingredientes multifuncionais na indústria cosmética influencia na busca de novas matérias-primas que possam atuar não apenas como espessantes ou modificadores de reologia, mas também possibilitando benefícios adicionais nas formulações como ações biológicas (anti-inflamatórias, antioxidantes, entre outras) compatíveis com outros ingredientes, e sobretudo, melhorando os efeitos sensoriais, além de favorecer a relação custo-benefício.

A produção de metabólitos primários e secundários a partir da fermentação, no conceito biotecnológico, representa grande interesse no ramo da cosmetologia devido as inúmeras funções de cuidados com a pele e cabelos que esses ingredientes possuem, além disso, oferecem biocompatibilidade, natureza ecológica, atividade versátil e desempenho superior, sendo potencialmente inovadores e capazes de substituir os compostos sintéticos.

Exopolissacarídeos (EPS) como levana, ácido hialurônico, celulose bacteriana entre outras, podem ser usados como agentes ativos em formulações cosméticas, uma vez que, essas moléculas apresentam propriedades biológicas, como proteção e regeneração da pele, enquanto que a goma xantana atua apenas como um agente funcional, ou seja, controlador de viscosidade em emulsões, géis e suspensões.

A utilização da levana em cosméticos tem sido pouco descrita, entretanto, novos estudos apontam um grande campo de aplicação, devido, às suas propriedades, como poder adesivo, formação de filmes, baixa viscosidade e alto peso molecular. Além disso, a levana apresenta muitas outras funções que conferem uma ótima capacidade como ingrediente ativo de formulações cosméticas, apresentando propriedades de retenção de umidade, atividades antioxidante, anti-inflamatória, estimulador de proliferação celular e atividade clareadora.

Considerando as diversas propriedades da levana e os poucos estudos com esse polímero no ramo da cosmetologia, esta revisão tem o objetivo de descrever tanto a produção microbiana, bem como as suas potenciais aplicações inovadoras na

cosmetologia.

## 2 | EXOPOLISSACARÍDEOS EM COSMÉTICOS

Exopolissacarídeo é o termo utilizado para a classificação dos polissacarídeos extracelulares. Além da localização, eles ainda podem ser definidos como homo ou heteropolissacarídeos. Os homopolissacarídeos, como por exemplo, dextrana e levana, são constituídos por somente um tipo de açúcar e são geralmente produzidos por uma só enzima ou por um sistema simples de enzimas. Por outro lado, os heteropolissacarídeos são constituídos por dois ou mais tipos de açúcares e sintetizados por sistemas enzimáticos complexos (ERNANDES, GARCIA-CRUZ, 2005).

O interesse por pesquisas com EPS tem aumentado, pois estes são candidatos para muitas aplicações comerciais em diferentes setores industriais, como farmacêutico e cosmético, alimentos, em petróleo e outros. Essas moléculas apresentam várias vantagens sobre ingredientes químicos, principalmente como biocompatibilidade e biodegradabilidade (KÜÇÜKAŞIK et al., 2011). A inclusão de produtos naturais, como aditivos, pode garantir a eficiência e a segurança dos produtos cosméticos, resultando em maior valor agregado e aceitação do mercado (NOVAK, 2010).

Esses polímeros microbianos apresentam diferentes aplicações em cosméticos devido a sua variedade de funções, incluindo estabilizadores de emulsão que impedem a coalescência das gotículas de óleo e a separação de ingredientes, formador de filme, aglutinante, agente de aumento de viscosidade e agente condicionador da pele (RADCHENKOVA et al., 2015).

De maneira geral, os polissacarídeos aplicados em cosméticos são classificados com base em sua ação, podendo estes, ser do tipo funcional e/ou ativo. Os que pertencem ao tipo funcional, são incorporados ao produto cosmético para atuarem como agente geleificante, regulador de viscosidade, espessante e emulsificante, de acordo com sua polimerização, rede de retenção de água por meio de sua capacidade de inchamento. Portanto, o polissacarídeo funcional é tradicionalmente classificado com base em suas cargas eletroquímicas. Já a sua aplicação como biopolímeros ativos, está voltada principalmente para seu efeito hidratante da pele (KANLAYAVATTANAKUL; LOURITH, 2015).

O ácido hialurônico é um EPS muito utilizado na medicina estética, por apresentar características físico-químicas marcantes, especialmente a viscoelasticidade, a capacidade de se ligar e reter água. Por estas razões, desempenha um papel importante na hidratação dos tecidos, lubrificação e função celular. A principal aplicação dos géis derivados do ácido hialurônico em medicina estética é no aumento dos tecidos moles, principalmente para o tratamento da face envelhecida (pregas nasolabiais e rugas glabulares e frontais) e para aumentar e remodelar os lábios. Seu sucesso é devido a uma baixa incidência de reações adversas em comparação com outros produtos de aumento de tecidos moles (NISI et al., 2016).

A goma xantana é outro exopolissacarídeo que atende aos critérios para aplicações em formulações como boa resistência à temperatura e estabilidade em soluções alcalina, ácida e salina, atuando como agente aglutinante, surfactante/emulsificante e intensificador de viscosidade. Em concentrações de 4-6% tem sido usado em produtos de contato dérmico e mucoso, corantes capilares e produtos para unhas (PALANIRAJA, JAYARAMAN, 2011; FREITAS, ALVES, REIS, 2015; FIUME et al., 2016). A goma xantana é utilizada em quase todas as categorias de produtos cosméticos, incluindo produtos de higiene bucal, formulações leave-in (hidrata profundamente), desodorantes, produtos para bebês, etc. (FREITAS, REIS, ALVES, 2015; FIUME et al., 2016).

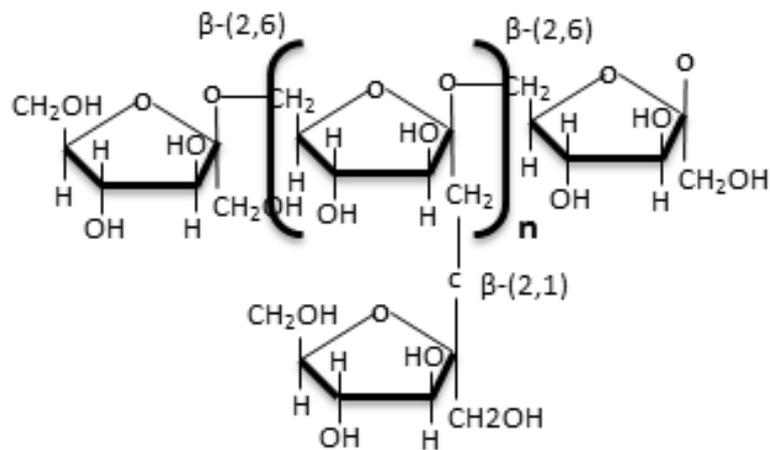
O uso da goma de gelana em formulações cosméticas é relatado principalmente como um estabilizador de emulsão e um agente de aumento de viscosidade. É usado em produtos de contato dérmico em concentrações de 0,3 a 0,5%. Também utilizado em produtos capilares, de contato para olhos e mucosas, em concentrações de 0,0004% (FREITAS, REIS, ALVES, 2015; FIUME et al., 2016).

A celulose bacteriana já foi relatada em algumas aplicações cosmetológicas, seu uso já foi proposto para o desenvolvimento de produtos de cicatrização de feridas (CZAJA et al. 2006; SOLWAY, CONSALTER, LEVINSON, 2010), reparo da pele (FU; ZHANG; YANG, 2013) e hidratação da pele (AMNUAIKIT et al., 2011). Devido a sua alta capacidade de hidratação, a celulose é usada como ingredientes em cremes hidratantes e em máscaras faciais, melhorando a hidratação da pele (AMNUAIKIT et al., 2011; FREITAS, REIS, ALVES, 2015).

Apesar de apresentar muitas propriedades que revelam a levana como um ótimo exopolissacarídeo de aplicação em produtos cosméticos, a sua utilização nesta área ainda é pouco descrita na literatura. Sua atividade biológica relatada inclui efeitos de proliferação celular, hidratação da pele e alívio da irritação da pele (KIM et al., 2003), efeitos de clareamento da pele (FURUKAWA; TSUBOI, 2006), atividade anti-inflamatória e antioxidante (KANG et al., 2009; SRIKANTH et al., 2015a).

### 3 | PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LEVANA

Levana é um polissacarídeo extracelular formado principalmente por monômeros de frutose, onde sua estrutura química foi determinada pela primeira vez em 1990 pelos pesquisadores Simms, Boyko e Edwards, que com base nas pesquisas feitas com a levana produzida por *Streptococcus salivarius* SS2, concluíram que esta é constituída por uma cadeia principal de resíduos de  $\beta$ -D-frutofuranosídeos unidos por ligações  $\beta(2\rightarrow6)$  e ramificações com ligações  $\beta(2\rightarrow1)$ , conforme pode ser observado na Figura 1. Sua massa molecular é de aproximadamente  $10^7$  Daltons, correspondente a aproximadamente 60.000 unidades de frutose unidas por ligações  $\beta(2\rightarrow6)$ .



**Figura 1.** Estrutura da levana contendo as ligações principais do tipo  $\beta(2\rightarrow6)$  e suas ramificações unidas por ligações  $\beta(2\rightarrow1)$ .

A síntese da levana ocorre principalmente pela levanasacarase (E.C. 2.4.1.10) por ser uma enzima multifuncional, possuindo atividade de: hidrólise (quebra da molécula de sacarose em: glicose e frutose na ligação  $\beta(2\rightarrow1)$ ), transfrutossilacção (transferência do grupo frutossil para uma molécula aceptora) e polimerização (síntese das frutanas, como frutooligossacarídeos e levana) (BERSANETI, et al., 2017). Na reação de transfrutossilacção realizada pela levanasacarase, há uma variedade de aceptores do resíduo frutossil, resultante da hidrólise da sacarose, incluindo água, glicose, sacarose e frutana (MARTINEZ-FLEITES et al., 2005). É uma enzima que pertence ao grupo das hidrolases glicosídicas na família 68, podendo também ser classificada como uma frutossiltransferase. A levanasacarase extracelular pode ser produzida por uma ampla variedade de cepas, incluindo *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Zymomonas mobilis*, *Pseudomonas fluorescens* e *Lactobacillus reuteri* (ERNANDES, GARCIA-CRUZ, 2005; GU, et al., 2017).

Em relação a produção de levana, a quantidade desse EPS produzido pelos microrganismos está intimamente relacionada com as condições específicas de crescimento celular e com a composição do meio de cultura (SANTOS; CAVALCANTI; CELLIGOI, 2011). Normalmente, é produzida direto do microrganismo via fermentação submersa ou pela enzima isolada, na maioria dos casos utilizando a sacarose, xaropes ou melaço como substrato. O seu peso molecular, grau de polimerização e a ramificação da unidade de repetição podem variar conforme a fonte de produção (microrganismos ou plantas). Geralmente, quando é sintetizada por plantas o seu peso molecular é muito baixo se comparado a produzidas por microrganismos (TOMULESCU et al., 2016; ONER, HERNÁNDEZ, COMBIE, 2016).

Segundo os estudos de Shih, Yu, (2005); Wu et al. (2013); Lu et al. (2014); Zhang et al. (2014) e Bersaneti et al. (2017) os principais fatores que influenciam na produção de levana são: fonte de carbono e a sua concentração, temperatura, pH, tempo de cultivo, fonte de nitrogênio, presença de sais no meio de fermentação, agitação e aeração.

Para a produção de levana microbiana é necessário uma fonte de carbono e, a

sacarose é empregada na maioria das produções, sempre em altas concentrações, para obter boa produtividade e com características de alto peso molecular. Destacando que a sacarose tem baixos efeitos inibidores contra a levanasacarase, aumentando assim a possibilidade de alcançar altos rendimentos de polissacarídeos (SRIKANTH et al., 2015b).

A presença de levanas pré-formadas, força iônica e constante dielétrica dos meios de cultivo também são fatores que podem influenciar na produção de levana (CHAMBERT; PETIT-GLATRON, 1993).

A produção de levana pode ser realizada por diferentes microrganismos e as condições empregadas de fermentação são de grande importância para obter as características do produto desejado. A Tabela 1 descreve os diferentes microrganismos produtores, as condições de fermentação e os altos valores de levana obtida.

Microrganismos	Condições de Fermentação	Levana (gL <sup>-1</sup> )	Referência
<i>Zymomonas mobilis</i> CCT 4494	pH 6,0-7,0; 30 °C; 200 rpm; 200 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 72 h	85,4	Ernandes et al. (2011)
<i>Bacillus subtilis natto</i>	pH 7; 37 °C; 150 rpm; 400 gL <sup>-1</sup> sacarose, 16 h	111,6	Santos et al. (2013)
<i>Bacillus Methylophilus</i> SK 21.002	pH 6,0; 37 °C; 300 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 16 h	100,0	Zhang et al. (2014)
<i>Zymomonas mobilis</i> B-14023	pH 6,0; 28 °C; 300 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 42 h	40,2	Silbir et al. (2014)
<i>Brenneria goodwinii</i>	pH 6,0; 35 °C; 500 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 12 h	185,0	Liu et al. (2017)
<i>Bacillus subtilis natto</i> CCT7712	pH 7,0; 35 °C; 150 rpm; 420,7 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 36 h	86,9	Bersaneti et al. (2017)
<i>Lactobacillus reuteri</i> LTH5448	pH 6,0; 35 °C; 500 gL <sup>-1</sup> de sacarose, 12 h	183,0	Ni et al. (2018)

**Tabela 1.** Produção de levana por diferentes microrganismos e suas respectivas condições de cultivo.

A levana também pode ser obtida por síntese enzimática, isto é, sem a presença de células microbianas no meio de fermentação, porém as condições ideais devem ser próximas da atividade enzimática, com pH ideal de 6,0 ou próximo da neutralidade, temperatura entre 35 °C a 40 °C, essas condições têm sido estudadas por vários autores (ZHANG et al., 2014; LU et al., 2014; LIU et al., 2017; BERSANETI et al., 2017; KIRTEL et al., 2018; NI et al., 2018).

Após a produção da levana são necessárias as etapas de purificação e caracterização para possível aplicação, assim, vários métodos têm sido desenvolvidos

para obter os exopolissacarídeos mais purificados das culturas microbianas. As técnicas de extração devem ser testadas e otimizadas de acordo com o objetivo final, seja ela qualitativa ou quantitativa. A purificação de exopolissacarídeos do extrato bruto (meio fermentado) pode ser feita por Cromatografia de troca aniônica DEAE-52 e Sephadex G-100 (RAHI et al., 2018) ou ainda ser fracionada com uma coluna de Q-Sepharose de fluxo rápido, dentre muitas outras técnicas (PRATHYUSHA, SHEELA, BRAMHACHARI, 2018)

Para a caracterização geral dos EPS as propriedades químicas, físicas e biológicas devem ser conhecidas para futuras aplicações. Uma técnica comumente utilizada é a análise de FT-IR (espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier) empregada para examinar a estrutura básica dos EPS. Para definir o peso molecular tem sido usada a cromatografia de permeação em gel (GPC) e análise de MALDI-TOF MS (*espectrometria de massa por ionização e desorção a laser assistida por matriz*) (SONG et al., 2011). Pela metodologia de RMN (ressonância magnética nuclear) é possível observar onde cada carbono/hidrogênio estão posicionados, auxiliando na caracterização. Também na etapa de caracterização a microscopia eletrônica de transmissão (MET) e a microscopia de força atômica (AFM) (SLETMOEN et al., 2003) são técnicas frequentemente empregadas. A associação dessas tecnologias tem possibilitado a identificação e caracterização das biomoléculas de interesse industrial.

## **4 | PROPRIEDADES DA LEVANA PARA USO NA COSMETOLOGIA**

Levana apresenta alto potencial como ingrediente ativo a ser aplicado em formulações cosméticas e farmacêuticas. No entanto, apesar de apresentar inúmeras propriedades de interesse no âmbito cosmetológico, o seu uso nesta área ainda é escasso e existem poucos estudos científicos. Algumas propriedades biológicas da levana são importantes para sua utilização em cosmético, destacando a capacidade de retenção de água (hidratação), lubrificação, viscoelasticidade, solubilidade, antioxidante, anti-inflamatório, biocompatibilidade, biodegradável, entre outras. Desta forma, representa uma alternativa no tratamento do envelhecimento facial, principalmente para tratar rugas e linhas de expressão.

### **4.1 Capacidade de retenção de água (hidratação)**

A pele é um órgão vital para o organismo humano, sendo considerado um revestimento complexo e composto essencialmente por três camadas: epiderme, derme e hipoderme, além do sistema celular. Este complexo forma uma “barreira cutânea” como uma ferramenta de proteção do nosso corpo e apresenta como funções: prevenção de entrada de bactérias e substâncias químicas, resistência às forças mecânicas, proteção contra radiação ultravioleta, descamação progressiva (renovação celular), controle da perda de água transepidérmica e retenção de água

intraepidérmica. Assim, o termo “hidratação” se refere ao mecanismo da epiderme em reter água, sobretudo no estrato córneo, bem como evitar a perda de água para o meio externo, de modo que a sua taxa de evaporação sempre se mantenha num nível normal. O conteúdo aquoso do estrato córneo é um dos mais importantes parâmetros na avaliação da função barreira, além da chamada perda transepidérmica de água (OLIVEIRA, 2009), isso faz a pele permanecer saudável, macia, com flexibilidade e elasticidade é o equilíbrio que existe no mecanismo de sua hidratação, na capacidade que o organismo tem de promover a renovação celular e nas substâncias que compõem a epiderme.

Kim et al. (2005) verificaram o efeito hidratante de levana avaliando a perda de água transepidérmica e o conteúdo de água na pele, usando um VapoMeter e um Corneômetro CM825, respectivamente. Os resultados da levana aplicado à pele foram comparados com os resultados de 0,2% de ácido hialurônico e água destilada. De acordo com a análise estatística dos dados, houve uma diminuição significativa na perda de água na pele resultado da aplicação de levana e ácido hialurônico, ao contrário de quando a água destilada foi aplicada. Os resultados do teor de água na pele usando um corneômetro CM825, mostraram a mesma tendência daqueles mencionados acima. Com base nesses dados, os autores concluíram que a levana apresenta um efeito hidratante substancial (KIM et al., 2005; KANG et al., 2009).

Segundo Yoo et al. (2004) e Calazans et al. (2000) a levana demonstra exercer excelentes efeitos como: suavização da pele, melhora da proliferação celular, hidratação da pele e alívio da irritação da pele como componente ativo em produtos cosméticos.

#### 4.2 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante de levana tem sido estudada para a sua aplicação industrial. Abdel-Fattah et al. (2012) avaliaram o efeito antioxidante de levana produzida por *Bacillus subtilis* NRC1aza, por meio do método de 1,1-difenil-2-pirocil-hidrazil (DPPH), constatando uma alta atividade antioxidante no polímero. Liu et al. (2012) também verificaram a atividade antioxidante em levanas com diferentes pesos moleculares, produzidas pela bactéria endofítica *Paenibacillus polymyxa* EJS-3, os autores concluíram que todas as amostras testadas apresentaram boa atividade antioxidante.

Srikanth et al. (2015a) avaliaram a capacidade antioxidante de levana produzida por *Acetobacter xylinum* NCIM2526, utilizando também o método do DPPH, e concluíram que a levana isolada pode ser empregada como um forte antioxidante para aplicações farmacêuticas e biomédicas. A atividade antioxidante de levana também já foi relatada por Dahech et al. (2013) que verificaram esse efeito pelo aumentando das atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT).

### 4.3 Atividade anti-inflamatória

Levana obtida de várias fontes tem sido relatada apresentando uma boa atividade anti-inflamatória, essa propriedade é importante para aplicações na indústria farmacêutica, que apresenta atualmente uma demanda por produtos com essas características. Com o intuito de examinar a natureza anti-inflamatória de levana obtida de *Acetobacter xylinum* NCIM 2526, Srikanth et al. (2015a) realizaram um ensaio anti-inflamatório *in vitro* utilizando o método de desnaturação da proteína (BSA) e o diclofenaco de sódio como padrão. O fármaco padrão utilizado para o ensaio, mostrou um efeito inibitório máximo de 100% na concentração de 0,25 mg/mL e para levana foi observado uma atividade anti-inflamatória de 71,18% na mesma concentração. Dessa forma, os autores puderam concluir que a levana produzida por *A. xylinum* pode eficientemente ser usada como um agente anti-inflamatório.

Kim et al. (2005) também avaliaram o efeito anti-inflamatório de levana, no entanto, utilizou um método diferente de Srikanth et al. (2015a) onde os autores usaram uma pele artificial tridimensional para testar a atividade anti-inflamatória de levana. Depois de induzir uma irritação primária da pele artificial 3-D, aplicaram 0,01 mg/mL e 0,05 mg/mL de solução levana, e subseqüentemente, a quantidade de interleucina (IL-1 $\alpha$ ), mediador pró-inflamatório durante o transporte do sinal intercelular secretada, foi medida. A pele artificial tratada com 0,01 mg/mL e 0,05 mg/mL de levana exibiu quantidade reduzida de IL-1 $\alpha$ , em comparação à pele artificial que não tinha sido tratada com levana. Diante disso, os resultados observados pelos autores, sugerem que a levana exerce um efeito na irritação da pele. No entanto, o mecanismo exato a este fenômeno não é claro. Apesar da levana testada ter um alto peso molecular, ela consegue proporcionar uma proliferação celular e efeitos anti-inflamatórios. Isto pode ser atribuído à sua capacidade de penetração, que é devido a distribuição de tamanho de partícula menor (170 a 300 nm), quando comparada com a de outros polissacarídeos (KANG et al, 2009).

### 4.4 Solubilidade

Os exopolissacarídeos tem sua solubilidade relacionada ao peso molecular e ramificações, que geralmente apresentam grupos carregados (ALMEIDA, 2015). Levana é solúvel tanto em água como em óleo devido suas ligações  $\beta(2\rightarrow6)$ . No entanto, a sua solubilidade em água é diferenciada, apresentando baixa solubilidade em água gelada e alta solubilidade em água quente (SRIKANTH et al., 2015b).

As soluções de levana em água normalmente permanecem líquidas em temperatura ambiente, enquanto concentrações semelhantes de outros polissacarídeos formam pastas ou géis espessos. Como muitos polissacarídeos, a levana não é solúvel na maioria dos solventes orgânicos, como metanol, acetona, etanol, n-propanol, metiletilcetona, isopropanol, lactato de etila, tolueno, sendo o dimetilsulfóxido (DMSO) uma exceção (MANANDHAR; VIDHATE; SOUZA, 2009).

Devido as propriedades de solubilidade e baixa viscosidade intrínseca deste polímero, estudos recentes estão explorando uma nova aplicação de levana como hidrogéis solúveis em água, estes estão ganhando destaque nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêuticas (OSMAN et al., 2017; PENG et al., 2018).

## 5 | PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

A levana possui um grande potencial como ingrediente ativo na indústria de cosméticos, por apresentar as principais propriedades como capacidade de retenção de água, atividades antioxidante e anti-inflamatória, com perspectivas de aplicação industrial.

Nosso grupo de pesquisa já desenvolveu um novo biocosmético com adição de levana, sintetizada pela levanasacarase de *Bacillus subtilis* natto. Este produto foi patenteado (BR 10 2018 069609 2) e as formulações desenvolvidas apresentaram alta atividade antioxidante, sendo 3,6 vezes maior do que a formulação base. O biocosmético permaneceu estável por 15 dias e a espalhabilidade do produto aumentou com a adição de levana. Atestando, que este produto pode ser promissor no segmento da indústria de cosméticos.

Além da formulação desenvolvida pelo nosso grupo de pesquisa, existem outros produtos com adição de levana, descrito por Kim et al. (2003) que relataram efeito hidratante, atividade de proliferação celular e alívio na irritação da pele. Também Peng et al. (2018) desenvolveram formulações de hidrogéis com a incorporação da levana e com boas propriedades físico-químicas. A patente (KR20080102486A) desenvolveu um sabonete facial suplementado com levana, que apresentou propriedades hidratantes e inibiu o ressecamento da pele.

Comercialmente a levana é produzida por algumas empresas, incluindo a Montana Polysaccharides Corporation (EUA) que usa uma espécie de *Bacillus*; Advance Co., Ltd. (Japão) com *Lactococcus sp.*; Gan Shmuel Group (Israel) pela levanasacarase e Rahn AG (Suíça) comercializa o produto com levana denominado Proteolea® utilizado para setores de cuidados pessoais.

Essas informações mostram que a busca do mercado por moléculas bioativas, de origem natural, que não agridam o meio ambiente está aumentando gradualmente nos últimos anos, o que demonstra o interesse dos consumidores por produtos que sejam mais seguros e ecologicamente corretos, assim a levana têm as características importantes e inovadoras para a geração de novos produtos cosméticos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - Brasil) e o ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-FATTAH, A.M.; GAMAL-ELDEEN, A.M.; HELMY, W.A.; ESAWY, M.A. **Antitumor and antioxidant activities of levan and its derivative from the isolate *Bacillus subtilis* NRC1aza.** Carbohydrate Polymers, v.89, p.314-322, 2012.
- ALMEIDA, J.P. **Triagem de isolados bacterianos de origem marinha visando a produção de exopolissacarídeos.** 69 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal da Bahia, 2015.
- AMNUAIKIT, T.; CHUSUIT, T.; RAKNAM, P.; BOONME, P. **Effects of a cellulose mask synthesized by a bacterium on facial skin characteristics and user satisfaction.** Medical Devices: Evidence and Research, v.4, p.77-81, 2011.
- BERSANETI, G.T.; PAN, N.C.; BALDO, C.; CELLIGOI, M.A.P.C. **Co-production of Fructooligosaccharides and Levan by Levansucrase from *Bacillus subtilis* natto with Potential Application in the Food Industry.** Applied Biochemistry and Biotechnology, v.184, p.838-851, 2017.
- CALAZANS, G.M.; LIMA, R. C.; DE FRANÇA, F. P.; LOPES, C. E. **Molecular weight and antitumour activity of *Zymomonas mobilis* levans.** International Journal of Biological Macromolecules, v.27, p.245-247, 2000.
- CHAMBERT, R.; PETIT-GLATRON, M.F. **Polymerase and hidrolase activities of *Bacillus subtilis* levansucrase can be separately modulated by site-directed mutagenesis.** Journal of Biochemical, v.276, p.35-41, 1993.
- CZAJA, W.; KRZYSTYNOWICZ, A.; BIELECKI, S.; BROWNJR, R. **Microbial cellulose-the natural power to heal wounds.** Biomaterials, v.27, p.145-151, 2006.
- DAHECH, I.; AYED, H. B.; BELGHITH, K. S.; BELGHITH, H.; MEJDOUB, H. **Microbial production of levansucrase for specific hydrolysis of levan.** International Journal of Biological Macromolecules, v.60, p.128-133, 2013.
- ERNANDES, F. M. P. G.; GARCIA-CRUZ, C. H. **Levana Bacteriana: aspectos tecnológicos, características e produção.** Semina: Ciências Agrárias, v.26, p.71-82, 2005.
- ERNANDES, F.M.P.G.; CRUZ, C.H.G. **Nutritional requirements of *Zymomonas mobilis* CCT 4494 for levan production.** Brazilian Archives of Biology and Technology, v.54, p. 589-600, 2011.
- FIUME, M.M.; HELDRETH, B.; BERGFELD, W.F.; BELSITO, D.V.; HILL, R.A.; KLAASSEN, C.D.; LIEBLER, D.C.; MARKS JR, J.G.; SHANK, R.C.; SLAGA, T.J.; SNYDER, P.W.; ANDERSEN, F.A. **Safety Assessment of Microbial Polysaccharide Gums as Used in Cosmetics.** International Journal of Toxicology, v.35, p.5-49, 2016.
- FU, L.; ZHANG, J.; YANG, G. **Present status and applications of bacterial cellulose-based materials for skin tissue repair.** Carbohydrate Polymers, v.92, p.1432-1442, 2013.
- FURUKAWA, M.; TSUBOI, T. **Beautifully whitening agent.** Japanese patent 2006052146, 2006.
- FREITAS, F.; ALVES, V.D.; REIS, M.A.M. **Bacterial Polysaccharides: Production and Applications in Cosmetic Industry.** Springer International Publishing, p.1-24, 2015.
- GU, Y.; ZHENG, J.; FENG, J.; CAO, M.; GAO, W.; QUAN, Y.; DANG, Y.; WANG, Y.; WANG, S.; SONG, C. **Improvement of levan production in *Bacillus amyloliquefaciens* through metabolic optimization of regulatory elements.** Applied Microbiology and Biotechnology, v.101, p.4163-4174, 2017.

KANG, S.A.; JANG, K.; SEO, J.; KIM, H.K.; KIM, J.H.; RAIRAKHWADA, D.; SEO, M.J.; LEE, J.O.; HA, C.; KIM, C.; RHEE, S. **Levan: Applications and Perspectives**. Production of Biopolymers and Polymer Precursors, p.145-161, 2009.

KANLAYAVATTANAKUL, M.; LOURITH, N. **Biopolysaccharides for Skin Hydrating Cosmetics**. Springer International Publishing Switzerland, p.1867-1892, 2015.

KIRTEL, O.; MENÉNDEZ, C.; VERSLUYS, M.; VAN DEN ENDE, W.; HERNÁNDEZ, L.; TOKSOY ÖNER, E. **Levansucrase from *Halomonas smyrnensis* AAD6T: first halophilic GH-J clan enzyme recombinantly expressed, purified, and characterized**. Applied Microbiology and Biotechnology, v.102, p.9207-9220, 2018.

KIM, K.; KIM, K.; RYO, O.; LEE, T.; KIM, T. **Cosmetic composition containing levan having cellproliferation, skin-moisturizing and irritation-alleviating effects**. Japanese Patent 2003277225, 2003.

KIM, K.H.; CHUNG, C.B.; KIM, Y.H.; KIM, K.S.; HAN, C.S.; KIM, C.H. **Cosmeceutical properties of levan produced by *Zymomonas mobilis***. Journal Cosmetic Science., v.56, p.395–406, 2005.

KÜÇÜKAŞIK, F.; KAZAK, H.; GUNEY, D.; FINORE, I.; POLI, A.; YENIGUN, O.; NICOLAUS, B. **Molasses as fermentation substrate for levan production by *Halomonas* sp.** Applied Microbiology and Biotechnology, v.89, p.1729-1740, 2011.

LIU, J.; LUO, J.; YE, H.; ZENG, X. **Preparation, antioxidant and antitumor activities in vitro of different derivatives of levan from endophytic bacterium *Paenibacillus polymyxa* EJS-3**. Food and Chemical Toxicology, v.50, p.767-772, 2012.

LIU, Q.; YU, S.; ZHANG, T.; JIANG, B.; MU, W. **Efficient biosynthesis of levan from sucrose by a novel levansucrase from *Brenneria goodwinii***. Carbohydrate Polymers, v.157, p.1732-1740, 2017.

LU, L.; FU, F.; ZHAO, R.; JIN, L.; HE, C.; XU, L.; XIAO, M. **A recombinant levansucrase from *Bacillus licheniformis* 8-37-0-1 catalyzes versatile transfructosylation reactions**. Process Biochemistry, v.49, n.9, p.1503-1510, 2014.

MANANDHAR, S.; VIDHATE, S.; D'SOUZA, N. **Water soluble levan polysaccharide biopolymer electrospun fibers**. Carbohydrate Polymers, v.78, p.794-798, 2009.

NOVAK, A.C. **Evaluation of the cosmetic potential of the *Cyanobacterium Spirulina platensis***. Dissertação de Mestrado em Processos Biotecnológicos – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

NI, D.; XU, W.; BAI, Y.; ZHANG, W.; ZHANG, T.; MU, W. **Biosynthesis of levan from sucrose using a thermostable levansucrase from *Lactobacillus reuteri* LTH5448**. International Journal of Biological Macromolecules, v.113, p.29-37, 2018.

NISI, G.; CUOMO, R.; BRANDI, C.; GRIMALDI, L.; SISTI, A.; D'ANIELLO, C. **Carbon dioxide therapy and hyaluronic acid for cosmetic correction of the nasolabial folds**. Journal of Cosmetic Dermatology, v.15, p.169-175, 2016.

OLIVEIRA, A.Z.M. **Desenvolvimento de formulações cosméticas com ácido hialurônico**. 100 f. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Farmacêutica - Universidade do Porto, 2009.

ONER, E. T.; HERNÁNDEZ, L.; COMBIE, J. **Review of Levan polysaccharide: From a century of past experiences to future prospects**. Biotechnology Advances, v.34, p.827-844, 2016.

OSMAN, A.; ONER, E. T.; EROGLU, M. S. **Novel levan and pNIPA temperature sensitive hydrogels for 5-ASA controlled release**. Carbohydrate Polymers, v.165, p.61-70, 2017.

- PALANIRAJA, A.; JAYARAMANB, V. **Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris***. Journal of Food Engineering, v.106, p.1-12, 2011.
- PENG, J.; XU, W.; NI, D.; ZHANG, W.; ZHANG, T.; GUANG, C.; MU, W. Preparation of a novel water-soluble gel from *Erwinia amylovora* levan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.122, p. 469-478, 2018.
- PRATHYUSHA, A. M. V. N.; SHEELA, G. M.; BRAMHACHARI, P. V. **Chemical characterization and antioxidant properties of exopolysaccharides from mangrove filamentous fungi *Fusarium equiseti* ANP2**. Biotechnology Reports, 2018. <http://doi.org/10.1016/j.btre.2018.e00277>
- RADCHENKOVA, N.; PANCHEV, I.; VASSILEV, S.; KUNCHEVA, M. DOBREVA, S.; KAMBOUROVA, M. **Continuous cultivation of a thermophilic bacterium *Aeribacillus pallidus* 418 for production of an exopolysaccharide applicable in cosmetic creams**. Journal of Applied Microbiology, v.119, p.1301-1309, 2015.
- RAHI, D. K.; NANDA, A.; MALIK, D.; RAHI, S. **Antioxidant Properties of Exopolysaccharides Produced by an Indigenous Species of *Penicillium***. International Journal of Pharma Research and Health Sciences v. 6, p. 2462–2467, 2018.
- SANTOS, L. F.; CAVALCANTI, O. A.; CELLIGOI, M. A. C. **Produção e aplicação de polissacarídeos: um enfoque na levana e os potenciais dispositivos**. Revista Saúde e Pesquisa, v.4, p.254-270, 2011.
- SANTOS, L.F.; MELO, F.C.B.C.; PAIVA, W.J.M.; BORSATO, D.; SILVA, M.L.C.C.; CELLIGOI, M.A.P.C. **Characterization and optimization of levan production by *Bacillus subtilis* natto**. Romanian Biotechnological Letters, v.18, p.8413-8422, 2013.
- SILBIR, S.; DAGBAGLI, S.; YEGIN, S.; BAYSAL, T.; GOKSUNGUR, Y. **Levan production by *Zymomonas mobilis* in batch and continuous fermentation systems**. Carbohydrate Polymers, v.99, p.454-461, 2014.
- SIMMS, P.; BOYKO, W.; EDWARDS, J. **The structural analysis of a levan produced by *Streptococcus salivarius* SS2**. Carbohydrate Research, v.208, p.193-198, 1990.
- SLETMOEN, M.; MAURSTAD, G.; SIKORSKI, P.; PAULSEN, B.S.; STOKKE, B. T **Characterisation of bacterial polysaccharides: steps towards single-molecular studies**. Carbohydrate Research, vol. 338, no. 23, pp. 2459–2475, 2003.
- SOLWAY, D.R.; CONSALTER, M.; LEVINSON, D.J. **Microbial cellulose wound dressing in the treatment of skin tears in the frail elderly**. Wounds, v.22, p.17-19, 2010.
- SONG, Y.; SONG, N.; KIM, J.; NHO, Y.; BAIK, S. **Exopolysaccharide produced by *Bacillus licheniformis* strains isolated from Kimchi**. The Journal of General and Applied Microbiology, v 175, p. 169-175, 2011.
- SHIH, I.-L.; YU, Y.-T. **Simultaneous and selective production of levan and poly (gamma-glutamic acid) by *Bacillus subtilis***. Biotechnology Letters, v.27, p.103-106, 2005.
- SRIKANTH, R.; SIDDARTHA, G.; SUNDHAR REDDY, C. H. S. S.; HARISH B.S.; JANAKI RAMAIAH, M.; UPPULURI, K. B. **Antioxidant and anti-inflammatory levan produced from *Acetobacter xylinum* NCIM2526 and its statistical optimization**. Carbohydrate Polymers, v.123, p.8-16, 2015a.
- SRIKANTH, R.; REDDY, C.H.S.S.S.; SIDDARTHA, G.; RAMAIAH, M.J.; UPPULURI, K.B. **Review on production, characterization and applications of microbial levan**. Carbohydrate Polymers, v.120, p.102-114, 2015b.

TOMULESCU, C.; STOICA, R.; SEVCENCO, C.; CĂȘĂRICĂ, A.; MOSCOVICI, M.; VAMANU, A. **LEVAN - A MINI REVIEW**. Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, v.20, p.309-317, 2016.

WU, F.-C.; CHOU, S.-Z.; SHIH, I.-L. **Factors affecting the production and molecular weight of levan of *Bacillus subtilis* natto in batch and fed-batch culture in fermenter**. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v.44, p.846-853, 2013.

YOO, S.-H.; YOON, E. J.; CHA, J.; LEE, H. G. **Antitumor activity of levan polysaccharides from selected microorganisms**. International Journal of Biological Macromolecules, v.34, p.37-41, 2004.

ZHANG, T.; LI, R.; QIAN, H.; MU, W.; MIAO, M.; JIANG, B. **Biosynthesis of levan by levansucrase from *Bacillus methylotrophicus* SK 21.002**. Carbohydrate Polymers, v.101, p.975-981, 2014.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**JOSÉ MAX BARBOSA DE OLIVEIRA JUNIOR** é graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Faculdade Araguaia (FARA). Mestre em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Doutor em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Atualmente é Pós-Doutorando na Universidade do Algarve (UAlg-Portugal), no grupo de Investigação do Centro de Ciências do Mar, Faculdade de Ciências, Ecoreach –Ecologia de ecossistemas ribeirinhos, estuarinos e costeiros. É professor Adjunto I da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Coordenador do Laboratório Multidisciplinar de Gestão Ambiental. Orientador nos programas de Pós-Graduação stricto sensu em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA/EMBRAPA). Membro de corpo editorial dos periódicos Enciclopédia Biosfera e Vivências. Tem vasta experiência em ecologia e conservação de ecossistemas aquáticos continentais, integridade ambiental, ecologia geral, avaliação de impactos ambientais (ênfase em insetos aquáticos). Áreas de interesse: ecologia, conservação ambiental, agricultura, pecuária, desmatamento, avaliação de impacto ambiental, insetos aquáticos,

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-279-1

