

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-617-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.178212511>

1. Ciências exatas e da terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra "Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2" aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.


Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ALTERNATIVE FOR THE QUALITY CONTROL OF ANTILOMOMIC SÉRUM PRODUCTION PROPOSED BY *Lonomia obliqua* CATERPILLARS USING ANALYTIC TECHNIQUES


Anicarine Ribeiro Leão
Cibele Bugno Zamboni
Dalton Giovanni Nogueira da Silva
Simone Michaela Simons

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125111>

CAPÍTULO 2..... 5

ANÁLISE DE ESTABILIDADE UTILIZANDO A TEORIA DE FLOQUET EM SISTEMAS DE TETHERS


Denilson Paulo Souza dos Santos
Jorge Kennety Silva Formiga
Guilherme Marcos Neves
Guilherme Parreira Moia
Rita de Cássia Domingos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125112>

CAPÍTULO 3..... 17

CONSTITUINTES E CONTAMINANTES MINERAIS EM SUPLEMENTOS *WHEY PROTEIN*: ESTUDO DE CASO E ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE QUÍMICA


Thalles Pedrosa Lisboa
Antonio Pedro Nogueira Guimarães
Lucas Vinícius de Faria
Rafael Arromba de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125113>

CAPÍTULO 4..... 30

CLASSIFICAÇÃO DE TRÁFEGO EM REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS DO TIPO MLP

Nilton Alves Maia
Victor de Freitas Arruda
Maurílio José Inácio
Renê Rodrigues Veloso


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125114>

CAPÍTULO 5..... 43

CRESCIMENTO EM DAP E ALTURA TOTAL DE CINCO ÁREAS CILIARES NO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Maria Cristina Bueno Coelho
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Yandro Santa Brigida Ataide
Mathaus Messias Coimbra Limeira

Walberisa Magalhães Gregório
Maurilio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
André Ferreira dos Santos,
Max Vinícios Reis de Sousa
Marcos Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125115>

CAPÍTULO 6..... 53

ESTUDO SOBRE MANOBRAS DE FASE


Gabriel Homero Barros Vieira
Claudia Celeste Celestino de Paula Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125116>

CAPÍTULO 7..... 69

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO
CARREGADOS COM FARINHA DE BAGAÇO DE MANDIOCA**


Alexsandro Bussinger Bon
Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Marisa Cristina Guimarães Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125117>

CAPÍTULO 8..... 82

**GENERATION OF WIND ENERGY WITH KITES: A REVIEW OF THE AIRBORNE WIND
ENERGY TECHNOLOGY**


Laura Barros Cordeiro Peçanha
Natalia de Souza Barbosa Oliveira
Wagner Vianna Bretas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125118>

CAPÍTULO 9..... 97

**INTERVENÇÃO PSICOSSOCIAL COM A TÉCNICA DE GRUPO OPERATIVO NO ENSINO
SUPERIOR NA FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS, E LETRAS DE CANDEIAS –
BAHIA - INTEGRAR PARA RESIGNIFICAR**


Adilton Dias de Santana
Jessica Alves de Amorim Silva
Nadjane Crisóstomos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125119>

CAPÍTULO 10..... 108

**MONITORIA DE GEOLOGIA GERAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS: UM
RELATO DE EXPERIÊNCIA**


Cibele Tunussi
Marcos Henrique Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251110>

CAPÍTULO 11..... 115

CARACTERIZACIÓN MORFOGENÉTICAS Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DE SALINAS GRANDES, PUNA NORTE ARGENTINA

María del Carmen Visich

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251111>


CAPÍTULO 12..... 128

O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: EXPERIMENTO PARA PURIFICAÇÃO DA ÁGUA

Sandra Cadore Peixoto

Ail Conceição Meireles Ortiz

Janilse Fernandes Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251112>

CAPÍTULO 13..... 139

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTURA ESTÁTICA: UMA REVISÃO

Eduarda Zeni Neves

Bruna Segat


Geasi Lucas Martins

Michele Cristina Formolo Garcia

Giannini Pasiznick Apati

Andrea Lima dos Santos Schneider

Ana Paula Testa Pezzin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251113>

CAPÍTULO 14..... 151

DESTRITOS ESPACIAIS: CONSEQUÊNCIAS AO MEIO AMBIENTE E AO ESPAÇO


Letícia Camargo de Moraes

Jorge Kennety Silva Formiga

Fabiana Alves Fiore Pinto

Denilson Paulo Souza dos Santos

Vivian Silveira dos Santos Bardini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251114>

CAPÍTULO 15..... 163

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS MODELOS ATÔMICOS UTILIZANDO O SIMULADOR PHET


Carla Caroline Melgueira da Silva


Paula Gabrielly Freire Jacyntho

Andrey Martins Monteiro

Maria Luiza Santos Cuvello

Yasmin Ferreira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251115>

CAPÍTULO 16.....	174
VISUALIZAÇÃO DAS DIFERENÇAS NUMÉRICAS ENTRE AS ALTITUDES NORMAL E ORTOMÉTRICA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL - ESTUDO DE CASO Roosevelt De Lara Santos Jr  https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251116	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	185
ÍNDICE REMISSIVO.....	186

CAPÍTULO 13

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTURA ESTÁTICA: UMA REVISÃO

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 06/08/2021

Eduarda Zeni Neves

Universidade da Região de Joinville –
UNIVILLE, Mestrado em Engenharia de
Processos (MEP)
Joinville – SC
orcid.org/0000-0001-9913-791X

Bruna Segat

Universidade da Região de Joinville -
UNIVILLE, Departamento de Engenharia
Química
Joinville – SC
orcid.org/0000-0001-8998-1850

Geasi Lucas Martins

Universidade da Região de Joinville -
UNIVILLE, Departamento de Engenharia
Química
Joinville – SC
orcid.org/0000-0003-4068-7110

Michele Cristina Formolo Garcia

Universidade da Região de Joinville -
UNIVILLE, Departamento de Engenharia
Química
Joinville – SC
orcid.org/0000-0002-6899-1264

Giannini Pasiznick Apati

Universidade da Região de Joinville -
UNIVILLE, Departamento de Engenharia
Química
Joinville – SC
orcid.org/0000-0003-4893-6193

Andrea Lima dos Santos Schneider

Universidade da Região de Joinville –
UNIVILLE, Mestrado em Saúde e Meio
Ambiente (MSMA)
Joinville – SC
orcid.org/0000-0002-2043-0177

Ana Paula Testa Pezzin

Universidade da Região de Joinville –
UNIVILLE, Mestrado em Engenharia de
Processos (MEP)
Joinville – SC
orcid.org/0000-0001-9343-3929

RESUMO: A celulose bacteriana (CB) é um biopolímero renovável que possui a mesma estrutura química da celulose vegetal (CV), entretanto, diferencia-se por apresentar fibras de carácter nanométrico e não apresentar impurezas, como lignina e hemicelulose, as quais são difíceis de serem removidas. Além disso, a CB possui maior cristalinidade, maior capacidade de absorção de água, melhor biodegradabilidade e biocompatibilidade. Devido a tais características, a CB possui grande potencial para substituição da CV e pode ser aplicada em diversos segmentos, como na produção de papel, na área farmacêutica e de biomedicina. Entretanto, apesar de possuir vastas aplicações, sua utilização industrial ainda é limitada e enfrenta diversos impasses. Um dos maiores desafios para viabilizar seu uso industrial está em produzir a CB em larga escala com tempo reduzido e maior rendimento, de modo a suprir a demanda industrial. Sendo assim, destaca-se a importância de realizar estudos que otimizem a produção da CB e aumentem seu rendimento.

Para tanto, faz-se necessário estudar diferentes meios de cultivos, com diferentes fontes de carbono e nitrogênio que, quando combinadas com as condições de crescimento apropriadas, aumentem a produtividade da CB. Dessa forma, este artigo é uma revisão de literatura que apresenta uma visão geral sobre a produção da membrana de CB com diferentes substratos, dando ênfase para a síntese de CB pela bactéria *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 em cultivo estático.

PALAVRAS-CHAVE: Celulose Bacteriana. *Komagataeibacter hansenii*. Utilização Industrial. Fontes nutricionais. Produção.

PRODUCTION OF BACTERIAL CELLULOSE MEMBRANES FROM DIFFERENT SUBSTRATES IN STATIC CULTURE: A REVIEW

ABSTRACT: The bacterial cellulose (BC) is a renewable biopolymer that has the same chemical structure as vegetable cellulose (VC), however, it differs because it presents nanometric fibers and does not present impurities, such as lignin and hemicellulose, which are difficult to be removed. Furthermore, a BC has greater crystallinity, greater water absorption capacity, better biodegradability and biocompatibility. Due to these characteristics, BC has great potential to replace VC and can be applied in several segments, such as in paper production, in the pharmaceutical and biomedical areas. However, despite having vast applications, its industrial use is still limited and faces several impasses. One of the biggest challenges to have viable industrial use is to produce BC on a large scale with reduced time and higher performance, in order to supply industrial demand. Thus, the importance of carrying out studies that optimize the production of BC and increase its performance is highlighted. Therefore, it is necessary to study different forms of cultivation, carbon and nitrogen sources that, when combined with appropriate growth conditions, increase BC productivity. Thus, this article is a literature review that presents an overview of the production of the BC membrane with different substrates, emphasizing the BC synthesis by the bacterium *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 in static culture.

KEYWORDS: Bacterial Cellulose. Industrial Use. *Komagataeibacter hansenii*. Nutritional sources. Production.

1 | INTRODUÇÃO

O crescente interesse no desenvolvimento sustentável combinado com a necessidade de produzir materiais a partir de fontes renováveis, impulsionou o estudo dos biopolímeros. Biopolímeros são polímeros naturais sintetizados por seres vivos ou obtidos a partir de matérias-primas provenientes de fontes renováveis, são considerados potenciais substitutos dos polímeros petroquímicos. Além disso, apresentam vantagens como biodegradabilidade, não toxicidade, biocompatibilidade, menor antigenicidade e serem renováveis (SAHANA; REKHA, 2018). Dentre os biopolímeros mais promissores atualmente, destaca-se a celulose bacteriana, também conhecida como (CB).

A CB consiste em um filme translúcido e gelatinoso, formado por microfibrilas de celulose entrelaçadas, sintetizada por vários gêneros de bactérias como a *Agrobacterium*,

Pseudomonas e Komagataeibacter (PORTELA et al., 2019; RAGHAVENDRAN; ASARE; ROY, 2020). Além disso, é um biomaterial que ganhou atenção por possuir boas propriedades e uma natureza que permite modificações desejada, podendo ser aplicada em diversos segmentos (HUSSAIN et al., 2019).

Apesar da CB ser considerada uma alternativa ideal para substituir a celulose vegetal e ter um mercado potencial, o seu alto custo e o tempo de produção ainda são fatores limitantes, por isso muitos pesquisadores tem concentrado esforços na viabilização da sua produção buscando melhores condições de cultivo, meios de cultivos alternativos, avaliando matérias-primas de fontes alternativas ou reaproveitáveis, tais como a utilização de resíduos agroindustriais ou opções comerciais com custos mais baixos (CACICEDO et al., 2016; TSOUKO et al., 2015; UL-ISLAM et al., 2017), com o objetivo de ampliar a escala de produção de modo a suprir a demanda industrial.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo apresentar o cenário geral sobre a produção da celulose bacteriana em meios de cultivos com diferentes fontes de nutrientes, dando ênfase para a síntese da CB pela bactéria *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 em cultivo estático.

2 | CELULOSE BACTERIANA (CB)

Apesar de as plantas serem as maiores fontes de celulose, alguns micro-organismos, também apresentam a capacidade de produção de celulose como fonte alternativa (KLEMM et al., 2018; MONA et al., 2019). A obtenção da celulose a partir de bactérias, destaca-se por ser uma alternativa mais sustentável, de modo que reduz os impactos ambientais, principalmente relacionado ao desmatamento (DAYAL et al., 2013). Essa classe de celulose é denominada celulose bacteriana (MOHITE; PATIL, 2014).

Com estrutura constituída por repetidas moléculas de β -D-glicopiranosose unidas em cadeias longas, não ramificadas, por ligações glicosídicas β -(1 \square 4) (KAYRA; AYTEKIN, 2019; KLEMM et al., 2005), além de pontes de hidrogênio intra e intermoleculares, promovendo sua resistência mecânica, tornando a celulose insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos (CHEN et al., 2015; DONINI et al., 2010; KAYRA; AYTEKIN, 2019) e diversas hidroxilas em sua superfície conferindo-lhe alta hidrofiliçidade e capacidade de modificação química (ESA; TASIRIN; RAHMAN, 2014).

Além de ser biodegradável, atóxica e biocompatível, uma das grandes vantagens da CB é sua pureza, pois esta permite sua utilização direta (AMORIM et al., 2020; PORTELA et al., 2019). Além disso, as membranas de CB apresentam boas propriedades mecânicas, altos níveis de cristalinidade, alta capacidade de retenção de água e excelente biocompatibilidade (PORTELA et al., 2019). Considerando tais propriedades, as membranas vêm se mostrando como um material multifuncional extremamente útil para diversas aplicações e com grande ascendência no mercado.

Entretanto, ainda é desafiador encontrar caminhos para a produção bem-sucedida das membranas de CB em escala industrial, de modo que todo o seu potencial possa ser explorado em diferentes aplicações (SHARMA; BHARDWAJ, 2019; TSOUKO et al., 2015). Desse modo, percebe-se a necessidade de estudar e otimizar a produção em termos de gerar maior quantidade de celulose em menos tempo e que seja viável economicamente. Para isso, é necessário conhecer os fatores que influenciam a produção das membranas de CB, como os micro-organismos produtores, as condições de cultivo e as condições nutricionais.

3 I PRODUÇÃO DAS MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA

3.1 Micro-organismos produtores de celulose bacteriana

Várias bactérias são capazes de sintetizar a CB, como *Komagataeibacter*, *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina* e *Salmonella*, dentre estas, as bactérias do gênero *Komagataeibacter* têm sido amplamente citadas em estudos de produção e considerado modelo para interesses industriais (RANGASWAMY; VANITHA; HUNGUND, 2015). Esse gênero recebeu esse nome em homenagem ao microbiologista japonês, Prof. Kazuo Komagata, por sua contribuição sobre as bactérias do ácido acético (RYNGAJŁO et al., 2019).

As espécies do gênero *Komagataeibacter* como a *K. xylinus* e *K. hansenii* são os produtores mais eficientes de celulose em comparação com outras cepas (RANGASWAMY; VANITHA; HUNGUND, 2015). A *K. hansenii* é uma bactéria gram-negativa, estritamente aeróbica, não-patogênica, comumente encontradas na superfície de frutas e vegetais em decomposição, no vinagre e em bebidas alcoólicas (CACICEDO et al., 2016; LYNCH et al., 2019). A espécie *K. hansenii* apresenta-se como bastonetes retos ou ligeiramente curvos, alongados variando de 0,6 a 0,8 x 10⁻⁴ μm, podendo ser ou não móveis, a faixa de temperatura para crescimento fica entre 15 e 34 °C, e temperatura para inativação entre 65 e 70 °C (KLEMM et al., 2005).

Quando produzidas em condições estáticas, as microfibrilas de celulose são expelidas e formam uma película na superfície, além disso, a necessidade de oxigênio faz com que as bactérias se movam para a superfície onde ocorre o crescimento e a síntese de polímero (CACICEDO et al., 2016; RAGHAVENDRAN; ASARE; ROY, 2020). As bactérias desse gênero convertem etanol a ácido acético, logo, apresentam uma alta capacidade de tolerância a substância ácidas e são capazes de converter várias fontes de carbono e nitrogênio em celulose, mas o seu mecanismo de síntese ainda não foi completamente elucidado, porém, acredita-se que seja semelhante ao da *K. xylinus*, que começa sempre com o precursor de UDP-glicose e termina formando uma cadeia polissacarídica (CACICEDO et al., 2016; RANGASWAMY; VANITHA; HUNGUND, 2015).

3.2 Metabolismo

O processo de síntese da CB pode ser resumido em três etapas principais: Formação das cadeias β -(1→4) advindas da fonte de carbono; secreção extracelular das cadeias lineares; e organização e cristalização das cadeias de glucanas, por meio de ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals dispostas hierarquicamente em tiras (DONINI et al., 2010).

A bactéria *K. xylinus* opera no ciclo da pentose-fosfato (hexoses) e no ciclo de Krebs juntamente com a gliconeogênese e tem a capacidade de metabolizar uma variedade de substratos carbônicos para a biossíntese de celulose, porém, dependendo da fonte de carbono utilizada o micro-organismo segue vias metabólicas distintas para a produção da CB (JOZALA et al., 2016; MONA et al., 2019).

No caso da glicose como fonte de carbono, a bactéria oxida a glicose diretamente na forma de ácido glucônico (gluconato) e como resultado ocorre a diminuição do pH da cultura e da produção da celulose, a explicação para isso é que a glicose é consumida mais rapidamente se comparada a outras fontes de carbono, portanto, a bactéria converte a glicose em ácido glucônico, o qual se acumula no sistema e em excesso causa a diminuição do pH e a produção da CB é prejudicada (CHEN et al., 2019; GULLO et al., 2017).

Em presença de frutose como fonte de carbono, a biossíntese depende de duas vias, a via das pentoses. Dessa forma, a frutose é diretamente metabolizada e transformada em frutose-6-fosfato e, posteriormente, é isomerizada para glicose-6-fosfato pela enzima fosfoglicose isomerase e a partir desse ponto a via metabólica para produção de CB segue o mesmo caminho da síntese do biopolímero utilizando de glicose (CHAGAS, 2018).

Na produção da CB a partir de dissacarídeos, (sacarose, lactose, maltose e ribose), a biossíntese do biomaterial inicia-se no periplasma da célula com a hidrólise dos dissacarídeos em monossacarídeos, como frutose e glicose (LEE et al., 2014).

Durante o cultivo estático a membrana formada na interface ar/líquido permite as bactérias aeróbicas moverem-se para a superfície possibilitando obter oxigênio com maior facilidade para seu crescimento (CACICEDO et al., 2016; DONINI et al., 2010). Além disso, esse mecanismo de flotação previne a desidratação do substrato, serve como proteção contra a luz ultravioleta e atua como uma barreira contra o crescimento de outros micro-organismos (DONINI et al., 2010; PORTELA et al., 2019).

3.3 Condições Nutricionais

Na produção de CB os micro-organismos são inoculados em meios nutrientes convencionais que possuem a função de simular o seu *habitat*, portanto, devem conter fontes de carbono, nitrogênio, sais inorgânicos, e, se necessário, outros nutrientes orgânicos tais como aminoácidos, vitaminas e outros necessários para o crescimento microbiano (IGUCHI et al., 1988). Como meio padrão para o cultivo da CB, têm-se o

meio Hestrin-Schramm (HS), porém, esse meio apresenta um custo elevado em virtude da suplementação de glicose ou manitol, extrato de levedura e peptona como substratos de maiores custos e, portanto, torna-se inadequado para ser usado na produção da CB industrialmente (ABDELRAOF; HASANIN; EL-SAIED, 2019; HESTRIN; SCHRAMM, 1954).

Por esse motivo, são encontrados diversos trabalhos na literatura para que descrevem a produção de CB com diversos substratos visando diminuir o custo de produção e aumentar a quantidade de celulose gerada pelas bactérias, tais estudos são importantes pois visam viabilizar a produção da CB em uma escala significativa para transformar o seu uso industrial viável nos diferentes campos do conhecimento de aplicação, uma vez que o custo de produção associado ao substrato representa até 65% do custo total do cultivo microbiano (ABDELRAOF; HASANIN; EL-SAIED, 2019; TSOUKO et al., 2015). Logo, o meio de cultura é o fator mais importante para o custo total de produção da CB, em especial a fonte de carbono (JOZALA et al., 2016).

Nesse sentido, as bactérias acéticas do gênero *Komagataeibacter* produzem CB utilizando a glicose como fonte tradicional de carbono, porém, esse substrato pode ser substituído por fontes alternativas como etanol, n-butano, manitol, glicerol, lactato, frutose, sacarose, maltose, xilose, melaços, entre outros, tendo em vista que não hidrolisam o amido nem a lactose e são quimiorganotróficas (JOZALA et al., 2016).

O nitrogênio por sua vez é um componente principal, muito importante no metabolismo celular, e compreende entre 8 e 14% da massa celular seca de bactérias, além de fornecer aminoácidos, vitaminas e sais minerais para o micro-organismo (CAMPANO et al., 2016). Como fontes de nitrogênio destacam-se sais de amônio, sulfato de amônio, cloreto de amônio, fosfato de amônio, nitratos, ureia, peptona, extrato de levedura ou semelhantes (IGUCHI et al., 1988). O extrato de levedura e a peptona são os componentes básicos para o meio HS e são as fontes de melhor assimilação no metabolismo da *Komagataeibacter sp.* (CAMPANO et al., 2016).

Os sais inorgânicos como fosfatos, sais de magnésio, sais de cálcio, sais de ferro, sais de manganês, podem ser adicionados. Como nutrientes orgânicos se tem os aminoácidos, vitaminas, ácidos graxos, ácidos nucléicos, extratos de leveduras, e proteína de soja hidrolisada (IGUCHI et al., 1988).

Outro ponto importante na produção do meio de cultivo é, se esses substratos para fornecer os nutrientes para a bactéria, é se esses substratos são bem assimilados por determinada cepa a fim de conseguir converter o máximo de CB e o mínimo de produtos secundários, como os ácidos orgânicos, que diminuem o pH do meio de cultivo durante a produção da CB e reduzem o rendimento da celulose (ULLAH et al., 2016).

Além disso, a otimização da síntese de CB para aplicações industriais requer primeiro a produção em pequena escala com protocolos aprimorados para conseguir atingir uma quantidade de celulose superior (UL-ISLAM et al., 2017). Logo diversas fontes de carbono (monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos) e nitrogênio (orgânico e inorgânico)

foram avaliados para a produção da CB por *K. hansenii* (ATCC 23769) em meio de cultivo estático na literatura e são apresentadas no Quadro 1.

Entre os estudos apresentados no Quadro 1, observou-se que manitol/ lactose/ melaço cinto preta foram as melhores fontes de carbono, quanto extrato de levedura/ Prodex Lac® foram as melhores fontes de nitrogênio para a produção da CB. Quando se analisa essas fontes de carbono, os substratos de grau analítico que se destacaram para a produção da CB foram o manitol e a lactose. A melhora na produção da CB a partir do manitol se dá em função do fluxo metabólico para a produção do ácido glucônico como subproduto nesta via ser baixo comparado com a fonte tradicional (glicose), esse fato é evidenciado na resposta negativa na produção da CB a partir da glicose mostrada no Quadro 1 (GULLO et al., 2019; JONAS; FARAH, 1998).

Fonte de Carbono	Suplementação	pH	Temperatura	Dias de Cultivo	Produção (g/L)	Literatura
Extrato de açúcares da madeira extraídos com água quente	-	8,0	28	10	0,15	Kiziltas et al (2015)
Glicose, Sacarose e Frutose	Extrato de levedura e Peptona de caseína	5,0	30	7	0,9	Lima et al (2017)
Líquido de Sisal	Extrato de levedura	5,0	30	7	2,2	Lima et al (2017)
Melaço cinto preta	-	6,0	30	9	2,9	Khattak et al (2015)
Melaço da cervejaria	-	6,0	30	9	1,74	Khattak et al (2015)
Lactose	Prodex Lac®	-	30	12	5,6	Tureck (2017)
-	Suco de cenoura	-	30	14	1,35	Gunduz e Asik (2018)
Manitol e Etanol	Extrato de levedura	7,0	26,3	12	2,85	Farrag et al (2019)

Quadro 1 – Produção de celulose bacteriana a partir de *K. hansenii* (ATCC 23769) utilizando diferentes fontes nutricionais em cultivo estático.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dentre todos os estudos encontrados na literatura utilizando a *K. hansenii* (ATCC 23769) com o uso de nutrientes alternativos, o trabalho de Turek (2017) apresentou a maior produção de CB, a autora explicou que a lactose juntamente com a fonte de nitrogênio (Prodex Lac®) tiveram efeitos sinérgicos, demonstrando que a combinação desses dois substratos tem efeitos positivo na produção da CB, porém, ainda não está claro qual o papel deles no metabolismo da *K. hansenii*. Já o destaque do extrato de levedura na produção da CB foi atribuído ao seu conteúdo de nitrogênio e fatores de crescimento (CAMPANO et al., 2016).

Dessa forma, diante de todos os fatos mencionados, a busca pela otimização nas condições de cultivo se torna essencial, visto que esta influencia diretamente no custo e rendimento da CB (SHARMA; BHARDWAJ, 2019; TSOUKO et al., 2015). A determinação de um meio ideal e de um conjunto apropriado de condições de crescimento que permita altos níveis de produção de CB é importante para a viabilidade da ampliação dessa tecnologia para uma aplicação industrial (RUKA; SIMON; DEAN, 2012). Porém, essa determinação deve ser cuidadosamente calculada antes da produção em massa de CB (RUKA; SIMON; DEAN, 2012).

Assim, o estudo do uso de substratos alternativos, além dos tradicionais, visando encontrar novos substratos que contribuam para a redução do custo final desse polímero é de fundamental importância para obter uma produção viável da CB industrialmente para a sua disseminação em diversas aplicações tecnológicas e inovadoras.

3.4 Condições de cultivo

A literatura apresenta diferentes estratégias para a produção de CB (CAMPANO et al., 2016; TSOUKO et al., 2015). A produção e as propriedades (em especial a porosidade) da CB podem ser afetadas por algumas condições de cultivo, como pH, temperatura, tempo de cultivo, cepa utilizada, tipo de cultivo (estático ou agitado), proporção de inóculo, volume/concentração de inóculo, fontes de nutrientes e disponibilidade de oxigênio são fundamentais para obter propriedades reprodutíveis do polímero (BASU; VADANAN; LIM, 2019; KLEMM et al., 2018).

A faixa de pH onde ocorre a produção da celulose é entre 4,5 e 7,5, em pH menores que 3,5 a CB é inibida e o intervalo que o pH é ótimo para produção da CB fica na faixa de 6,5 (JUNG et al., 2010). Já a temperatura que favorece a produção da celulose é na faixa de 28 e 30 °C, com a produção ótima em 30 °C e valores acima de 35 °C reduzem a produção da CB (RANGASWAMY; VANITHA; HUNGUND, 2015; VELÁSQUEZ-RIAÑO; BOJACÁ, 2017).

A sua produção pode ser obtida em laboratório utilizando cultivos tanto em meios sólido ou líquido, como em condições estática ou agitada (DONINI et al., 2010; RUKA; SIMON; DEAN, 2012; YAMADA). Na cultura estacionária, o resultado é acumulação de uma membrana gelatinosa e homogênea de celulose sobre a superfície do meio; enquanto na cultura agitada, a celulose sintetizada surge sob a forma de suspensões ou esferas fibrosas irregulares (BRANDES et al., 2017; RECOUVREUX et al., 2011).

Entre as propriedades físicas obtidas na condição estática, se tem uma membrana com estrutura mais cristalina e de alta qualidade, porém demanda um tempo maior de cultivo (SHARMA; BHARDWAJ, 2019). Enquanto, o cultivo sob agitação pode afetar algumas propriedades da CB como resistência mecânica, grau de polimerização, índice de cristalinidade e módulo de elasticidade (BRANDES et al., 2017).

Dessa forma, a escolha pelo tipo de cultivo irá refletir nas propriedades físicas,

mecânicas e morfológicas de celulose obtida, portanto, a escolha ideal dependerá da aplicabilidade final desejada (CACICEDO et al., 2016; JOZALA et al., 2016).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A celulose bacteriana vem se destacando como um biopolímero altamente promissor por suas diversas propriedades que permitem uma ampla gama de aplicações. Além disso, sua produção e obtenção são ambientalmente amigáveis. Considerando o cenário apresentado neste estudo, a otimização da produção da CB utilizando meios de cultivo alternativos é possível, bem como reduzir os custos, favorecendo a aplicabilidade para uma escala industrial, já que otimização e redução de custos são pré-requisitos tecnológicos a serem adotados em larga escala.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Código de financiamento 001) e Fundo de Amparo à Pesquisa da Univille (FAP-UNIVILLE) pelas bolsas de estudo de Mestrado e Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ABDELRAOF, M.; HASANIN, M. S.; EL-SAIED, H. Ecofriendly green conversion of potato peel wastes to high productivity bacterial cellulose. **Carbohydrate Polymers**, v. 211, p. 75–83, 2019.

AMORIM, J. D. P.; SOUZA, K. C.; DUARTE, C. R.; DUARTE, I. S.; RIBEIRO, F. A. S.; SILVA, G. S.; FARIAS, P. M. A.; STINGL, A.; COSTA, A. F. S.; VINHAS, G. M.; SARUBBO, L. A. Plant and bacterial nanocellulose: production, properties and applications in medicine, food, cosmetics, electronics and engineering. A review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, n. 3, p. 851–869, 2020.

BASU, A.; VADANAN, S. V.; LIM, S. Rational design of a scalable bioprocess platform for bacterial cellulose production. **Carbohydrate Polymers**, v. 207, p. 684–693, 2019.

BRANDES, R.; CARMINATTI, C.; MIKOWSKI, A.; AL-QURESHI, H.; RECOUVREUX, D. A Mini-Review on the Progress of Spherical Bacterial Cellulose Production. **Journal of Nano Research**, v. 45, p. 142–154, 2017.

CACICEDO, M. L.; CASTRO, M. C.; SERVETAS, I.; BOSNEA, L.; BOURA, K.; TSAFRAKIDOU, P.; DIMA, A.; TERPOU, A.; KOUTINAS, A.; CASTRO, G. R. Progress in bacterial cellulose matrices for biotechnological applications. **Bioresource Technology**, v. 213, p. 172–180, 2016.

CAMPANO, C.; BALEA, A.; BLANCO, A.; NEGRO, C. Enhancement of the fermentation process and properties of bacterial cellulose: a review. **Cellulose**, v. 23, n. 1, p. 57–91, 2016.

CHAGAS, B. S. **PRODUÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA EM MEIO À BASE DE MELAÇO DE SOJA EM CULTIVO ESTÁTICO**. 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2018.

- CHEN, G.; WU, G.; CHEN, L.; WANG, W.; HONG, F. F.; JÖNSSON, L. J. Performance of nanocellulose-producing bacterial strains in static and agitated cultures with different starting pH. **Carbohydrate Polymers**, v. 215, p. 280–288, 2019.
- CHEN, X.; CHEN, J.; YOU, T.; WANG, K.; XU, F. Effects of polymorphs on dissolution of cellulose in NaOH/urea aqueous solution. **Carbohydrate Polymers**, v. 125, p. 85–91, 2015.
- DAYAL, M. S.; GOSWAMI, N.; SAHAI, A.; JAIN, V.; MATHUR, G.; MATHUR, A. Effect of media components on cell growth and bacterial cellulose production from *Acetobacter acetii* MTCC 2623. **Carbohydrate Polymers**, v. 94, n. 1, p. 12–16, 2013.
- DONINI, Í. a N.; SALVI, D. T. B. De; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUD, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 165–178, 2010.
- ESA, F.; TASIRIN, S. M.; RAHMAN, N. A. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 113–119, 2014.
- FARRAG, A. A.; SALEH, A. K.; SOLIMAN, N. A.; IBRAHIM, M. M.; EL-SHINNAWY, N. A.; ABDEL-FATTAH, Y. R. Biocellulose Production by *Gluconacetobacter hansenii* ATCC 23769: Application of Statistical Experimental Designs and Cellulose Membrane Characterization. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 62, n. 11, p. 2077–2092, 2019.
- GULLO, M.; LA CHINA, S.; PETRONI, G.; DI GREGORIO, S.; GIUDICI, P. Exploring K2G30 Genome: A High Bacterial Cellulose Producing Strain in Glucose and Mannitol Based Media. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, n. 58, p. 1–12, 2019.
- GULLO, M.; SOLA, A.; ZANICHELLI, G.; MONTORSI, M.; MESSORI, M.; GIUDICI, P. Increased production of bacterial cellulose as starting point for scaled-up applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 22, p. 8115–8127, 2017.
- GÜNDÜZ, G.; AŞIK, N. Production and Characterization of Bacterial Cellulose with Different Nutrient Source and Surface–Volume Ratios. **Drvna industrija**, v. 69, n. 2, p. 141–148, 2018.
- HESTRIN, S.; SCHRAMM, M. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. **Biochemical Journal**, v. 58, n. 2, p. 345–352, 1954.
- HUSSAIN, Z.; SAJJAD, W.; KHAN, T.; WAHID, F. Production of bacterial cellulose from industrial wastes: a review. **Cellulose**, v. 26, n. 5, p. 2895–2911, 2019.
- IGUCHI, M.; MITSUHASHI, S.; ICHIMURA, K.; NISHI, Y.; URYU, M.; YAMANAKA, S.; WATANABE, K. **Bacterial cellulose-containing molding material having high dynamic strength** 1988.
- JONAS, R.; FARAH, L. F. Production and application of microbial cellulose. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, n. 1–3, p. 101–106, 1998.
- JOZALA, A. F.; LENCASTRE-NOVAES, L. C.; LOPES, A. M.; SANTOS-EBINUMA, V. C.; MAZZOLA, P. G.; PESSOA-JR, A.; GROTTTO, D.; GERENUCCI, M.; CHAUD, M. V. Bacterial nanocellulose production and application: a 10-year overview. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, n. 5, p. 2063–2072, 2016.

JUNG, H.-I.; JEONG, J.-H.; LEE, O.-M.; PARK, G.-T.; KIM, K.-K.; PARK, H.-C.; LEE, S.-M.; KIM, Y.-G.; SON, H.-J. Influence of glycerol on production and structural–physical properties of cellulose from *Acetobacter* sp. V6 cultured in shake flasks. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 10, p. 3602–3608, 2010.

KAYRA, N.; AYTEKIN, A. Ö. Synthesis of Cellulose-Based Hydrogels: Preparation, Formation, Mixture, and Modification. In: MONDAL, I. H. (Ed.). **Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels**. Berlin: Springer, 2019. p. 407–434.

KHATTAK, W. A.; KHAN, T.; UL-ISLAM, M.; WAHID, F.; PARK, J. K. Production, Characterization and Physico-mechanical Properties of Bacterial Cellulose from Industrial Wastes. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 23, n. 1, p. 45–53, 2015.

KIZILTAS, E. E.; KIZILTAS, A.; GARDNER, D. J. Synthesis of bacterial cellulose using hot water extracted wood sugars. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 131–138, 2015.

KLEMM, D.; CRANSTON, E. D.; FISCHER, D.; GAMA, M.; KEDZIOR, S. A.; KRALISCH, D.; KRAMER, F.; KONDO, T.; LINDSTRÖM, T.; NIETZSCHE, S.; PETZOLD-WELCKE, K.; RAUCHFUSS, F. Nanocellulose as a natural source for groundbreaking applications in materials science: Today's state. **Materials Today**, v. 21, n. 7, p. 720–748, 2018.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H.-P.; BOHN, A. Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material. **Angewandte Chemie - International Edition**, v. 44, n. 22, p. 3358–3393, 2005.

LEE, K.; BULDUM, G.; MANTALARIS, A.; BISMARCK, A. More Than Meets the Eye in Bacterial Cellulose: Biosynthesis, Bioprocessing, and Applications in Advanced Fiber Composites. **Macromolecular Bioscience**, v. 14, n. 1, p. 10–32, 2014.

LIMA, H. L. S.; NASCIMENTO, E. S.; ANDRADE, F. K.; BRÍGIDA, A. I. S.; BORGES, M. F.; CASSALES, A. R.; MUNIZ, C. R.; SOUZA FILHO, M. S. M.; MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. F. Bacterial Cellulose Production by *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 Using Sisal Juice - An Agroindustry Waste. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 34, n. 3, p. 671–680, 2017.

LYNCH, K. M.; ZANNINI, E.; WILKINSON, S.; DAENEN, L.; ARENDT, E. K. Physiology of Acetic Acid Bacteria and Their Role in Vinegar and Fermented Beverages. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 3, p. 587–625, 2019.

MOHITE, B. V.; PATIL, S. V. A novel biomaterial: bacterial cellulose and its new era applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 61, n. 2, p. 101–110, 2014.

MONA, S.; BAJAR, S.; DEEPAK, B.; KIRAN, B.; KAUSHIK, A. Microbial cellulose: production and application. In: GRUMEZESCU, V.; GRUMEZESCU, A. M. (Eds.). **Materials for Biomedical Engineering**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 309–322.

PORTELA, R.; LEAL, C. R.; ALMEIDA, P. L.; SOBRAL, R. G. Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications. **Microbial Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 586–610, 2019.

RAGHAVENDRAN, V.; ASARE, E.; ROY, I. Bacterial cellulose: Biosynthesis, production, and applications. In: POOLE, R. K. (Ed.). **Advances in Microbial Physiology**. 1. ed. London: Elsevier Ltd., 2020. v. 77p. 89–138.

RANGASWAMY, B. E.; VANITHA, K. P.; HUNGUND, B. S. Microbial Cellulose Production from Bacteria Isolated from Rotten Fruit. **International Journal of Polymer Science**, v. 2015, p. 1–8, 2015.

RECOUVREUX, D. O. S.; RAMBO, C. R.; BERTI, F. V.; CARMINATTI, C. A.; ANTÔNIO, R. V.; PORTO, L. M. Novel three-dimensional cocoon-like hydrogels for soft tissue regeneration. **Materials Science and Engineering: C**, v. 31, n. 2, p. 151–157, 2011.

RUKA, D. R.; SIMON, G. P.; DEAN, K. M. Altering the growth conditions of *Gluconacetobacter xylinus* to maximize the yield of bacterial cellulose. **Carbohydrate Polymers**, v. 89, n. 2, p. 613–622, 2012.

RYNGAJŁŁO, M.; KUBIAK, K.; JĘDRZEJCZAK-KRZEPKOWSKA, M.; JACEK, P.; BIELECKI, S. Comparative genomics of the *Komagataeibacter* strains—Efficient bionanocellulose producers. **MicrobiologyOpen**, v. 8, n. 5, p. 7–31, 2019.

SAHANA, T. G.; REKHA, P. D. Biopolymers: Applications in wound healing and skin tissue engineering. **Molecular Biology Reports**, v. 45, n. 1, p. 2857–2867, 2018.

SHARMA, C.; BHARDWAJ, N. K. Bacterial nanocellulose: Present status, biomedical applications and future perspectives. **Materials Science and Engineering: C**, v. 104, p. 1–18, 2019.

TSOUKO, E.; KOURMENTZA, C.; LADAKIS, D.; KOPSAHELIS, N.; MANDALA, I.; PAPANIKOLAOU, S.; PALOUKIS, F.; ALVES, V.; KOUTINAS, A. Bacterial Cellulose Production from Industrial Waste and by-Product Streams. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 12, p. 14832–14849, 2015.

TUREK, B. C. **EFEITO DO MEIO DE CULTIVO E DO TRATAMENTO DE PURIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E QUÍMICAS DA CELULOSE BACTERIANA**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, 2017.

UL-ISLAM, M.; ULLAH, M. W.; KHAN, S.; SHAH, N.; PARK, J. K. Strategies for cost-effective and enhanced production of bacterial cellulose. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 102, p. 1166–1173, 2017.

ULLAH, H.; WAHID, F.; SANTOS, H. A.; KHAN, T. Advances in biomedical and pharmaceutical applications of functional bacterial cellulose-based nanocomposites. **Carbohydrate Polymers**, v. 150, p. 330–352, 2016.

VELÁSQUEZ-RIAÑO, M.; BOJACÁ, V. Production of bacterial cellulose from alternative low-cost substrates. **Cellulose**, v. 24, n. 7, p. 2677–2698, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alternative Energy Sources 82, 83

Altitudes científicas 174

Aprendizagem 35, 41, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 110, 113, 128, 134, 137, 138, 163, 164, 165, 166, 168, 170, 172, 173

Aulas práticas 108, 110, 111

AWE 82, 83, 84, 85, 86, 87, 93, 94

B

Biological material 1

C

Caracterização geológica 115

Celulose bacteriana 80, 139, 140, 141, 142, 147, 148, 150

Classificação de tráfego 30, 31, 33, 40, 41

Cl concentration 1, 4

Composição química 17, 167

Compósitos 69, 71, 72, 73, 76, 77, 78

Controle 1, 5, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 20, 26, 31, 42, 137, 138, 151, 161

D

Detritos espaciais 5, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162

Docência 108, 109, 185

E

Educação básica 128, 129, 185

Educação superior 97

EDXRF 1, 2, 3, 4

Environmentally Sound Technologies 82, 83

Estabilidade 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 44, 71

Experimentação 128, 134, 135

F

Farinha de bagaço de mandioca 69, 72, 74, 80

Fontes nutricionais 140, 145

G

Geociências 108

I

INAA 1, 2, 3

Incremento de velocidade 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, 66, 67

Intervenção 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 167, 185

K

Komagataeibacter hansenii 140, 141, 149

L

Legislação 17, 22, 151, 156

M

Manobra orbital 53, 54, 55, 66, 67

Mata Ciliar 43, 47, 48, 52

Mensuração 43, 166

Metais pesados 17

Micronutrientes minerais 17, 21, 22, 23, 26

MLP 30, 31, 32, 33, 35, 40

Modelos atômicos 163, 167, 168, 170, 171, 172

Monitor 3, 4, 88, 108, 109, 110, 113, 114, 185

Morfologia 115

P

Polipropileno 69, 71, 72, 76, 77, 78

Produção 1, 19, 25, 26, 70, 79, 81, 105, 134, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 153, 156

Propriedades mecânicas 69, 71, 76, 77, 78, 141

Psicologia social 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107

R

Reconstrução paleoclimática 115

Redes definidas por software 30, 31, 41, 42

Redes neurais artificiais 30

Referências altimétricas 174

Resíduos recorrentes 151

S

Separação geoide-quasegeoide 174, 176, 177, 179, 180, 183

Sequência didática 138, 163, 168, 170, 172

Simulador PhET 163, 165, 167, 168, 169, 172

Sistemas ligados por cabos 5, 6

Suplementos 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Sustainability 82, 95

T

Transferência de órbita 53

Tukey 43, 44, 45, 50, 51

U

Utilização industrial 139, 140

W

Whey protein 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29


Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2

 www.arenaeditora.com.br

 contato@arenaeditora.com.br

 @arenaeditora


 www.facebook.com/arenaeditora.com.br


Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br