

# *Ciências Biológicas Realidades e Virtualidades*

Clécio Danilo Dias da Silva  
(Organizador)



# *Ciências Biológicas Realidades e Virtualidades*

Clécio Danilo Dias da Silva  
(Organizador)



**Editora Chefe**  
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Ciências biológicas: realidades e virtualidades

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Clécio Danilo Dias da Silva

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências biológicas: realidades e virtualidades / Organizador Clécio Danilo Dias da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-551-8  
DOI 10.22533/at.ed.518200511

1. Ciências Biológicas. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

### Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Sabe-se que as Ciências Biológicas envolvem múltiplas áreas do conhecimento que se dedicam ao estudo da vida e dos seus processos constituintes, sejam essas relacionadas à saúde, biotecnologia, meio ambiente e a biodiversidade. As Ciências biológicas apresentam singularidades como campo de conhecimento e características próprias em relação às demais Ciências, exibindo características específicas em termos de objetos que estudam, objetivos que almejam, métodos e técnicas de pesquisa, linguagens que empregam, entre outros. Dentro deste contexto, o E-book “Ciências Biológicas: realidades e virtualidades” está organizado com 22 capítulos escritos por diversos pesquisadores do Brasil, resultantes de pesquisas de natureza básicas e aplicadas, revisões de literatura, ensaios teóricos e vivências no contexto educacional.

No capítulo “BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS COM POTENCIAIS DE CONTROLE BIOLÓGICO” Alves e colaboradores efetivaram uma revisão de literatura explicitando as principais bactérias com potenciais de controle biológico, buscando caracterizar suas particularidades e aplicações na agricultura. Cordeiro e Paulo em “DETERMINAÇÃO DOS DADOS DE COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DA LINHAGEM BACTERIANA LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS ATCC 4356 NOS SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS, FORMADOS PELA DEXTRANA NATIVA E PELO PVA” apresentam no capítulo o emprego dos sistemas aquosos bifásicos utilizando poliacetato de vinila (PVA) e um exopolissacarídeo, identificado como dextrana, produzido pelo *Leconostoc pseudomesenteroides* R2, e verificaram que esta consiste em uma alternativa excelente de imobilização de células bacterianas para promover a encapsulação, protegendo os microorganismos das intempéries do ambiente.

Vila e Saraiva no capítulo “CONDIÇÕES FÍSICOQUÍMICAS PARA A PRODUÇÃO DE CAROTENÓIDES POR FLAVOBACTERIUM SP.” estudaram os fatores físico-químicos como a temperatura, fontes de carbono e nitrogênio e composição mineral na produção de carotenóides de um isolado antártico identificado como *Flavobacterium* sp. No capítulo “IMOBILIZAÇÃO DE FRUTOSILTRANSFERASE EM SÍLICA GEL E BUCHA VEGETAL PARA A SÍNTESE DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS” os autores apresentam a influência da temperatura de imobilização na velocidade e rendimento de imobilização de enzimas Frutosiltransferase extracelulares de *Aspergillus oryzae* IPT-301 imobilizadas em sílica gel, assim como a atividade recuperada e estabilidade destas enzimas imobilizadas em bucha vegetal.

Costa e colaboradores em “BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS AMAZÔNICOS PRODUTORES DE L-ASPARAGINASE EXTRACELULAR” realizaram uma bioprospecção através de fungos filamentosos produtores de Lasparaginase extracelular provenientes de solos Amazônicos da área territorial da cidade de Coari, Amazonas. No capítulo “TESTES DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE HIDROLASES DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO

DE FUNGOS FILAMENTOSOS DA AMAZÔNIA” Costa e colaboradores testaram diferentes resíduos agrícolas (cascas de castanha-do-pará, mandioca e banana) como substratos para produção de hidrolases por fungos filamentosos amazônicos no município de Coari, Amazonas.

De autoria de Fernandes e Colaboradores, o capítulo “DIVERSIDADE DE USO MEDICINAL DA FLORA EM UMA ÁREA DE CERRADO NA CHAPADA DO ARARIPE, NE, BR” realizaram um levantamento da diversidade de plantas medicinais em uma área de Cerrado na Chapada do Araripe, e investigaram a percepção da comunidade local sobre a aplicabilidade dessa flora em enfermidades e as epistemologias envolvidas nesses conhecimentos. Em “ETNOECOLOGIA: TRANSVERSALIDADE PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS” Dutra e colaboradores desenvolveram um ensaio explorando a relevância da transversalidade entre a Etnoecologia e a Educação Ambiental para a conservação da biodiversidade de áreas naturais protegidas.

Albuquerque e colaboradores em “DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS OCASIONADOS POR LIXEIRAS VICIADAS NA CIDADE DE MANAUS – AM” realizaram uma revisão da literatura com bases de dados especializadas sobre as problemáticas ambientais ocasionadas por lixeiras viciadas na cidade de Manaus – AM. De autoria de Almeida Júnior e colaboradores, o capítulo “RESISTÊNCIA AO TRIPES DO PRATEAMENTO ENNEOTHrips FLAVENS MOULTON (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) NOS GENÓTIPOS DO AMENDOINZEIRO ARACHIS HYPOGAEAL. ERETO” avaliaram a resistência aos tripés, a interação de genótipos e inseticida e o potencial produtivo de genótipos de amendoim.

No capítulo “AÇÃO DE BIOESTIMULANTES VIA TRATAMENTO DE SEMENTES PARA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE CUCURBITA MOSCHATA L.” Matsui e colaboradores avaliaram a emergência e desenvolvimento de plântulas de Cucurbita moschata provenientes de sementes tratadas com um bioestimulante e um extrato de algas. Veras e colaboradores em “LEVANTAMENTO DE FORMIGAS EM ÁREAS ANTROPOMORFIZADAS NA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ, TERESINA – PI”, realizaram um levantamento dos gêneros de formigas encontradas em áreas antropomorfas, especificamente locais de alimentação, na Universidade Estadual do Piauí (UESPI), no campus Poeta Torquato Neto, Piauí.

Silva, Teixeira e Sesterheim em “INFLUÊNCIA DO ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL SOBRE A PRODUÇÃO DE RATOS LEWIS EM UM CENTRO DE PESQUISA” avaliaram a influência do enriquecimento ambiental nos índices zootécnicos de unidades reprodutivas de ratos Lewis. Em “PROCEDIMENTOS DA BIOLOGIA MOLECULAR UTILIZADAS PARA DESVELAR CRIMES” Aguiar e colaboradores apresentam os principais métodos que a biologia molecular e a genética forense dispõem para desvendar e entender os diversos tipos de crimes por intermédio dos marcadores moleculares.

Aguiar e colaboradores em “MÉTODO SOROLÓGICO E MOLECULAR DA TOXOPLASMOSE” discutem aspectos do diagnóstico sorológico e molecular da

toxoplasmose. Os autores ainda identificaram a importância do conhecimento sobre a infecção pelos profissionais de saúde, visto que o diagnóstico correto resulta da correlação das variáveis clínicas com a resultados de análises laboratoriais. Em “PROFISSIONAIS DOS CUIDADOS DE SAÚDE, DIGNIDADE HUMANA E BIOÉTICA” Rocha, Chemin e Meirelles efetivaram uma revisão bibliográfica apresentando a Bioética como uma ferramenta norteadora para compatibilizar as necessidades de pacientes e o respeito a profissionais dos cuidados de Saúde, também detentores de dignidade.

No capítulo “O JOGO COMO UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO VEGETAL” Fernandes e Souza Júnior analisaram a eficácia do jogo didático “Detetive – Evolução Vegetal” no processo de ensino-aprendizagem de estudantes do ensino fundamental de uma escola municipal de Ceará-Mirim, Rio Grande do Norte, observando a influência da estratégia didática utilizada para a compreensão da evolução das plantas através dos seus táxons: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Santos, Conceição e Sales no capítulo “JOGO “BINGO DA REVISÃO”: APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO PEDAGÓGICO NAS AULAS DE CIÊNCIAS NUMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS-BA” avaliaram a relevância do jogo “Bingo da Revisão” como uma atividade lúdica para melhoria da aprendizagem e instrumento de revisão para os discentes do ensino fundamental, na Escola Estadual Luiz Navarro de Brito, município de Alagoinhas, Bahia.

Maximo e Krzyzanowski Júnior no capítulo “AS REDES SOCIAIS NO PROCESSO DE BUSCA DE INFORMAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO NAS AULAS DE MICROBIOLOGIA” fizeram um levantamento e verificaram os tipos de fontes que estão sendo utilizadas pelos estudantes da educação básica nas pesquisas sobre assuntos científicos, com ênfase em temas da microbiologia. No capítulo “A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: EM BUSCA DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA” Souza e colaboradores apresentam um relato de experiência de ex-bolsistas do PIBID/UESC-Biologia sobre o desenvolvimento de uma aula prática utilizando a metodologia experimentação com turmas do ensino fundamental em uma instituição da rede pública de Ilhéus, Bahia.

Em “DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: A EXPERIÊNCIA DO PROJETO “SABERES DA MATA ATLÂNTICA” Agrizzi, Teixeira e Leite apresentam e discutem as iniciativas e os impactos alcançados pela proposta de popularização da ciência do projeto “Saberes da Mata Atlântica”, desenvolvido pelo grupo de pesquisa BIOPROS, da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Rodrigues e Sousa em “OBJETOS DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA E ENSINO DE BIOLOGIA: UMA ABORDAGEM SOBRE BIOMAS BRASILEIROS” investigaram alguns objetos de aprendizagem destinados ao ensino de Biologia, que realizam uma abordagem sobre os biomas brasileiros, analisando as abordagens dos conteúdos biológicos, com base em referenciais da área e em suas aproximações com documentos oficiais da educação brasileira, propondo sugestões sobre

suas possibilidades de utilização.

Em todos os capítulos, percebe-se uma linha condutora envolvendo diversas áreas das Ciências Biológicas, como a Microbiologia, Micologia, Biologia Celular e Molecular, Botânica, Zoologia, Ecologia, bem como, pesquisas envolvendo aspectos das Ciências da Saúde, Ciências Ambientais, Educação em Ciências e Biologia. Espero que os estudos compartilhados nesta obra contribuam para o enriquecimento de novas práticas acadêmicas e profissionais, bem como, possibilite uma visão holística e transdisciplinar para as Ciências Biológicas em sua total heterogeneidade e complexidade. Desejo a todos uma boa leitura.

Clécio Danilo Dias da Silva

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **BIOPROSPECÇÃO DE FUNGOS AMAZÔNICOS PRODUTORES DE L-ASPARAGINASE EXTRACELULAR**

Ana Beatriz Pereira Lelis da Costa  
Michel Nasser Corrêa Lima Chamy  
Bianca Kynseng Barbosa da Silva Costa  
Uatyla de Oliveira Lima  
Amanda Farias de Vasconcelos  
Ricardo Gomes de Brito  
Alexandre Colli Dal Prá  
Renato dos Santos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.5182005111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **TESTES DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE HIDROLASES DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DA AMAZÔNIA**

Bianca Kynseng Barbosa da Silva Costa  
Michel Nasser Corrêa Lima Chamy  
Ana Beatriz Pereira Lélis da Costa  
Amanda Farias de Vasconcelos  
Uatyla de Oliveira Lima  
Alexandre Colli Dal Prá  
Maria da Paz Félix de Souza  
Ricardo Gomes de Brito  
Renato dos Santos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.5182005112**

### **CAPÍTULO 3..... 28**

#### **BACTÉRIAS ENTOMOPATOGÊNICAS COM POTENCIAIS DE CONTROLE BIOLÓGICO**

Diego Lemos Alves  
Lucas Faro Bastos  
Mizael Cardoso da Silva  
Gisele Barata da Silva  
Alessandra Jackeline Guedes de Moraes  
Ana Paula Magno do Amaral  
Josiane Pacheco Alfaia  
Alice de Paula de Sousa Cavalcante  
Gledson Luiz Salgado de Castro  
Gleiciane Rodrigues dos Santos  
Fernanda Valente Penner  
Telma Fátima Vieira Batista

**DOI 10.22533/at.ed.5182005113**

<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>42</b>
DETERMINAÇÃO DOS DADOS DE COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DA LINHAGEM BACTERIANA <i>LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS</i> ATCC 4356 NOS SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS, FORMADOS PELA DEXTRANA NATIVA E PELO PVA	
Vinícius Souza Cordeiro Elinalva Maciel Paulo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5182005114</b>	
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>51</b>
PHYSICOCHEMICAL CONDITIONS FOR CAROTENOIDS PRODUCTION BY <i>FLAVOBACTERIUM</i> SP	
Mara Eugenia Vila Veronica Saravia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5182005115</b>	
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>56</b>
IMOBILIZAÇÃO DE FRUTOSILTRANSFERASE EM SÍLICA GEL E BUCHA VEGETAL PARA A SÍNTESE DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS	
Sergio Andres Villalba Morales Larissa Lemos Faria Michelle da Cunha Abreu Xavier José Pedro Zanetti Prado Leandro da Rin de Sandre Junior Giancarlo de Souza Dias Elda Sabino da Silva Alfredo Eduardo Maiorano Rafael Firmani Perna	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5182005116</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>68</b>
DIVERSIDADE DE USO MEDICINAL DA FLORA EM UMA ÁREA DE CERRADO NA CHAPADA DO ARARIPE, NE, BR	
Priscilla Augusta de Sousa Fernandes Alice Fernandes Gusmão Rosiele Bezerra da Silva George Pimentel Fernandes Ana Cleide Alcantara Morais-Mendonça Maria Arlene Pessoa da Silva Maria Flaviana Bezerra Morais-Braga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5182005117</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>97</b>
ETNOECOLOGIA: TRANSVERSALIDADE PARA A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS	
Elaine Sílvia Dutra Naiane Arantes Silva Júlio Miguel Alvarenga Bruno Araújo de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5182005118</b>	

**CAPÍTULO 9..... 102**

**DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS OCACIONADOS POR LIXEIRAS VICIADAS NA CIDADE DE MANAUS - AM**

Klinger Amazonas da Silva Albuquerque  
Leandro da Silva Lima  
Ronildo Oliveira Figueiredo  
Bruno da Costa Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5182005119**

**CAPÍTULO 10..... 111**

**RESISTÊNCIA AO TRIPES DO PRATEAMENTO *ENNEOTHrips FLAVENS* MOULTON (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) NOS GENÓTIPOS DO AMENDOINZEIRO *ARACHIS HYPOGAEA* L. ERETO**

Joaquim Júlio Almeida Júnior  
Katya Bonfim Ataiades Smiljanic  
Alexandre Caetano Perozini  
Armando Falcão Mendonça  
Edson Lazarini  
Gustavo André Simon  
Suleiman Leiser Araújo  
Winston Thierry Resende Silva  
Ricardo Gomes Tomáz  
Vilmar Neves de Rezende Júnior  
Victor Júlio Almeida Silva  
Beatriz Campos Miranda  
Adriel Rodrigues da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.51820051110**

**CAPÍTULO 11 ..... 124**

**AÇÃO DE BIOESTIMULANTES VIA TRATAMENTO DE SEMENTES PARA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *CUCURBITA MOSCHATA* L**

Victor Yoshiaki Matsui  
Conceição Aparecida Cossa  
Paulo Henrique Afonso do Vale Pinto  
Maria Aparecida da Fonseca Sorace  
Paulo Frezato Neto  
Elizete Aparecida Fernandes Osipi  
Ruan Carlos da Silveira Marchi  
Leonardo Sgargeta Ustulin  
Mauren Sorace

**DOI 10.22533/at.ed.51820051111**

**CAPÍTULO 12..... 131**

**LEVANTAMENTO DE FORMIGAS EM ÁREAS ANTROPOMORFIZADAS NA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ, TERESINA – PI**

Iron Jonhson de Araujo Veras  
Ana Paula Alves da Mata  
Bruno Oliveira Silva

Lays Sousa do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.51820051112**

**CAPÍTULO 13..... 140**

**INFLUÊNCIA DO ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL SOBRE A PRODUÇÃO DE RATOS LEWIS EM UM CENTRO DE PESQUISA**

Fernanda Marques da Silva

Luciele Varaschini Teixeira

Patrícia Sesterheim

**DOI 10.22533/at.ed.51820051113**

**CAPÍTULO 14..... 147**

**PROCEDIMENTOS DA BIOLOGIA MOLECULAR UTILIZADAS PARA DESVELAR CRIMES**

Lília Maria Nobre Mendonça de Aguiar

Maria das Dores Ferreira Nobre

Jocireudo de Jesus Carneiro de Aguiar

Lulucha de Fátima Lima da Silva

Bruna Jaqueline Sousa Nobre

Fernanda Karolina Sanches de Brito

Domingas Machado da Silva

Luana Almeida dos Santos

Edson Alves Menezes Júnior

Dinalia Carolina Lopes Pacheco

Antenor Matos de Carvalho Junior

Rodrigo Ruan Costa de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.51820051114**

**CAPÍTULO 15..... 149**

**MÉTODO SOROLÓGICO E MOLECULAR DA TOXOPLASMOSE**

Lília Maria Nobre Mendonça de Aguiar

Maria das Dores Ferreira Nobre

Jocireudo de Jesus Carneiro de Aguiar

Lulucha de Fátima Lima da Silva

Bruna Jaqueline Sousa Nobre

Fernanda Karolina Sanches de Brito

Domingas Machado da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.51820051115**

**CAPÍTULO 16..... 151**

**PROFISSIONAIS DOS CUIDADOS DE SAÚDE, DIGNIDADE HUMANA E BIOÉTICA**

Marcelo Haponiuk Rocha

Marcia Regina Chizini Chemin

Jussara Maria Leal de Meirelles

**DOI 10.22533/at.ed.51820051116**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>163</b>
<b>O JOGO COMO UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO VEGETAL</b>	
Carmem Maria da Rocha Fernandes Airton Araújo de Souza Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>185</b>
<b>JOGO “BINGO DA REVISÃO”: APLICAÇÃO DE INSTRUMENTO PEDAGÓGICO NAS AULAS DE CIÊNCIAS NUMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS-BA</b>	
Leiliane Silva dos Santos Eltamara Souza da Conceição Maria José Dias Sales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>194</b>
<b>AS REDES SOCIAIS NO PROCESSO DE BUSCA DE INFORMAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE CASO NAS AULAS DE MICROBIOLOGIA</b>	
Shaila Regina Herculano Almeida Maximo Flávio Krzyzanowski Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>206</b>
<b>A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: EM BUSCA DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</b>	
Francisnaide dos Santos Souza Damião Wellington da Cruz Santos Célia Carvalho Almeida Aparecida Zerbo Tremacoldi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>216</b>
<b>DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: A EXPERIÊNCIA DO PROJETO “SABERES DA MATA ATLÂNTICA”</b>	
Ana Paula Agrizzi Marcos da Cunha Teixeira João Paulo Viana Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>230</b>
<b>OBJETOS DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA E ENSINO DE BIOLOGIA: UMA ABORDAGEM SOBRE BIOMAS BRASILEIROS</b>	
Mirlana Emanuele Portilho Rodrigues Carlos Erick Brito de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.51820051122</b>	

<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>242</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>243</b>

## IMOBILIZAÇÃO DE FRUTOSILTRANSFERASE EM SÍLICA GEL E BUCHA VEGETAL PARA A SÍNTESE DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS

Data de aceite: 01/10/2020

**Sergio Andres Villalba Morales**

<http://lattes.cnpq.br/7673526126442085>

**Larissa Lemos Faria**

<http://lattes.cnpq.br/8515479535272696>

**Michelle da Cunha Abreu Xavier**

<http://lattes.cnpq.br/9700100095864078>

**José Pedro Zanetti Prado**

<http://lattes.cnpq.br/3900709787786481>

**Leandro da Rin de Sandre Junior**

<http://lattes.cnpq.br/0583273890685765>

**Giancarlo de Souza Dias**

<http://lattes.cnpq.br/1105068218834771>

**Elda Sabino da Silva**

<http://lattes.cnpq.br/4981300274633220>

**Alfredo Eduardo Maiorano**

<http://lattes.cnpq.br/0612745177153409>

**Rafael Firmani Perna**

<http://lattes.cnpq.br/7591460969135629>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta a influência da temperatura de imobilização na velocidade e rendimento de imobilização de enzimas Frutosiltransferase (FTase, E.C.2.4.1.9) extracelulares de *Aspergillus oryzae* IPT-301 imobilizadas em sílica gel, assim como a atividade recuperada e estabilidade destas enzimas imobilizadas em sílica gel e bucha

vegetal. As FTases foram produzidas por fermentação submersa a 30 °C e 200 rpm durante 64 h. A imobilização das enzimas nos suportes foi realizada pelo método de adsorção física utilizando velocidade de agitação de 175 rpm durante 6 horas. A velocidade de imobilização da enzima em sílica em função da temperatura foi monitorada mediante determinação das atividades de transfrutossilacção e hidrolítica presentes no sobrenadante durante 6 horas. A avaliação da atividade recuperada e estabilidade da enzima imobilizada em sílica gel e bucha vegetal foi realizada para enzimas imobilizadas durante 6 horas a 175 rpm e 35 °C. O rendimento de imobilização da FTase suportada em sílica gel (85 %) foi maior do que a FTase suportada em esponja vegetal (34 %). No entanto, a FTase suportada em esponja vegetal apresentou a maior atividade recuperada (83,64 %). Além disso, a FTase suportada em sílica gel mostrou a maior estabilidade operacional após 4 ciclos de reação em batelada. Este estudo demonstrou uma forte influência da temperatura e dos materiais de suporte na imobilização e atividade da FTase, bem como seu alto potencial de aplicação para produção de frutooligossacarídeos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Frutosiltransferase, *Aspergillus oryzae* IPT-301, Imobilização, Sílica gel, Bucha vegetal.

**ABSTRACT:** This work presents the influence of the immobilization temperature on the immobilization speed and yield of extracellular Fructosyltransferase (FTase, EC2.4.1.9) enzymes of *Aspergillus oryzae* IPT-301 immobilized on silica gel, as well as the activity recovered and

stability of these enzymes immobilized on silica gel and vegetable sponge. FTases were produced by submerged fermentation at 30 °C and 200 rpm for 64 h. The immobilization of enzymes in the supports was carried out by the method of physical adsorption using a stirring speed of 175 rpm for 6 hours. The rate of immobilization of the enzyme on silica as a function of temperature was monitored by determining the transfructosylation and hydrolytic activities present in the supernatant for 6 hours. The evaluation of the recovered activity and stability of the enzyme immobilized on silica gel and vegetable sponge was performed for enzymes immobilized for 6 hours at 175 rpm and 35 °C. The immobilization yield of the FTase supported on silica gel (85 %) was higher than the FTase supported on vegetable sponge (34 %). However, FTase supported on vegetable sponge showed the highest activity recovered (83.64 %). In addition, FTase supported on silica gel showed the highest operational stability after 4 batch reaction cycles. This study demonstrated a strong influence of temperature and support materials on the immobilization and activity of FTase, as well as its high application potential to produce fructooligosaccharides.

**KEYWORDS:** Fructosyltransferase, *Aspergillus oryzae* IPT-301, Immobilization, Silica gel, Vegetable sponge.

## 1 | INTRODUÇÃO

As enzimas Frutossiltransferase (FTase, E.C.2.4.1.9) catalisam a reação de transfrutossilacção da sacarose para produção de frutooligosacarídeos (FOS), oligômeros de frutose com unidades frutossil ligadas na posição  $\beta(2\rightarrow1)$  amplamente utilizados na fabricação de alimentos, visto que apresentam até 60 % do poder edulcorante da sacarose e oferecem numerosos benefícios à saúde humana (YUN, 1996; ANTOŠOVÁ *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2014; ROMANO *et al.*, 2016). Os FOS são açúcares funcionais não cariogênicos, de baixa caloria, prebióticos, podem ser consumidos seguramente por diabéticos, favorecem o aumento da absorção de cálcio e magnésio, ajudam na eliminação de microrganismos patogênicos, na prevenção do câncer de cólon e na redução do colesterol, triacilgliceróis e fosfolípidios no sangue (TOKUNAGA *et al.*, 1986; ROBERFROID, 2007 ; YUN, 1996; SÁNCHEZ *et al.*, 2008; ZENG *et al.*, 2016; DÍAZ *et al.*, 2011; MOORE *et al.*, 2003; CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007; DOMINGUEZ *et al.*, 2014; GIBSON e ROBERFROID, 1995; GANAIE *et al.*, 2014)

A crescente demanda pelo consumo de FOS tem motivado o desenvolvimento de biocatalisadores estáveis que permitam a sua produção de forma viável e contínua. As enzimas FTase, produzidas por fermentação a partir de fungos, principalmente pertencentes aos gêneros *Aspergillus* e *Aureobasidium*, são consideradas os principais biocatalisadores para produção de FOS por apresentarem principalmente atividade de transfrutossilacção ( $A_t$ ) e baixa atividade hidrolítica ( $A_h$ ), proporcionando assim altos valores da razão  $A_t/A_h$  e, conseqüentemente, altas conversões de sacarose em FOS (KIM *et al.*, 1996; CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2004; OLIVEIRA, 2007; CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007). Especificamente, tanto a FTase extracelular como a micelial produzida pelo fungo

*Aspergillus oryzae* IPT-301 tem apresentado elevadas razões  $A_t/A_h$  para concentrações de sacarose próximas a  $400 \text{ g L}^{-1}$  (PERNA *et al.*, 2018; OTTONI *et al.*, 2012; MAIORANO *et al.*, 2009; CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007).

No entanto, as enzimas FTase extracelulares apresentam baixa estabilidade operacional quando utilizadas em forma solúvel, sendo necessária a sua imobilização em suportes externos visando a produção em larga escala de FOS. A imobilização de enzimas aumenta sua estabilidade, facilita a sua separação do meio reacional e possibilita o seu reuso em ciclos de reação batelada e sua aplicação em sistemas de reação contínuos. Dentre os diversos métodos de imobilização de enzimas, a adsorção física tem se destacado por ser uma técnica simples, rápida e que não requer da adição de substâncias químicas para conseguir a fixação da enzima no suporte (SUGAHARA e VARÉA, 2014; CARVALHO; LIMA; SOARES, 2014). O rendimento de imobilização, a atividade enzimática e a estabilidade da enzima imobilizada por adsorção dependerão do tipo de suporte utilizado e parâmetros como temperatura, pH e velocidade de agitação utilizados durante a imobilização. As principais aplicações desta técnica têm sido reportadas para imobilização de lipases em suportes baseados em sílica (SUGAHARA e VARÉA, 2014), sendo reportada sua aplicação para imobilização de FTases por Aguiar-Oliveira e Maugeri (2010). A imobilização por adsorção apresenta como principal desvantagem a fraca interação entre a enzima e o suporte (forças de Van der Waals, hidrofóbicas e de hidrogênio); porém, esta característica também permite uma fácil recuperação do suporte para ser reutilizado em novos processos de imobilização (CARVALHO; LIMA; SOARES, 2014).

Diante disso, o presente trabalho apresenta a influência da temperatura de imobilização no rendimento de imobilização das FTase extracelulares de *Aspergillus oryzae* IPT-301 imobilizadas em sílica gel, assim como o rendimento de imobilização, atividade enzimática e estabilidade destas enzimas imobilizadas em sílica gel e bucha vegetal.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Produção de frutossiltransferase microbiana extracelular

A enzima FTase extracelular foi produzida a partir da cepa do fungo *Aspergillus oryzae* IPT-301, fornecida pelo Laboratório de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (LBI/IPT-SP), conforme descrito em Cunha *et al.* (2019). Para isso, um *pellet* contendo aproximadamente 5 g de esporos liofilizados do micro-organismo foi ressuspenso em 10 mL de água destilada estéril, e alíquotas de 70  $\mu\text{L}$  foram inoculadas em meio sólido contendo (em %, m/v): ágar batata dextrose 2,0, glicerina 2,5, extrato de levedura 0,5 e glicose 2,5. Após incubação por 7 dias a 30 °C em incubadora refrigerada do tipo B.O.D., os esporos produzidos foram coletados por meio de raspagem utilizando alça de Drigalski e aproximadamente 10 mL de solução constituída por NaCl

0,95 % (m/v) e Tween-80 0,1 % (v/v). A suspensão obtida foi homogeneizada com solução de glicerina 20,0 % (m/v), cujo volume foi variável, de modo ajustar a concentração de esporos para aproximadamente  $1 \times 10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, quantificado com auxílio de uma câmara de Neubauer, seguido de armazenamento sob refrigeração a -12 °C. O meio de cultura utilizado para a fermentação e crescimento microbiano foi constituído por (em %, m/v): sacarose 15,0, extrato de levedura 0,5, NaNO<sub>3</sub> 0,5, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,2, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O 0,03 e FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,001 em pH 5,5. Foram distribuídos 50 mL deste meio de cultura em frascos do tipo Erlenmeyer de 250 mL e autoclavados a 120 °C e 2,022 atm durante 15 min. Em seguida, foram inoculados 500 µL de suspensão de esporos, contendo aproximadamente  $1 \times 10^7$  esporos.mL<sup>-1</sup>, no meio de cultura. Após inoculação, a fermentação foi conduzida em *shaker* a 30 °C e 200 rpm durante 64 h. O conteúdo do Erlenmeyer foi filtrado em papel do tipo Whatman n°1 com diâmetro de 90 mm e o caldo fermentado foi armazenado em tubos para posteriores ensaios de imobilização.

## 2.2 Imobilização da FTase em sílica e bucha vegetal

Partículas de Sílica gel (Sigma-Aldrich®) e esponja vegetal, previamente submetida a um tratamento alcalino conforme descrito por Paul et al. (2010), foram utilizadas como material de suporte. Antes da imobilização, estes materiais foram secos a 60 °C por 24 horas. As FTases extracelulares foram imobilizadas nestes suportes mediante metodologia adaptada do trabalho de Sugahara e Varéa (2014). Inicialmente, o caldo fermentado e a sílica gel (seca) foram adicionados a tubos Falcon na proporção 1:10 (m/v) e mantidos a diferentes temperaturas (20 °C, 25 °C, 30 °C e 35 °C) e 175 rpm por 6 horas em banho Dubnoff (Bunker®, modelo NI 1232). O procedimento foi repetido para a bucha vegetal (seca) utilizando a temperatura de 35 °C para imobilização. As misturas foram filtradas a vácuo e os suportes com enzimas imobilizadas foram armazenados sob refrigeração. O rendimento de imobilização (RI) e a atividade recuperada (AR) foram calculados utilizando as Equações (1) e (2), respectivamente (RAMOS et al., 2015).

$$RI (\%) = \frac{A_{ti} - A_{tf}}{A_{ti}} \times 100 \quad (1)$$

$$AR (\%) = \frac{A_{td}}{A_{ti} - A_{tf}} \times 100 \quad (2)$$

onde  $A_{ti}$  e  $A_{tf}$  são as atividades de transfrutossilacção do sobrenadante (em U) antes e após imobilização, respectivamente;  $A_{td}$  é a atividade de transfrutossilacção do derivado de suporte da enzima (em U) e  $A_d$  é a atividade que desaparece durante a imobilização (em U).

## 2.3 Determinação das atividades hidrolítica e de transfrutossilagem

Para a determinação das atividades enzimáticas foi definida uma unidade de atividade de transfrutossilagem como a quantidade de enzima que transfere um micromol (1  $\mu\text{mol}$ ) de frutose por minuto sob as condições ensaiadas. Também, definiu-se uma unidade de atividade hidrolítica como a quantidade de enzima que libera um micromol (1  $\mu\text{mol}$ ) de frutose por minuto sob as condições reacionais do ensaio (CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007; GANAIE; GUPTA, 2014; OTTONI *et al.*, 2012; CUNHA *et al.*, 2019).

Em um tubo foram adicionados 1,2 mL de solução tampão tris-acetato 0,2 mol.L<sup>-1</sup>, pH 5,5 e 3,7 mL de solução de sacarose P.A. 47 % (m/v). Tal mistura foi previamente aquecida durante 10 min a 50 °C até atingir o equilíbrio térmico (CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007; OTTONI *et al.*, 2012;). A seguir, foi iniciada a reação enzimática ao se adicionar 0,1 mL de caldo fermentado, contendo FTase extracelular solúvel, ou 1 g de FTase imobilizada. A reação foi conduzida em banho Dubnoff a 190 rpm, a 50 °C e por 60 min e, posteriormente, interrompida por banho de água fervente durante 10 min, seguida por banho de gelo (OTTONI *et al.*, 2012; CUERVO-FERNANDEZ *et al.*, 2007).

Os valores de concentração de frutose liberada [F] e frutose transferida (transfrutossilada) [F<sub>t</sub>], obtidos durante a reação enzimática, foram calculados pelas Equações (3) e (4), respectivamente.

$$[F] = [AR] - [G] \quad (3)$$

$$[F_t] = [G] - [F] \quad (4)$$

em que [ART] e [G] são as concentrações de açúcares redutores e glicose, respectivamente, expressas em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .

A concentração de açúcares redutores (AR) presentes no meio reacional foi determinada pelo método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) adaptado de Miller (1959) (MALDONADI; CARVALHO; FERREIRA, 2013; SANTOS-MORIANO *et al.*, 2015), ao passo que a concentração de glicose, presente no meio reacional, foi determinada pelo método colorimétrico (kit enzimático) GOD-PAP (CUNHA *et al.*, 2019; GANAIE; GUPTA, 2014; VEGA; ZÚNIGA-HANSEN, 2011; OLIVEIRA, 2007).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Influência da temperatura de imobilização na velocidade de adsorção

A Figura 1 apresenta o perfil da atividade de transfrutossilagem ( $A_t$ ) da enzima solúvel (livre), presente no sobrenadante, em função do tempo e temperatura de imobilização.

Observa-se uma queda de  $A_t$  para todas as temperaturas ao longo do tempo. Esta queda de atividade no sobrenadante está relacionada com a quantidade de enzima transferida do sobrenadante para a superfície do material de suporte. Observa-se também que o aumento da temperatura de imobilização favoreceu uma queda mais rápida da atividade do sobrenadante, indicando assim uma maior velocidade de adsorção da FTase na sílica gel. Este comportamento pode ser atribuído a que em processos de adsorção, a temperatura afeta a constante de velocidade de adsorção. O aumento na temperatura de imobilização pode aumentar a energia cinética das espécies a serem adsorvidas (JIMENEZ; BOSCO; CARVALHO, 2004). Ademais, o aumento da temperatura aumenta a taxa de difusão das moléculas a serem aderidas ao suporte, devido à diminuição na viscosidade da solução e também pode causar uma desobstrução de poros no interior do suporte, permitindo a difusão de moléculas maiores (DOGAN; ALKAN; DEMIRBAS, 2006). Além disso, é possível observar que para as temperaturas mais altas (30 °C e 35 °C) a queda de atividade é mais acentuada no início do processo de imobilização, tendendo em seguida a uma diminuição de atividade mais lenta, indicando maior rapidez para atingir a estabilidade. Este comportamento pode ser atribuído a uma possível saturação do suporte, sugerindo que não é necessário estender o processo de imobilização por mais tempo.

Além disso, observou-se que a  $A_t$  do controle (enzima solúvel, sem suporte) se manteve praticamente constante ao decorrer das seis horas de imobilização, apresentando uma pequena queda inicial. Esta queda pode ser atribuída à instabilidade da enzima livre, uma vez que as enzimas possuem baixa estabilidade quando removidas de seu ambiente natural (CHAPLIN; BUCKE, 1990; SHULER, 2002)

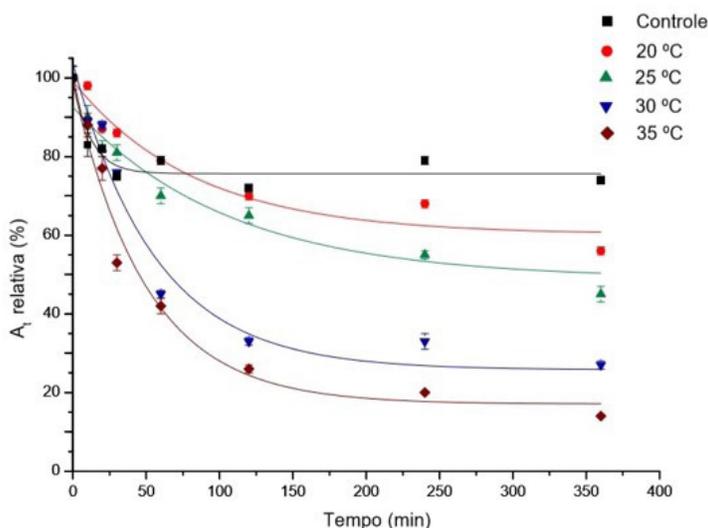


Figura 1- Atividade de transfrutossilacção ( $A_t$ ) no sobrenadante em função da temperatura e do

tempo de imobilização para monitoramento da imobilização de FTase extracelular em sílica gel.

Similarmente, a Figura 2 apresenta os perfis cinéticos de imobilização para a atividade hidrolítica ( $A_h$ ), presente no sobrenadante. Para todas as temperaturas avaliadas, a atividade hidrolítica relativa permaneceu entre 90 % e 100 % como tempo, apresentando pequenos acréscimos na primeira hora de imobilização. Este resultado suporta o fato de que há, possivelmente, diferentes enzimas presentes no caldo fermentado, e que a FTase, enzima com atividade de transfrutoseilação (CUNHA, 2017), apresentou maior afinidade pela sílica-gel, sugerindo inclusive uma possível purificação da enzima durante o processo de imobilização. Antošová e Polakovič (2001) reportaram que a principal diferença entre as enzimas frutossiltransferase (FTase) e  $\beta$ -frutofuranosidase (FFase) é que a FTase possui alta atividade de transfrutoseilação, alta afinidade pela sacarose ou FOS como aceptores de grupos frutossil e menor afinidade com a água. Como essas enzimas possuem atividades hidrolíticas e de transfrutoseilação, é difícil separá-las e classificá-las, uma vez que as duas atividades podem ocorrer concomitantemente em uma mesma enzima de uma mesma fonte. No entanto, L'Hocine et al. (2000) e Hayashi et al. (1990) isolaram essas enzimas e constataram que a FFase apresentou apenas atividade hidrolítica e que a FTase apresentou apenas atividade de transfrutoseilação. Além disso, como a FTase está sendo adsorvida em sílica-gel, o aumento da atividade hidrolítica pode ser explicado como uma compensação da perda de atividade de transfrutoseilação no caldo fermentado, uma vez que há uma diminuição da competição entre as enzimas com as atividades de transfrutoseilação e hidrolítica.

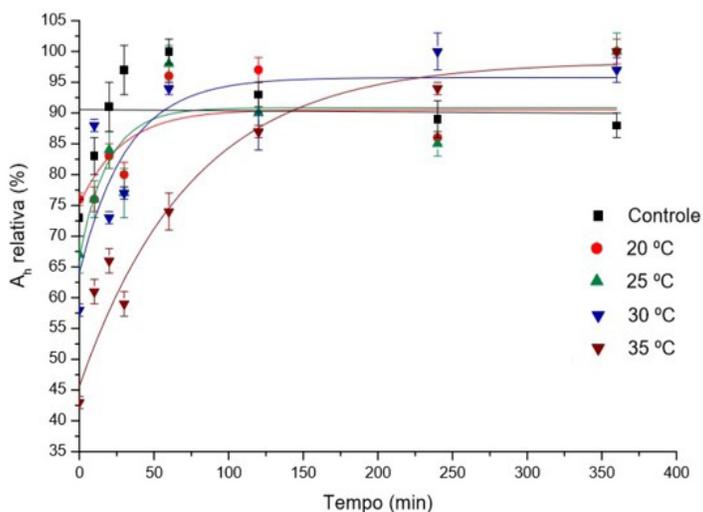


Figura 2- Atividade hidrolítica ( $A_h$ ) no sobrenadante em função da temperatura e do tempo de

imobilização para monitoramento da imobilização de FTase extracelular em sílica gel.

### 3.2 Influência da temperatura de imobilização no rendimento de imobilização

A Tabela 1 apresenta o rendimento de imobilização da enzima adsorvida em sílica gel para cada temperatura de imobilização utilizada. Os cálculos foram realizados conforme descrito no tópico 2.2, baseando-se na atividade de transfrutossilacção inicial e final (após 6 horas de imobilização) do caldo fermentado. Observou-se que o aumento de temperatura de imobilização permitiu a obtenção de maiores rendimentos de imobilização, conforme observado também na Figura 1.

Suporte	Temperatura (°C)	Rendimento de imobilização (Rf) (%)
Sílica	20	31
	25	57
	30	73
	35	85
Bucha vegetal	35	34

Tabela 1. Rendimento de imobilização da FTase em sílica gel e bucha vegetal após 6 horas de imobilização em função da temperatura

Oliveira (2007) reportou um rendimento de imobilização de 97,76 % ao imobilizar FTase extracelular de *Rhodotorula sp.* por adsorção, em suporte inorgânico composto por nióbio e grafite. Nesse estudo também foram testados outros suportes, sendo um deles a sílica enxertada com zircônio. Primeiramente, foi utilizado o método de adsorção com rendimento de 80 %; entretanto, após 72 horas, sob refrigeração, a atividade caiu para 5 % da atividade inicial. Ao realizar a imobilização por ligação covalente, alcançou-se rendimento de 70 %, porém, quando submetido a 72 h de refrigeração, a atividade caiu para 35 % do valor inicial. A adsorção física também foi empregada em diferentes trabalhos envolvendo a enzima lipase. Destaca-se o estudo realizado por Paula et al. (2008) em que a lipase de *Candida rugosa* foi imobilizada em matriz híbrida de polissiloxano álcool polivinílico, com rendimento de imobilização de 96,50 %. Ferreira (2017) estudou a imobilização da lipase de *Geotrichum candidum* em diversos suportes e por diferentes métodos, sendo que para a imobilização por adsorção física em sílica aerosil®, foi obtido um rendimento de imobilização de 100 % para a enzima purificada. Similarmente, Sugahara e Varéa (2014) reportaram um rendimento de imobilização de 94,8 % para a adsorção de lipase extracelular de *Beauveria bassiana* em sílica gel.

Observa-se também na Tabela 1 que o rendimento de imobilização da FTase suportada em sílica gel (85 %) foi muito maior do que o rendimento de imobilização da FTase suportada em esponja vegetal (34 %). Esse resultado pode ser atribuído à alta área superficial da sílica gel ( $391,98 \pm 2,66 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ).

### 3.3 Atividade recuperada e estabilidade operacional da enzima imobilizada

A Tabela 2 apresenta os valores de atividade recuperada e estabilidade operacional da FTase imobilizada durante 6 horas a 35 °C na sílica gel e bucha vegetal. Pode ser observado que apesar dos maiores rendimentos de imobilização obtidos com a sílica gel, a FTase suportada em sílica apresentou uma atividade recuperada consideravelmente menor à atividade apresentada pela FTase imobilizada na bucha vegetal. Este resultado pode ser atribuído a limitações difusionais da sacarose no interior dos poros da sílica. Ferreira et al. (2018) reportou que suportes hidrofílicos como a sílica podem apresentar agregados e estruturas tridimensionais que podem causar restrições ao transporte das moléculas de substrato até o sítio catalítico. Nesse estudo, inclusive, os autores reportaram um rendimento de imobilização de 100 % e uma atividade recuperada de 3,8 % para a lipase de *Geotrichum candidum* imobilizada em sílica aerosil®.

Suporte	Atividade recuperada (%)	Atividade relativa após 4 ciclos de reação (%)
Sílica gel	9,07	40
Bucha vegetal	83,64	12

Tabela 2. Atividade de transfrutoseilação recuperada e estabilidade operacional da FTase imobilizada durante 6 horas a 35°C

Na Tabela 2 também é possível observar que, a FTase suportada em bucha vegetal apresentou estabilidade operacional consideravelmente inferior à FTase imobilizada em sílica, sugerido uma maior interação entre a enzima e a superfície da sílica, que possibilitou maior resistência à desativação e ao arraste após quatro ciclos de reação em batelada. No entanto, é importante destacar que a FTase suportada em esponja vegetal pode permitir uma maior conversão de sacarose em FOS em apenas um ciclo de reação, uma vez que apresentou maior atividade recuperada (Tabela 2).

## 4 | CONCLUSÃO

O processo de imobilização de enzimas FTase extracelulares de *Aspergillus oryzae* IPT-301 em sílica gel por adsorção física mostrou grande dependência da temperatura e do suporte de imobilização. O rendimento e velocidade de imobilização das FTase em sílica gel mostraram elevados incrementos com o aumento da temperatura de imobilização. O

maior rendimento foi obtido a 35 °C, sendo o período de 6 horas o tempo suficiente para atingir a estabilidade no processo de imobilização nesta temperatura. O rendimento de imobilização e estabilidade operacional da FTase imobilizada em sílica foram superiores do que os apresentados pela FTase imobilizada em bucha vegetal. No entanto, a FTase imobilizada em bucha vegetal apresentou maior atividade recuperada. Estes resultados demonstram um alto potencial de aplicação da sílica gel e bucha vegetal como materiais de suporte da enzima FTase visando a produção de frutooligossacarídeos.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR-OLIVEIRA, E.; MAUGERI, F. **Characterization of the Immobilized Fructosyltransferase from *Rhodotorula* sp.** International Journal of Food Engineering, v. 6, n. 3, jun. 2010.

ANTOŠOVÁ, M.; POLAKOVIČ, M. **Fructosyltransferase: The enzymes catalyzing production of frutooligosaccharides.** Chemical Papers—Chemické Zvesti, v. 55, n. 6, p. 350–358, jan. 2001.

ANTOŠOVÁ, M. et al. **Chromatographic separation and kinetic properties of fructosyltransferase from *Aureobasidium pullulans*.** Journal of Biotechnology, v. 135, n. 1, p. 58–63, jun. 2008.

CARVALHO, N. B.; LIMA, A. S.; SOARES, C. M. F. **Uso de sílicas modificadas para imobilização de lipases.** Química Nova, v. 38, n. 3, p. 399–409, nov. 2014.

CHAPLIN, M; BUCKE, C. **Enzyme Technology.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

CHEN, C. et al. **Cloning, expression and functional validation of a  $\beta$ -fructofuranosidase from *Lactobacillus plantarum*.** Process Biochemistry, v.49, n. 5, p. 758-767, maio 2014.

CUERVO-FERNANDEZ, R. et al. **Production of fructoligosaccharides by  $\beta$ -fructofuranosidase from *Aspergillus* sp. 27H.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, v. 79, n. 3, p.268-272, mar. 2004.

CUERVO-FERNANDEZ, R. et al. **Screening of  $\beta$ -fructofuranosidase-producing microorganisms and effect of pH and temperature on enzymatic rate.** Applied Microbiology and Biotechnology, v. 75, n. 1, p. 87-93, jun. 2007.

CUNHA, J. S. **Produção e caracterização da enzima frutossiltransferase de *aspergillus oryzae* ipt-301 visando a obtenção de frutooligossacarídeos.** 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2017.

CUNHA, J. S. et al. **Synthesis and characterization of fructosyltransferase from *Aspergillus oryzae* IPT-301 for high frutooligosaccharides production.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 36, n. 2, p. 657-668, jun. 2019.

DÍAZ, C. J. A. et al. **Computational analysis of the fructosyltransferase enzyme in plants, fungi and bacteria.** Gene, v. 484, n. 1-2, p. 26-34, set. 2011.

DOGAN, M.; ALKAN, M.; DEMIRBAS, Ö. **Adsorption kinetics of maxilon blue GRL onto sepiolite.** Chemical Engineering Journal, v. 124, n. 1-3, p. 89-101, nov. 2006.

FERREIRA, M. M. **Avaliação de diferentes estratégias de imobilização, caracterização das propriedades catalíticas e determinação dos parâmetros termodinâmicos para a lipase produzida por Geotrichum candidum, visando seu emprego na produção de ácidos graxos concentrados.** 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2017.

FERREIRA, M. M. et al. **Different strategies to immobilize lipase from Geotrichum candidum: kinetic and thermodynamic studies.** Process Biochemistry, v. 67, p. 55-63, abr. 2018.

GANAIÉ, M. A. et al. **Immobilization of fructosyltransferase by chitosan and alginate for efficient production of fructooligosaccharides.** Process Biochemistry, v. 49, n. 5, p. 840–844, 2014.

GANAIÉ, M. A.; GUPTA, U. S. **Recycling of cell culture and efficient release of intracellular fructosyltransferase by ultrasonication for the production of fructooligosaccharides.** Carbohydrate Polymers, v. 110, p. 253-258, set. 2014.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. **Dietary modulation of the human colonic microbiota: introduction the concept of prebiotics.** The Journal of Nutrition, v. 125, n. 6, p. 1401-1412, jun. 1995.

HAYASHI, S. et al. **Production of a fructosyl-transferring enzyme by *Aureobasidium sp.* ATCC 20524.** Journal of Industrial Microbiology, v. 5, n. 6, p. 395-399, ago. 1990.

JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A. **Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolécita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares.** Química nova, São Paulo, v. 27, n. 5, p. 734- 738, 2004.

KIM, M. H. et al. **An empirical rate equation for the fructooligosaccharide-producing reaction catalyzed by  $\beta$ -fructofuranosidase.** Journal of Fermentation and Bioengineering, v. 82, n. 5, p. 458-463, jan. 1996.

L'HOCINE, L. et al. **Purification and partial characterization of fructosyltransferase and invertase from *Aspergillus niger* AS0023.** Journal of Biotechnology, v. 81, n. 1, p. 73-84, ago. 2000.

MAIORANO, A. E. et al. **Influence of the culture medium on the fructosyltransferase production.** New Biotechnology, v. 25S, p. S201, set. 2009.

MALDONADI, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método DNS.** Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81580/1/cot-85.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

MILLER, G. L. **Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar.** Analytical Chemistry, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959.

MOORE, N. C. C. et al. **Effects of fructo-oligosaccharide-supplemented infant cereal: a double-blind, randomized trial.** British Journal of Nutrition, v. 90, n. 3, p. 581-587, set. 2003.

OLIVEIRA, E. A. **Imobilização da enzima frutossiltransferase extracelular de *Rhodotorula sp.* e aplicação na produção de frutooligosacarídeos.** 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2007.

OTTONI, C. A. et al. **Media optimization for  $\beta$ -fructofuranosidase production by *Aspergillus oryzae*.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 29, n. 1, p. 49-59, mar. 2012.

PAULA, A. V. et al. **Comparação do desempenho da lipase de candida rugosa imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias.** Química Nova, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 35-40, jan. 2008.

PERNA, R. F. et al. **Microbial Fructosyltransferase: Production by Submerged Fermentation and Evaluation of pH and Temperature Effects on Transfructosylation and Hydrolytic Enzymatic Activities.** International Journal of Engineering Research & Science, v. 4, n. 3, mar. 2018.

RAMOS, E. Z. et al. **Production and immobilization of Geotrichum candidum lipase via physical adsorption on eco-friendly support: Characterization of the catalytic properties in hydrolysis and esterification reactions.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 118, p. 43–51, ago. 2015

ROBERFROID, M. B. **Prebiotics: the concept revisited.** Journal of Nutrition, v. 137, n. 3, p. 830-837, mar. 2007.

ROMANO, N. et al. **Effect of sucrose concentration on the composition of enzymatically synthesized short-chain fructo-oligosaccharides as determined by FTIR and multivariate analysis.** Food Chemistry, v. 202, n. 1, p. 467-475, fev. 2016.

SÁNCHEZ, O. et al. **Fructooligosaccharides production by *Aspergillus sp.* N74 in a mechanically agitated airlift reactor.** Food and Bioproducts Processing, v. 86, n. 2, p. 109-115, jun. 2008.

SANTOS-MORIANO, P. et al. **Levan versus fructooligosaccharide synthesis using levansucrase from *Zymomonas mobilis*: effect of reaction conditions.** Journal of molecular catalysis B: Enzymatic, v. 119, p. 18-25, set. 2015.

SUGAHARA, V. H.; VÁREA, G. S. Immobilization of Beauveria bassiana Lipase on Silica Gel by Physical Adsorption. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 57, n. 6, p. 842-850, dez. 2014.

SHULER, M. L. **Bioprocess engineering: basic concepts.** 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002.

TOKUNAGA, T.; OKU, T.; HOSOYA, N. **Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharide (Neosugar) on growth and gastrointestinal function of the rat.** Journal of Nutritional Science and Vitaminology, v. 32, n. 1, p. 111-121, jan. 1986.

VEGA, R.; ZÚNIGA-HANSEN, M. E. **Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides with high 1-kestose concentrations using response surface methodology.** Bioresource Technology, v. 102, n. 22, p. 10180–10186, nov. 2011.

YUN, J. W. **Fructooligosaccharides – Occurrence, preparation and application.** Enzyme and

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aboboreira 124, 125

Áreas Naturais Protegidas 97, 98, 99, 100

Asparagina 1, 2, 3, 4, 7, 9

Aula Prática 173, 206, 209, 214

### B

Bactérias 4, 5, 9, 14, 22, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 200

Bactérias Lácticas 42, 43, 45, 49

Bioestimulante 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

Bioética 151, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 161, 162

Bioma Amazônico 2

Biomass Brasileiros 230, 232, 233, 240

Botânica 12, 25, 127, 129, 163, 164, 167, 168, 181, 183, 223, 224, 232

Bucha Vegetal 56, 58, 59, 63, 64, 65

### C

Carotenoides 52

Celulase 16, 19, 20, 21, 22

Controle Biológico 28, 29, 30, 32, 37, 39

### D

Desequilíbrio Ambiental 102, 103

Dignidade humana 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 162

Divulgação Científica 199, 200, 202, 203, 204, 216, 217, 223, 224, 225, 227, 228

### E

Educação Ambiental 97, 98, 99, 100, 102, 107, 108, 110, 183, 216, 218, 219, 221, 226, 227, 230, 232, 236, 240, 242

Enriquecimento Ambiental 140, 141, 142, 143, 144, 145

Ensino de biologia 227, 230

Ensino de ciências 164, 167, 182, 183, 184, 190, 191, 192, 204, 206, 208, 215, 223, 228, 229

Ensino Médio 148, 194, 199, 200, 203, 205, 215, 221, 227, 230, 233, 234, 238, 241

Estratégia Didática 163, 167, 170, 179

Etnoecologia 90, 97, 98, 99, 100, 101  
Exopolissacarídeos 42, 43, 49  
Experimentação 206, 209, 214, 215, 225, 229  
Extrato de algas 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

## F

Fermentação Líquida 16  
Fontes de informação 194, 195, 197, 201, 204  
Formicoidea 131, 132, 134  
Frutossiltransferase 56, 57, 58, 62, 65, 66  
Fungos Filamentosos 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 44

## G

Genética Forense 147, 148  
Giberelina 125

## I

Índices Zootécnicos 140, 142, 143, 144  
Inseticidas 29, 30, 31, 33, 36, 112, 113, 116, 119, 121, 122, 123  
Investigação criminal 147, 148

## J

Jogo 163, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192

## L

Lewis 140, 141, 142, 143, 144  
Lixeira Viciadas 102  
Ludicidade 163, 166, 170, 175, 176, 185, 186, 191

## M

Mata Atlântica 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 226, 227, 233, 237, 240, 241  
Meio Ambiente 32, 40, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 226, 234, 236, 238, 240, 241  
Microencapsulação 42, 43, 45, 49

## P

PCR 40, 147, 148, 149, 150  
PIBID 185, 186, 187, 191, 206, 207, 208, 209, 213, 215

Plantas Medicinais 68, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 229, 234, 241

Polimorfismo 147, 148

Pragas 28, 29, 30, 31, 33, 34, 37, 39, 123, 126, 135, 137, 138, 139

## **R**

Rede Social 194, 200, 201, 202

Resíduos Sólidos 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resistência de plantas 123

## **S**

Solo 1, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 35, 49, 108, 113, 114, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 133, 136, 239

Substratos Agrícolas 16, 21, 24

## **T**

Toxinas 29, 31, 32, 34, 35, 36

---

# *Ciências Biológicas*

## *Realidades e Virtualidades*

---

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# *Ciências Biológicas* *Realidades e Virtualidades*

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 