



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 2**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-641-6 DOI 10.22533/at.ed.416192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 2º volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A MATEMÁTICA PRATICADA EM ESCOLAS PAROQUIAIS LUTERANAS DO RS E REVELADA EM CADERNOS ESCOLARES DA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX	
Malcus Cassiano Kuhn	
DOI 10.22533/at.ed.64819103091	
CAPÍTULO 2	15
A QUALIDADE DO AR NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO FUNDAMENTAL: IMPORTÂNCIA E EXEMPLOS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO	
Maria Eduarda Palheiros Vanzan	
Raquel Mac-Cormick Franco	
Luiz Francisco Pires Guimarães Maia	
DOI 10.22533/at.ed.64819103092	
CAPÍTULO 3	24
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE (II): AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ESTRUTURAIS, MORFOLÓGICAS E TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO EM CATÁLISE	
Maria Iaponeide Fernandes Macêdo	
Pedro Luiz Ferreira de Sousa	
Karine Loíse Corrêa Conceição	
Neyda de la Caridad Om Tapanes	
Roberta Gaidzinski	
DOI 10.22533/at.ed.64819103093	
CAPÍTULO 4	35
A ROBOTICA EDUCACIONAL LIVRE COMO METODOLOGIA ATIVA PARA A PROMOÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS	
Elcio Schuhmacher	
Vera R. N. Schuhmacher	
DOI 10.22533/at.ed.64819103094	
CAPÍTULO 5	49
ANÁLISE DA PERFORMANCE DE METODOLOGIAS NUMÉRICAS DE SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE TRANSPORTE DE NÉUTRONS EM GEOMETRIA UNIDIMENSIONAL SLAB NA FORMULAÇÃO DE ORDENADAS DISCRETAS	
Rafael Barbosa Libotte	
Hermes Alves Filho	
DOI 10.22533/at.ed.64819103095	
CAPÍTULO 6	59
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOLUBILIDADE DE ELEMENTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Eduardo Baudson Duarte	
Amanda Péres da Silva Nascimento	
Mirna Aparecida Neves	
Diego Lang Burak	
DOI 10.22533/at.ed.64819103096	

CAPÍTULO 7	68
ANÁLISE DE IMAGENS EM ESCALAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA WAVELET	
Francisco Edcarlos Alves Leite Marcos Vinícius Cândido Henriques	
DOI 10.22533/at.ed.64819103097	
CAPÍTULO 8	78
ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS COM ÊNFASE EM MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM EM ATERRO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG	
Gian Fonseca dos Santos Anderson Nascimento Milagres Yann Freire Marques Costa Danilo Segall César Klinger Senra Rezende Adonai Gomes Fineza	
DOI 10.22533/at.ed.64819103098	
CAPÍTULO 9	86
APLICAÇÃO DA JUNÇÃO DA PLATAFORMA LIVRE SCILAB E ARDUINO PARA CONTROLE DE pH	
Annanda Alkmim Alves Luiz Fernando Gonçalves Pereira Letícia Lopes Alves Saulo Fernando dos Santos Vidal Daniel Rodrigues Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.64819103099	
CAPÍTULO 10	94
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CERVEJA PARA A ADSORÇÃO DO CORANTE ÍNDIGO CARMIM EM EFLUENTE AQUOSO	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo Taynara Mara Vieira Rodinei Augusti Kelly Beatriz Vieira Torres Dozinel Ana Cláudia Bernardes Silva Cristiane Medina Finzi Quintão	
DOI 10.22533/at.ed.648191030910	
CAPÍTULO 11	105
REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO <i>Aspergillus Flavus</i>	
Lourivaldo Silva Santos Marivaldo José Costa Corrêa Williams da Siva Ribeiro Manoel Leão Lopes Junior Raílda Neyva Moreira Araújo Cabral Fabiane da Trindade Pinto Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon Haroldo da Silva Ripardo Filho Carlos Vinicius Machado Miranda Jéssica de Souza Viana	
DOI 10.22533/at.ed.648191030911	

CAPÍTULO 12 116

AUTOMETÁTESE DO DL-KAVAIN, RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE CATALÍTICA E IMPEDIMENTO ESTÉRICO DO SUBSTRATO

Thais Teixeira da Silva
Vanessa Borges Vieira
Aline Aparecida Carvalho França
Talita Teixeira da Silva
Mayrla Letícia Alves de Oliveira
Roberta Yonara Nascimento Reis
Maria de Sousa Santos Bezerra
Fabiana Matos de Oliveira
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Francielle Aline Martins

DOI 10.22533/at.ed.648191030912

CAPÍTULO 13 128

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves
Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima
Rafaella Costa Bonugli-Santos
Felipe Justiniano Pinto
Daniele da Luz Silva
Ana Letícia Fernandes
Renato Malveira Carreiro do Nascimento
Mariana Gabriely da Silva Menezes

DOI 10.22533/at.ed.648191030913

CAPÍTULO 14 138

AÇÃO E IMPACTO DE *MIDDLEBOXES* PRESENTES NA *WORLD WIDE WEB*

Adenes Sabino Schwantz
Bruno Borsatti Chagas

DOI 10.22533/at.ed.648191030914

CAPÍTULO 15 144

VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA QUANTIFICAÇÃO DE RUTINA E QUERCETINA NAS FOLHAS DE *Senna acuruensis*

Lucivania Rodrigues dos Santos
Adonias Almeida Carvalho
Luanda Ferreira Floro da Silva
Gerardo Magela Vieira Júnior
Ruth Raquel Soares de Farias
Mariana Helena Chaves

DOI 10.22533/at.ed.648191030915

CAPÍTULO 16 157

CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS RADIOSSONDAGENS DE BELÉM DURANTE OS ANOS DE 2014 E 2015

Silvia Adriane Elesbão
Alfredo Quaresma da Silva Neto
Maria Aurora Santos da Mota

DOI 10.22533/at.ed.648191030916

CAPÍTULO 17 170

COMPOSIÇÃO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Psidium* (MYRTACEAE) DA AMAZÔNIA

Renan Campos e Silva
Joyce Kelly do Rosário da Silva
Rosa Helena Veras Mourão
José Guilherme Soares Maia
Pablo Luis Baia Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.648191030917

CAPÍTULO 18 182

CONSIDERAÇÃO DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DA ANÁLISE NÃO LINEAR NO PROJETO PRELIMINAR DE UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE

Wagner de Sousa Santos
Rafael Marcus Schwabe

DOI 10.22533/at.ed.648191030918

CAPÍTULO 19 195

DESENVOLVIMENTO DE UMA MEMBRANA BIODEGRADÁVEL CONTENDO ÓLEO DE COPAÍBA (*copaifera spp*) OBTIDA POR ELETROFIAÇÃO

João de Deus Pereira de Moraes Segundo
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Rosemeire dos Santos Almeida
Ivanei Ferreira Pinheiro
Karen Segala
Walter Ricardo Brito
Marcos Akira d'Ávila

DOI 10.22533/at.ed.648191030919

CAPÍTULO 20 204

EROSÃO HÍDRICA EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E ESTRATÉGIAS PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Gabriela Cemirames de Sousa Gurgel
Ricardo Alves Maurício
Clédson Lucena de Araújo
Fiana Raissa Coelho Pereira
Eduardo Maurício Gadelha
Geovanna Maria Andrade de Oliveira
Lígia Raquel Rodrigues Santos
Matheus Monteiro da Silva
Raniere Fernandes Costa
Walesca Ferreira de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.648191030920

CAPÍTULO 21 214

ESTUDO CATALÍTICO DA POLIMERIZAÇÃO RADICALAR MEDIADA POR [Ni^{II}(N-SALICILIDENO-CICLOOCTILAMINA)₂] EM ACETATO DE VINILA E METACRILATO DE METILA

Talita Teixeira da Silva
Yan Fraga da Silva
Manoel Henrique dos Santos Galvão
Thais Teixeira da Silva
Sâmia Dantas Braga
Maria das Dores Alves de Oliveira
Juliana Pereira da Silva
Cristina Vidal da Silva Neta
João Clécio Alves Pereira
Geraldo Eduardo da Luz Júnior
Valdemiro Pereira de Carvalho Júnior
Nouga Cardoso Batista

DOI 10.22533/at.ed.648191030921

CAPÍTULO 22 228

DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL E ORGÂNICO EM AMOSTRAS DE PRÓPOLIS E GEOPRÓPOLIS DO ESTADO DO PARÁ

Brenda Tayná Silva da Silva
Kelly das Graças Fernandes Dantas

DOI 10.22533/at.ed.648191030922

CAPÍTULO 23 241

AValiação da Secagem da Casca de Mangostão (*Garcinia mangostana* L.) em Diferentes Ambientes

Gabriela Nascimento Vasconcelos
Elza Brandão Santana
Rafael Alves do Nascimento
Elisangela Lima Andrade
Lorena Gomes Corumbá
Lênio José Guerreiro de Faria
Cristiane Maria Leal Costa

DOI 10.22533/at.ed.648191030923

CAPÍTULO 24 254

FAKE NEWS: UM PROBLEMA MIDIÁTICO MULTIFACETADO

Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.648191030924

CAPÍTULO 25 268

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE EM TANQUES DE NÍVEL DISPOSTOS DE FORMA NÃO-ITERATIVA

Luiz Fernando Gonçalves Pereira
Fernando Lopes Santana
Mario Luiz Pereira Souza
Renan Zuba Parrela
Saulo Fernando dos Santos Vidal

DOI 10.22533/at.ed.648191030925

CAPÍTULO 26	280
IMPROVING URBAN MOBILITY THROUGH A BUS COLLABORATIVE SYSTEM	
Fábio Rodrigues de la Rocha	
Ramon Tramontin	
DOI 10.22533/at.ed.648191030926	
CAPÍTULO 27	286
GRAPPHIA: UMA FERRAMENTA <i>M-LEARNING</i> PARA ENSINO DA ORTOGRAFIA	
Luciana Pereira de Assis	
Adriana Nascimento Bodolay	
Luiz Otávio Mendes Gregório	
Magno Juliano Gonçalves Santos	
Alessandro Vivas Andrade	
Pedro Henrique Cerqueira Estanislau	
Gilberto Carvalho Lopes	
Daniela Perri Bandeira	
DOI 10.22533/at.ed.648191030927	
CAPÍTULO 28	296
LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO DE ATERRAMENTOS ELÉTRICOS	
Marcos Vinicius Santos da Silva	
Márcio Augusto Tamashiro	
Kaisson Teodoro de Souza	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.648191030928	
CAPÍTULO 29	303
METODOLOGIA DE PURIFICAÇÃO DA GLICERINA GERADA COMO COPRODUTO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Paulo Roberto de Oliveira	
Elise Ane Maluf Rios	
Fernanda Joppert Carvalho de Souza	
Renan Vidal Viesser	
Patrick Rodrigues Batista	
DOI 10.22533/at.ed.648191030929	
CAPÍTULO 30	316
NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEEIRO	
Geraldo Gomes de Oliveira Júnior	
Irlon de Ângelo da Cunha	
Adriano Bortolotti da Silva	
Raphael Nogueira Rezende	
Luana Elís de Ramos e Paula	
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho	
Paulo Henrique de Siqueira Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.648191030930	

CAPÍTULO 31	323
O ENSINO NA MODALIDADE EAD: PERSPECTIVAS SOBRE O PROCESSO EDUCATIVO NA MATEMÁTICA	
Lucilaine Goin Abitante	
Máriele Josiane Fuchs	
Elizângela Weber	
Cláudia Maria Costa Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.648191030931	
CAPÍTULO 32	335
O USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO APOIO AO ENSINO E APRENDIZADO: UMA ABORDAGEM BASEADA NO BYOD	
Claudiany Calaça de Sousa	
Ennio Willian Lima Silva	
DOI 10.22533/at.ed.648191030932	
CAPÍTULO 33	352
COMPUTATIONAL METHOD H_{∞} APPLIED TO DEXTEROUS HAND MASTER - DHM	
Rildenir Silva	
Ivanildo Abreu	
Cristovam Filho	
DOI 10.22533/at.ed.648191030933	
CAPÍTULO 34	363
ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) OBTIDO POR PRECIPITAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE SOJA COMERCIAL	
Roberto Ananias Ribeiro	
Fernanda Barbosa Damaceno	
DOI 10.22533/at.ed.648191030934	
CAPÍTULO 35	374
PHOTOELECTROCATALYSIS PROPERTIES OF $CUWO_4$ POROUS FILM UNDER POLYCHROMATIC LIGHT	
Aline Estefany Brandão Lima	
Roberta Yonara Nascimento Reis	
Maria Joseíta dos Santos Costa	
João Paulo Carvalho Moura	
Luis Jefferson da Silva	
Reginaldo da Silva Santos	
Laécio Santos Cavalcante	
Elson Longo da Silva	
Geraldo Eduardo da Luz Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.648191030935	
SOBRE O ORGANIZADOR	384
ÍNDICE REMISSIVO	385

BIOPROSPECÇÃO DE ENZIMAS PRODUZIDAS POR FUNGOS DECOMPOSITORES ISOLADOS DE DETRITOS VEGETAIS DE RIACHOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU-PR

Caroline da Costa Silva Gonçalves

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

Maria Lair Sabóia de Oliveira Lima

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Química, Campinas – SP.

Endereço atual: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Porto Seguro – BA.

Rafaella Costa Bonugli-Santos

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

Felipe Justiniano Pinto

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

Daniele da Luz Silva

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

Ana Letícia Fernandes

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

Renato Malveira Carreiro do Nascimento

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,

Instituto de Química, Campinas – SP.

Mariana Gabriely da Silva Menezes

Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Foz do Iguaçu – PR.

RESUMO: Na região de Foz do Iguaçu, no Estado do Paraná, situa-se a maior floresta tropical subcaducifólia do Brasil. Associada a este ecossistema, é possível encontrar uma biodiversidade oriunda de derrames vulcânicos, com uma microbiota ainda inexplorada e com potencial enzimático promissor e apto a contribuir com processos biotecnológicos de interesse. Neste sentido, fungos decompositores de matéria orgânica, isolados de detritos vegetais de riachos desta região, podem representar um recurso genético promissor. Isto ocorre, principalmente, devido às características lólicas deste ecossistema. Assim, estudos envolvendo triagens enzimáticas da microbiota existentes nestes sistemas se fazem necessários, uma vez que constituem um alicerce fundamental para o desenvolvimento de pesquisas futuras voltadas à aplicação de enzimas. Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo rápido, sensível e miniaturizado do potencial enzimático de fungos isolados de detritos vegetais desta região, utilizando, para tal, a umbeliferona como sensor

fluorescente da atividade enzimática. Para tanto, sondas fluorogênicas específicas para detecção de hidrolases (3, 4 e 5) e monoxigenases (6) foram utilizadas. Os resultados de atividade enzimática foram mais evidentes para atividades hidrolíticas. Dentre os 32 fungos avaliados, 31 apresentaram atividade para a sonda de esterase (3), 31 para a de lipase (4) e 21 para epóxido-hidrolase (5). Apenas 1 fungo apresentou atividade frente à sonda 6.

PALAVRAS-CHAVE: triagem de alto desempenho; atividade enzimática; sondas fluorogênicas; hidrolases.

BIOPROSPECTING OF ENZYMES PRODUCED BY DECOMPOSER FUNGI ISOLATED FROM PLANT DETRITUS OF RIVERS IN THE REGION OF FOZ DO IGUAÇU-PR

ABSTRACT: On the Foz do Iguaçu region, in Paraná, is located the biggest semideciduous tropical forest in Brazil. Associated to this ecosystem, it is possible to find a biodiversity arising from volcanic spills, with a still unexplored microbiota and with promising enzymatic potential suitable to contribute with biotechnological processes of interest. In this sense, fungi that are decomposers of organic matter, isolated from plant detritus on the rivers of this region may represent a promising genetic resource. This happens mostly due to the lotic characteristics of this ecosystem. Thus, studies involving enzymatic screenings of the existing microbiota in these systems are necessary, since they constitute a core foundation to the development of future researches geared towards application of enzymes. In this context, this work presents a brief, sensible and miniaturized study of the enzymatic potential of fungi isolated from plant detritus in this region, using, for this purpose, umbelliferone as a fluorescent sensor of the enzymatic activity. To do so, fluorogenic probes, specific for the detection of hydrolases (3, 4 and 5) and monooxygenases (6), were used. The results of enzymatic activity were more evident to the hydrolytic activities. Among the 32 evaluated fungi, 31 presented activity to the esterase probe (3), 31 to the lipase (4) and 21 to the epoxide hydrolase (5). Only 1 fungi exhibited activity to the probe 6.

KEYWORDS: high-throughput screening; enzymatic activity; fluorogenic probes; hydrolysis.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por novos compostos bioativos, alimentos funcionais, biomaterias e biocombustíveis tem aumentado o interesse pela busca de novas tecnologias e de processos industriais sustentáveis (REETZ, 2013). De modo a acompanhar esta tendência, o uso de enzimas como catalisadores alternativos aos catalisadores químicos convencionais, apresenta-se como uma alternativa promissora de inserção de metodologias verdes nos âmbitos acadêmico e industrial (CHAMPMAN; ISMAIL; DINU, 2018). Corroborando com esta afirmativa, em 2016,

o mercado mundial de enzimas atingiu a marca de 5,0 bilhões de dólares, podendo ultrapassar os 6,3 bilhões em 2024. Isto mostra uma previsão de crescimento de 4,7% ao ano do uso de enzimas no espectro mundial (GONÇALVES; FONSECA, 2018).

As enzimas são biocatalisadores altamente versáteis, seletivos (de forma régio, enantio e quimiosseletiva) e aptos a catalisarem diferentes reações orgânicas, mesmo quando presentes em concentrações muito baixas (10^{-3} a 10^{-4} % em mol de enzima). Estas macromoléculas podem apresentar potenciais redox e valores de pKa pouco usuais e são reconhecidas por sua capacidade de catalisar reações químicas em condições reacionais brandas (temperatura ambiente, pressão atmosférica e pH próximo ao neutro) (BOMMARIUS, 2015; FABER, 2011). Com base nas reações que catalisam, as enzimas classificam-se em 7 classes distintas ordenadas segundo a *Enzyme Commission* (E.C.), sendo a sétima classe, a das Translocases, recentemente descoberta no ano de 2018, de acordo com a *International Union of Biochemistry and Molecular Biology* (2018). Vale ressaltar que, embora existam estas diferentes classes, as hidrolases e as oxidoreduções são as que mais se destacam no setor industrial, sendo estas as responsáveis por, respectivamente, 60 e 20% das biotransformações em uso (TAO; LIN; LIESE, 2009). As especificidades de cada classe estão apresentadas no Quadro 1.

E.C.	Classes de enzimas	Reação catalisada
1	Hidrolases	Reações de hidrólise em água.
2	Oxidoreduções	Oxidações e reduções.
3	Transferases	Transferências de grupos de uma molécula para outra.
4	Liasas	Adição-eliminação de pequenas moléculas em ligações C=C, C=N e C=O.
5	Isomerases	Isomerizações como racemização, epimerização e rearranjos.
6	Ligases	Formação e clivagem de ligações com concomitante clivagem de trifosfato.
7	Translocases	Catalisam o movimento de íons ou moléculas pelas membranas

Quadro 1. Classificação das enzimas de acordo com suas reações específicas.

Fonte: Elaborado pelos autores com informações de Faber (2011) e de *International Union of Biochemistry and Molecular Biology* (2018).

Por muitas décadas, a aplicação comercial de enzimas baseou-se em processos fermentativos, aplicados primordialmente em indústrias alimentícias, têxteis, de papéis e de detergentes. Contudo, nos últimos vinte anos, este cenário mostrou uma mudança significativa, sendo cada vez mais frequente a comercialização e o desenvolvimento de novos bioprocessos industriais. Tal crescimento é atribuído aos avanços contínuos em áreas como engenharia de enzimas, engenharia metabólica,

biologia sintética e biologia de sistemas (GREEN; TURNER, 2016; CHOI; HAN; KIM, 2015). Assim, a utilização de enzimas em processos cada vez mais específicos, como a síntese de intermediários quirais, de compostos bioativos e também a biotransformação de produtos naturais têm se destacado (PATEL, 2011; PATEL, 2018; TRUPPO, 2017; SHELDON; WOODLEY, 2018).

Associada ao aumento da utilização de biocatalisadores há uma crescente necessidade da descoberta de novas enzimas, de forma a suprir as especificidades dos mais diversos processos industriais (em termos de atividade, seletividade, custo e estabilidade). Neste contexto, os micro-organismos apresentam-se como importantes fontes de biocatalisadores, pois suas enzimas são, em geral, mais estáveis e mais ativas do que as de plantas e animais. Além disso, eles podem ser cultivados em larga escala e a manutenção das coleções é relativamente barata (SINGH, 2016; ANBU et al., 2017; PAUL et al., 2005).

Para a descoberta de novas enzimas, é interessante investigar os mais diferentes tipos de ambiente (solos, petróleo, lodo, rejeito de mineração, por exemplo), uma vez que o *habitat* influencia diretamente na microbiota existente e no metabolismo por ela desenvolvido. Neste contexto, ecossistemas lóticos, como os rios, riachos e córregos, podem ser promissores quanto à variedade e complexidade de microrganismos que ali habitam. Neste tipo de ecossistema, encontra-se uma associação direta entre a matéria orgânica decomposta a microbiota que ali habita. Dentre os fungos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em ambientes aquáticos, estão os fungos pertencentes ao filo *Ascomycota* e algumas espécies de *Zygomycota* e *Basidiomycota* (DIX; WEBSTER, 1995; SHEARER; WEBSTER, 1991).

Grande parte dessa matéria orgânica decomposta é de origem vegetal. Assim, a parede celular dos substratos vegetais em decomposição apresenta uma estrutura complexa de polissacarídeos, proteínas e lignina, diferindo entre espécies vegetais em sua composição monomérica e em suas ligações. Isto torna a sua decomposição altamente resistente e difícil de ser realizada por organismos não especializados. Os microrganismos capazes efetivamente de degradar esses polissacarídeos realizam esses processos através da secreção de enzimas que clivam sacarídeos complexos para liberar oligo-, di- e monossacarídeos (PAULY; KEEGSTRA, 2008). Devido a isto, estes organismos podem apresentar recursos enzimáticos altamente eficientes.

No entanto, apesar dessas características promissoras, cerca de 99% da diversidade microbiana ainda não é passível de cultivo em laboratório e permanece inexplorada (MADHAVEN et al., 2017), o que prejudica o acesso a um material genético promissor no âmbito biotecnológico. No entanto, para os micro-organismos cultiváveis em laboratório, a descoberta e a investigação de novas enzimas tornam-se possíveis e envolvem técnicas cuidadosas de cultivo de micro-organismos e métodos de bioprospecção enzimática focados na triagem de uma determinada atividade ou propriedade (GONÇALVES et al., 2014).

Dentre os métodos de triagem enzimática, os que utilizam sondas fluorogênicas como sensores apresentam merecido destaque, uma vez que, devido à sensibilidade deste tipo de técnica, são necessárias quantidades ínfimas do biocatalisador e do substrato. Isto ajuda a contornar possíveis efeitos citotóxicos que o substrato venha a ter sobre as células, além de tornar possível a miniaturização dos ensaios. Este modelo experimental toma como inspiração as triagens de alto desempenho (do inglês, *high-throughput screening* - HTS), onde a ideia central é sempre miniaturizar e agilizar resultados confiáveis e de fácil obtenção (REYMOND et al., 2008).

Assim, nos ensaios envolvendo sondas fluorogênicas, a sinalização da atividade enzimática resultará de uma série de reações químicas e biológicas desencadeadas pela ação enzimática de interesse (LIMA et al., 2018; GONÇALVES et al., 2016). Dentre os ensaios de modelo HTS baseados em fluorescência, aqueles que utilizam a umbeliferona como sensor estão entre os mais importantes, uma vez que este composto, além de ser fluorescente, apresenta boa aceitabilidade biológica. Isto torna possível a sua aplicação na confecção de sondas específicas para detecção única das atividades enzimáticas de epóxido hidrolases, lipases, esterases, fosfatases, álcool desidrogenase e Baeyer-Villiger Monoxigenase (BVMO) (REYMOND et al., 2008). Vale ressaltar que ensaios envolvendo a detecção simultânea da umbeliferona a outro fluoróforo já foram relatados como processos multienzimáticos de detecção. Tal metodologia já torna possível a detecção de mais de uma atividade enzimática simultaneamente (LIMA et al., 2018).

2 | METODOLOGIA UTILIZADA

Os ensaios foram elaborados de forma miniaturizada, em placas pretas de 96 poços. As sondas foram preparadas em uma concentração padrão de 2,0 mol.L⁻¹ em H₂O/Acetonitrila 1:1 como solvente. A solução de BSA (albumina de soro bovino) foi preparada utilizando tampão borato pH 7,4 como solvente, a uma concentração de 5 g.L⁻¹. Já o periodato de sódio (NaIO₄) foi preparado em água milli-Q, a uma concentração de 20 mmol.L⁻¹. Os fungos avaliados foram previamente cultivados em placas de Petri contendo extrato de malte e 5% de ágar (MEA) em BOD a 30 °C por 48 horas. Após crescimento, os fungos foram cuidadosamente raspados e transferidos para tubos Falcon, onde solução tampão borato pH 7,4 foi adicionada a fim de que a suspensão celular final resultasse em 1,0 g.L⁻¹. Todos os fungos utilizados neste trabalho são pertencentes à Coleção de Cultura de Microrganismos da UNILA.

Os experimentos foram elaborados como segue em ordem de adição e quantidade de soluções:

- **Ensaio de detecção da atividade enzimática**

1º) NaIO₄, 20mmol/L (10 µL); 2º) BSA, 5,0 mg/mL (80 µL); 3º) sonda fluorogênica,

1,0 mmol/L (10 µL); 4º) suspensão microbiana, 1,0 mg/mL (100 µL).

- **Controle negativo:**

1º) NaIO₄, 20mmol/L (10 µL); 2º) BSA, 5,0 mg/mL (80 µL); 3º) sonda fluorogênica, 1,0 mmol/L (10 µL); 4º) tampão borato pH 7,4 (100 µL).

- **Controle positivo:**

1º) NaIO₄, 20mmol/L (10 µL); 2º) BSA, 5,0 mg/mL (80 µL); 3º) produto da sonda fluorogênica, 1,0 mmol/L (10 µL); 4º) tampão borato pH 7,4 (100 µL).

Para o experimento que determina a atividade de monoxigenases, o NaIO₄ não é utilizado, podendo este ser removido do experimento sem prejuízo para os resultados obtidos. Os experimentos foram realizados em triplicatas miniaturizadas, com as microplacas incubadas em agitadora Shaker a 180 rpm e 28 °C. As leituras foram realizadas nos tempos 0, 24 e 48 horas em leitor de placas multimodal EnSpire™, para monitoramento dos comprimentos de onda de emissão da umbeliferona ($\lambda_{ex} = 370$ nm e $\lambda_{em} = 470$ nm). Os percentuais de conversão em cada tempo foram calculados segundo a equação a seguir:

$$\% \text{ Conversão} = \frac{(\text{média RFU dos ensaios} - \text{média RFU dos controles negativos})}{(\text{média RFU dos controles positivos})} \times 100$$

Onde RFU corresponde à intensidade de fluorescência medida.

3 I AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES CATALÍTICAS COM SONDAS FLUOROGÊNICAS

Neste trabalho, o perfil enzimático de 32 fungos decompositores isolados de detritos vegetais de riachos da região de Foz do Iguaçu-PR foi avaliado frente a sondas fluorogênicas específicas para a detecção de hidrolases e monoxigenases que utilizam a umbeliferona como sensor da atividade. Nas sondas fluorogênicas utilizadas, a umbeliferona encontra-se conectada a substratos enzimáticos específicos, resultando em compostos não fluorescentes (por isto, a denominação sondas fluorogênicas). Para as sondas utilizadas na determinação de atividades hidrolíticas (**3, 4 e 5**), a umbeliferona e o grupo funcional encontram-se conectados através de um espaçador de três carbonos. Assim, após a ação enzimática sobre o grupo funcional, ocorre a liberação do diol (**2**) e, em seguida, a clivagem oxidativa com NaIO₄. Por fim, o produto formado sofre uma β -eliminação, catalisada pela BSA, caracterizando assim uma cascata quimio-enzimática que culmina na liberação do ânion fluorescente umbeliferila (**1**). Ele pode ser detectado a 470 nm e, assim, revelar a atividade enzimática de interesse. Princípio similar é aplicado na detecção

das atividades catalíticas de monoxigenases (sonda **6**), sendo observada a liberação do ânion umberiferila (**1**) após oxidação enzimática, seguida de β -eliminação.

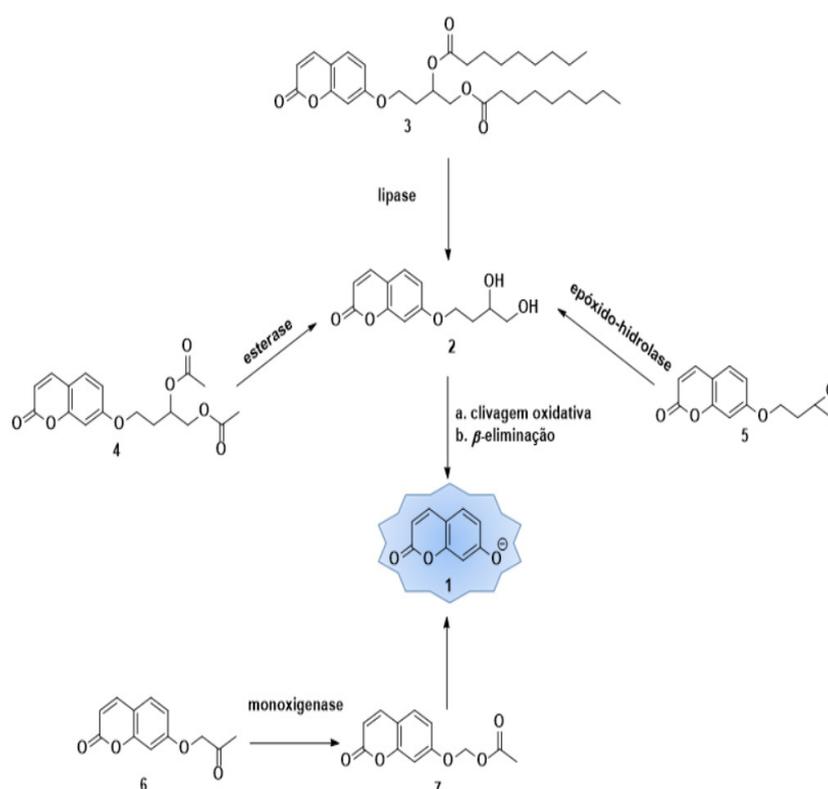


Figura 1. Reações em cascata quimio-enzimática que tornam possíveis as identificações das enzimas de interesse. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1. Considerando-se positivos aqueles que apresentaram um percentual de conversão maior ou igual à 5%.

MICRO-ORGANISMO	SONDAS											
	3			4			5			6		
	0h	24h	48h	0h	24h	48h	0h	24h	48h	0h	24h	48h
M1ANG5*	17	90	91	0	59	71	0	8	7	0	0	1
M1BNG4*	14	87	89	0	64	76	0	11	10	-1	0	1
M1AE4*	15	83	85	0	46	64	0	4	1	0	0	0
M1BE1*	3	86	87	0	27	45	0	7	6	-1	0	0
M1BNG2*	12	87	88	0	70	81	0	9	8	-1	0	0
M1BN5*	5	86	87	0	52	66	0	5	5	-1	0	0
M1CEA*	0	77	83	0	6	15	0	1	0	-1	0	1
M1CNG1*	6	88	88	0	52	66	0	8	6	-1	0	0
M1BNG1*	2	87	88	0	59	73	0	7	6	-1	0	0
M1CNG2*	3	88	89	0	56	70	0	7	6	-2	0	0
M1CNG4*	0	77	92	0	74	93	0	4	3	0	0	1
M1BNG5	0	73	66	0	14	21	0	4	-5	0	1	2
M1AN4	0	10	29	0	33	57	0	7	8	0	0	0
M1BN1*	0	84	83	4	25	41	0	2	2	0	0	1
M1BN3*	0	90	91	0	10	26	0	5	11	-3	0	0

M1CE2	0	2	8	0	2	5	0	3	3	-2	0	0
M1AN1	0	1	2	0	2	3	0	9	18	1	0	0
M2BN2*	0	77	68	0	35	52	0	7	-2	0	3	4
M2CE5*	0	82	85	0	8	21	0	0	0	-1	0	0
M2CN1*	0	82	81	0	48	65	0	14	9	-2	4	4
M2CNG22	0	56	68	0	7	13	0	0	-1	-1	0	0
M2AB11	0	7	28	0	3	6	0	2	2	-2	0	2
M2ANG5*	0	41	76	0	20	36	0	4	4	-1	1	4
M2BN32	0	29	61	0	12	20	0	4	4	-1	0	0
M2AE12	0	13	39	0	14	28	0	7	9	-2	0	0
M2AN1	0	10	34	0	4	6	0	6	7	-1	0	0
M2AN3*	0	28	61	0	83	97	0	12	16	-1	0	0
M2AE1	0	0	5	0	30	66	0	9	13	-2	0	0
M2BN31	0	48	73	0	24	41	0	4	16	-1	0	0
M2CNG1*	0	69	83	0	3	11	0	5	13	2	0	-1
M2CE7	0	10	37	0	7	17	0	7	19	4	1	1
M2CE1*	2	100	100	2	55	83	0	4	7	7	5	8

Tabela 1. Percentuais de conversão para as sondas 3, 4, 5 e 6 nos tempos 0, 24 e 48 horas.

FONTE: Os autores, 2019.

Observou-se uma grande incidência de enzimas hidrolíticas, em especial para lipases (sonda 3) e esterases (sonda 4). O percentual de conversão da sonda 4 pelos microrganismos variou de 29% a 100%, sendo que somente dois fungos apresentaram valores de conversão igual ou inferior a 5%. Para a sonda 4 também foi observada uma elevada atividade enzimática, com apenas oito fungos apresentando valores de conversão inferiores a 20%. Três fungos (M1BNG2, M1CNG4, M2CE1) apresentaram valores de conversão superiores a 85% para as sondas 3 e 4, mas mostraram-se praticamente inativos frente a sonda 5, específica para epóxido-hidrolase.

Contrariamente, as taxas de conversão para a sondas 6, específica para monoxigenases, foi irrisória, sendo apenas 1 único fungo (M2CE1) a apresentar atividade. No total, 31 fungos apresentaram atividade frente para lipase, 31 para esterases e 21 para epóxido-hidrolases, prevalecendo as atividades hidrolíticas.

4 | CONCLUSÕES

Os fungos isolados de detritos vegetais de riachos da região de Foz do Iguaçu – PR apresentaram-se promissores quanto à presença de enzimas hidrolíticas, com destaque para as lipases e esterases. Apenas 1 fungo apresentou atividade para monoxidasas. A metodologia mostrou-se rápida e eficiente ao tornar possível a detecção de atividades enzimáticas via ensaios miniaturizados que necessitam de baixas concentrações celulares e do substrato a ser avaliado.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisas em Síntese Orgânica, Biocatálise, RMN e Ecologia Química da Prof.^a Anita J. Marsaioli (IQ-UNICAMP), por gentilmente disponibilizar a sua infraestrutura para o processo de triagem enzimática. Ao CNPq, à UNILA e a Fundação Araucária pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas. Ao Programa de Apoio ao Pesquisador - Custeio da UNILA (EDITAL PRPPG Nº 109 de 18 de outubro de 2017) pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ANBU, P.; GOPINATH, S. C. B.; CIHAN, A. C.; CHAULAGAIN, B. P.; LAKSHMIPRIYA, T. **Microbial Enzymes and Their Applications in Industries and Medicine**, 2016. Biomed. Res. Int. 2017.

BEGON, M. C.; TOWNSEND, J. L. H. **Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas**. ed. 4. Artmed, Porto Alegre, 2007.

BOMMARIUS, A. S. **Biocatalysis: A Status Report**. Annu. Rev. Che. Biomol. Eng. v. 6, p. 319-345, 2015.

CHAPMAN, J.; ISMAIL, A. E.; DINU, C. Z. Chapman, J.; **Industrial Applications of Enzymes: Recent Advances, Techniques, and Outlooks**. Catalysts, v. 8, p. 238-264, 2018.

CHOI, J. M.; HAN S. S.; KIM H. S. **Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects**. Biotechnol. Adv., v. 33 p. 1443-1454, 2015.

DIX, N.J.; WEBSTER, J. **Fungal Ecology**. Chapman & Hall, Cambridge. Springer, 1995.

FABER, K. **Biotransformation in Organic Chemistry**, Berlin, ed. 6, Springer, 2011.

GONÇALVES, C.C.S.; COSTA, B. Z.; LIMA, M. L. S. O.; FIORITO, G. F.; RUIZ, A. L. T. G.; OLIVEIRA, S. B. P.; BARBOSA, G. O.; CARVALHO, H. F.; MARSAIOLI, A. J. **Enzymatic profiling in prostate and breast cancer cells: phosphate hydrolysis and alcohol oxidation**. Tetrahedron (Oxford. Print), v. 72, p. 7235-7240, 2016.

GONÇALVES, C. C. S, FONSECA, F. S. A. **Reações de Oxidação Catalisadas por Enzimas**. Rev. Virtual Quim., v.10, n.4, p.778-797, 2018.

GREEN, A. P.; TURNER, N. J. **Biocatalytic retrosynthesis: Redesigning synthetic routes to high-value chemicals**. Perspect. Sci., p. 42-48, 2016.

LI, G.; WANG, J.; REETZ, M.T. **Biocatalysts for the pharmaceutical industry created by structure-guided directed evolution of stereoselective enzymes**. Bioorg. Med. Chem., v. 26 p. 1241-1251, 2018.

LIMA, M. L. S. O.; CHAVES, M. R. B.; NASCIMENTO, R. M. C.; GONÇALVES, C. C. S.; MARSAIOLI, A. J. **Simultaneous Multienzymatic Screening with Fluorogenic Probes**. J. Braz. Chem. Soc., v. 29, n. 5, p. 1149-1156, 2018.

MADHAVAN, A; SINDHU, R; BINOD, P.; SUKUMARAN, R. K.; PANDEY, A. **Strategies for design of improved biocatalysts for industrial applications**. Bioresour. Technol. v. 245, p. 1304-1313, 2017.

- NURFAZILAH, S.; HUSSAIN, M. **Microbial-Catalyzed Biotransformation of Multifunctional Triterpenoids Derived from Phytonutrients**. *Int. J. Mol. Sci.* v.15, p. 12027-12060, 2014.
- PATEL, R. N. **Biocatalysis for synthesis of pharmaceuticals**. *Bioorg. Med. Chem.* v. 26, p. 1252-1274, abr. 2018.
- PATEL, R. N. **Biocatalysis: Synthesis of Key Intermediates for Development of Pharmaceuticals**. *ACS Catal.*, v.1, p. 1056–1074, 2011.
- PAUL, D.; PANDEY, G.; PANDEY, J.; JAIN, R.K. **Bioremediation and environmental restoration**. *Trends Biotech*, v.23, p. 135-142, 2005.
- PAULY, M.; KEEGSTRA, K. **Cell-wall carbohydrates and their modification as a resource for biofuels**. *Plant J*, v.54, p.559–568, 2008
- REETZ, M. T. **Biocatalysis in Organic Chemistry and Biotechnology: Past, Present, and Future**. *J. Am. Chem. Soc.*, 2013, v. 135, n. 34, pp 12480–12496
- SHEARER, C. A.; WEBSTER, L. **Aquatic Hyphomycete communities in the river Teign. IV. Twig colonization**. *Mycol. Res.*, v. 95, p. 413-420, 1991.
- SHELDON, R. A.; WOODLEY, J. M. **Role of Biocatalysis in Sustainable Chemistry** *Chem. Rev.*, v.118, p. 801–838, 2018.
- SINGH, R.; MITTAL, M. K. A.; MEHTA, P. K. **Microbial enzymes: industrial progress in 21st century**. Springer, p. 174-189, 2016.
- TAO, J. A.; LIN, G. Q.; LIESE, A. **Biocatalysis for the Pharmaceutical Industry**. Wiley, cap. 1, 2009.
- Translocases (EC 7): A new EC Class. International Union of Biochemistry and Molecular Biology. Disponível em: <<https://iubmb.org/wp-content/uploads/sites/2790/2018/10/Translocases-EC-7.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2019.
- TRUPPO, M. D. **Biocatalysis in the Pharmaceutical Industry: The Need for Speed**. *ACS Med. Chem. Lett.* v.8, p. 476–480, 2017.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento urbano 78

Aprendizagem 35, 38, 39, 46, 47, 48, 286, 287, 288, 289, 295, 323, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 339, 341, 343, 345, 348, 350

Aspergillus flavus 105, 106, 108, 109, 110, 114, 115

Aterramentos elétricos 296, 297, 301, 302

Atividade antioxidante 170, 171, 172, 175, 179, 180, 181

B

Biodiesel 303, 304, 305, 306, 314, 315, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373

Biotransformação 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 131

C

Cadernos escolares 1, 3, 4, 5, 9

Cafeeiro 317

Catálise 24, 26, 117, 126, 222, 363, 366, 368

D

Dispositivos móveis 286, 289, 293, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 349, 350, 351

E

Ensino 1, 2, 4, 12, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 80, 105, 286, 287, 288, 294, 295, 297, 298, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 346, 348, 349, 350, 351

Escolas paroquiais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13

G

Geometria 2, 12, 28, 185, 187, 299

H

História da Educação Matemática 1, 2, 14

I

Impactos ambientais 61, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 107, 210

K

Kavain 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

L

Lama abrasiva 59, 60

M

Metátese 116, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126

Middleboxes 138, 139, 140, 141, 142, 143

Modelagem computacional 49, 50, 69, 296

N

Nanopartículas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 196, 203

O

Óxido de cálcio 363, 364, 367, 368, 369, 371, 373

Óxido de cobre 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34

P

Polimerização Radicalar 215

R

Resíduos industriais 59

Resistividade do solo 296

Rhodamine B 374, 376, 381, 382

Robótica 35, 37, 38, 40, 41, 46, 47, 48

S

Smart Cities 280

T

Transporte de nêutrons 49, 50, 51, 57

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-641-6

