



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 BIODIESEL 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

REAÇÕES DE BIOTRANSFORMAÇÃO PROMOVIDAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Aspergillus Flavus*

Lourivaldo Silva Santos

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Marivaldo José Costa Corrêa

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Williams da Siva Ribeiro

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Manoel Leão Lopes Junior

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Ráilda Neyva Moreira Araújo Cabral

Escola Estadual de Ensino Médio Agostinho
Morais de Oliveira
Inhangapi – Pará

Fabiane da Trindade Pinto

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Haroldo da Silva Ripardo Filho

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química

Belém-Pará

Carlos Vinicius Machado Miranda

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-graduação em Química
Belém-Pará

Jéssica de Souza Viana

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Química
Belém-Pará

RESUMO: O fungo *Aspergillus flavus* isolado como endofítico da espécie vegetal *Paspalum maritimum* Trin. foi avaliado quanto ao seu potencial de aplicação em reações de biotransformação. Os compostos (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (1), (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (2) e acetofenona (3) foram biotransformados, respectivamente, em (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (4), (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-propan-1-ona (5) e feniletanol (6). As estruturas destes compostos foram determinadas por análises de RMN uni e bidimensionais.

PALAVRAS-CHAVE: Biotransformação, *Aspergillus flavus*, chalconas, diidrochalconas.

Aspergillus Flavus

ABSTRACT: The fungus *Aspergillus flavus* Trin. isolated as endophytic of the plant species *Paspalum maritimum* Trin. was evaluated for its potential of application in biotransformation reactions. The compounds (2E)-1-phenyl-1-(4-methoxyphenyl) prop-2-en-1-one (1), (2E)-1-phenyl-1-(2-methoxyphenyl) prop-2-en-1-one (2) and acetophenone (3) were biotransformed, respectively, in (2E)-1-phenyl-1-(4-methoxyphenyl)propan-1-one (4), (2E)-1-phenyl-1-(2-methoxyphenyl)-propan-1-one (5) and phenylethanol (6). The structures of these compounds were determined by uni and bidimensional NMR analysis.

KEYWORDS: biotransformation, *Aspergillus flavus*, chalcones, dihydrochalcones.

1 | INTRODUÇÃO

Biotransformação ou biocatálise é um processo biotecnológico que permite obter uma série de compostos para diagnóstico, controle e tratamento de doenças, pela modificação de um composto orgânico em outro por enzimas isoladas ou presentes em células íntegras de organismos vivos, como microrganismos ou plantas (BIANCHINI et al., 2015).

No processo de biotransformação, uma substância (substrato) é convertida em outra (produto) por meio de um sistema enzimático (enzimas isoladas, microrganismos de animais, culturas de células ou células íntegras) que atua como catalisador em um número limitado de etapas. A atuação das enzimas nos processos vitais já é muito conhecida, pois muitas delas atuam para o metabolismo celular normal e para a reprodução do organismo (GIRI et al., 2001).

As biotransformações são frequentemente utilizadas para a obtenção de intermediários químicos de sínteses orgânicas específicas, de uso corrente em indústrias farmacêuticas. Essas reações oferecem vantagens em relação à síntese convencional, pois podem ser enantiosseletivas e regioseletivas, sendo realizadas em temperatura ambiente e pressão atmosférica, evitando assim a utilização de condições mais extremas, que poderiam causar problemas como isomerização, racemização, epimerização e rearranjo. Células microbianas e enzimas são os biocatalisadores mais utilizados, pois podem ser reutilizados por muitos ciclos (PATEL, 2008). Além das vantagens já citadas das biotransformações, pode-se ainda acrescentar que essa técnica se enquadra dentro da “química verde” ou “*green chemistry*” que é definida como a concepção, desenvolvimento e aplicação de processos e produtos químicos para reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias perigosas à saúde humana e ao meio ambiente (HAI-FENG et al., 2008). Essa área tem desenvolvido novas ferramentas para melhorar a precisão e ampliar processos de produção que reduzam os gastos de energia e de matérias-primas,

bem como reduzam resíduos tóxicos (LENARDÃO et al., 2003).

Os catalisadores, químicos ou biológicos, diminuem a energia de ativação das reações químicas e conseqüentemente, aumentam a velocidade da conversão de reagentes a produtos. Entretanto, a otimização de processos químicos tem se fundamentado cada vez mais na possibilidade de aumentar o rendimento das reações, diminuir o tempo e os custos operacionais, além de amenizar os impactos ambientais, considerando que a maioria das transformações químicas convencionais requerem o uso de reagentes químicos, muitas vezes, nocivos ao meio ambiente (GHANEM, 2007).

O reconhecimento da biotransformação como importante ferramenta de fabricação aumentou nas indústrias química e farmacêutica nos últimos anos (KHOJASTEH et al., 2018). Os biocatalisadores podem simplificar ou, em alguns casos, até permitir o processo de produção de produtos químicos complexos e intermediários de drogas. Eles podem adicionar estereoespecificidade ao processo, eliminando a necessidade de etapas complicadas de separação e purificação. A capacidade dos biocatalisadores de produzir seletivamente produtos úteis sob condições relativamente brandas, em comparação com a sua contraparte de catalisador químico, torna os biocatalisadores uma ferramenta eficaz e poderosa (HEGAZY et al., 2015). Avanços recentes na tecnologia aumentaram consideravelmente a capacidade da indústria de descobrir novos biocatalisadores e otimizar seu desempenho. Esses avanços estão chegando em um momento em que ambas as indústrias química e farmacêutica estão enfrentando uma pressão crescente para produzir produtos naturais mais eficazes e torná-los mais eficientes (KHOJASTEH et al., 2018).

A estrutura química de uma determinada substância orgânica pode ser modificada através de uma reação específica, acompanhada ou não de clivagem na cadeia carbônica, portanto, a transformação microbiológica de substâncias naturais e sintéticas, como cetonas aromáticas e chalconas oferecem novos horizontes para modificações estruturais destinadas ao atendimento de diversos objetivos, desde introdução de grupos funcionais a rearranjos moleculares (FERSHT, 1998; FABER, 2004). Essas reações de biotransformação podem ser programadas para a obtenção de produtos com maior e melhor potencial de atividade biológica, além de oferecer a oportunidade de preparação de substâncias com menores efeitos colaterais indesejáveis (GIRI e NARASU, 2000).

Chalconas são definidas como cetonas α,β -insaturadas, onde os grupos carbonílico e olefínico estão ligados a um anel aromático (Figura 1). Além de possuírem potenciais bioatividades (CORRÊA et al., 2010), essa classe de compostos é intermediário chave para a síntese de flavonóides.

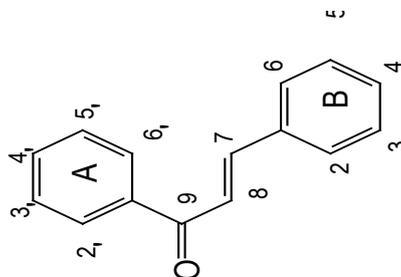


Figura 1. Estrutura fundamental das chalconas

As chalconas podem sofrer reações de biotransformação promovidas por fungos como biocatalisadores, para a obtenção de uma variedade de produtos, dentre os quais os produtos de hidrogenação (Figura 2), hidroxilação, metilação, ciclização, entre outras.

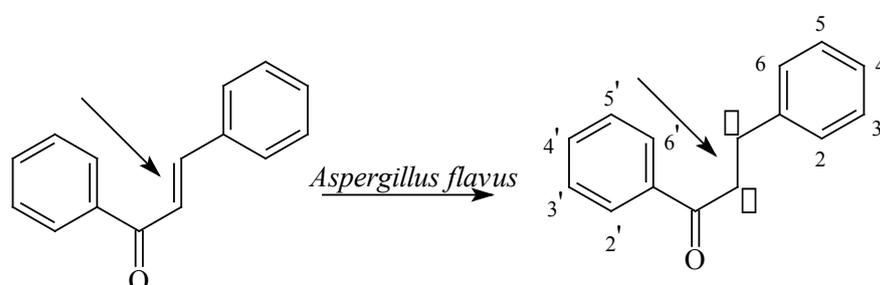


Figura 2. Reação de biorredução da chalcona promovida pelo fungo *Aspergillus flavus*.

Dessa forma, os microrganismos endofíticos devem ser enfatizados em programas de bioprospecção na busca de protótipos para o desenvolvimento de novas substâncias bioativas, seja a partir de estudos para a produção de metabólitos secundários (OLIVEIRA, 2011), quanto em estudos de biotransformação. Assim, este trabalho teve como o objetivo a investigação do potencial de biotransformação do fungo endofítico *Aspergillus flavus* isolado da espécie vegetal *Paspalum maritimum* Trin.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Espécie Vegetal

As folhas de *Paspalum maritimum* foram coletadas em janeiro de 2009 na reserva florestal da EMBRAPA- Amazônia Oriental em Belém, Estado do Pará, Brasil. Uma exsicata da espécie encontra-se depositada no herbário desta instituição sob o código IAN 183337.

2.2 Micro-organismo e cultura

O micro-organismo utilizado neste trabalho foi o fungo isolado das folhas de *Paspalum maritimum* Trin.sob o código FEFLPM3D1(CORRÊA, 2010; CORRÊA, *et al.*, 2011). Esse fungo foi identificado como a espécie *Aspergillus flavus* pela Dra. Maria Inês de Moura Sarkis (Laboratório de Coleção de fungos/Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ-RJ). Os micélios do fungo encontram-se preservados em água estéril na micoteca do Laboratório de Bioensaios e Química de Microorganismos (LaBQuiM) da Universidade Federal do Pará.

2.3 Ativação e desenvolvimento do micro-organismo

A cepa do micro-organismo foi ativada em placa de Petri com o meio BDA (Batata, dextrose, Agar) industrializado. Para o preparo do meio foram solubilizados 39 g de BDA em água destilada e aferido para 500 mL. A solução foi esterilizada em autoclave por 15 minutos a 121°C. Cerca de 20 mL da solução foi distribuída para 3 placas de Petri e deixada em repouso a temperatura ambiente para que o meio ficasse semissólido. Em seguida, foi inoculado em capela de fluxo laminar um pequeno fragmento do micélio em cada placa e deixadas em estufa BOD a 27°C por 7 dias para o desenvolvimento das hifas. Na figura 3 é mostrado o fungo endofítico em placa de Petri com 5 dias de crescimento.

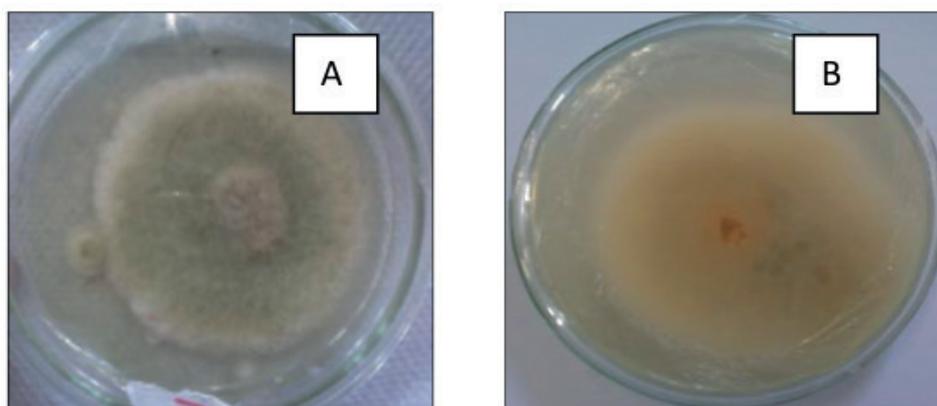


Figura 3. *A. flavus* em placa de Petre, (A) frente, (B) verso. (Fotos: W. Ribeiro)

2.4 Síntese das substâncias utilizadas nas reações de biotransformação

(2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)prop-2-en-1-ona (**1**) e (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)prop-2-en-1-ona (**2**):

Em balão de 120 mL de fundo chato e boca esmerilhada, colocado em banho de gelo, foram adicionados na seqüência: o solvente (15 mL de MeOH), a cetona (10mmol), o catalisador (15 mL de solução de NaOH 10%) e o derivado do benzaldeído (11 mmol, excesso de 10%). A mistura de reação foi mantida em agitação magnética à 40 °C por 40 minutos. Posteriormente, foi resfriada e deixada em freezer durante 48h. Após esse período foi feito uma filtração a vácuo. O produto

obtido foi recristalizado em metanol (BITENCOURT et al., 2007).

A acetofenona (3) foi adquirida comercialmente junto a SIGMA.

2.5 Procedimentos gerais para as reações de biotransformação

Inicialmente o fungo já isolado das folhas e raízes de *Paspalum maritimum* Trin. (três discos de 5 mm de diâmetro) foi retirado diretamente da placa de Petri onde já se encontrava o fungo repicado em meio de cultura Sabouraud, e este contendo o inóculo foi transferido de forma asséptica para seis frascos de Erlenmeyer de 500 mL, cada um contendo 250 mL do meio de cultura Sabouraud (reduzido a fonte de carbono em 50 %), previamente autoclavados a 121°C durante 15 minutos. Em seguida foram adicionadas os substratos: 50 µg se líquido e 50 mg se sólido nos frascos de Erlenmeyer, os quais ficaram sob agitação em shaker orbital (160 rpm, 28 °C), por um período de dez dias. Após este período, o material foi filtrado, obtendo-se o filtrado e o micélio. O filtrado foi submetido à partição líquido-líquido com acetato de etila. Ao micélio, foi acrescentado metanol, e após cinco horas foi filtrado e concentrado. Os procedimentos foram realizados em triplicata.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo do potencial de biotransformação do *Aspergillus flavus* foi utilizado o meio de cultivo Sabouraud. Nesse trabalho foi possível identificar os produtos: (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (4), (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-propan-1-ona (5) e 1-feniletanol (6). A figura 4 apresenta as estruturas para as substâncias identificadas.

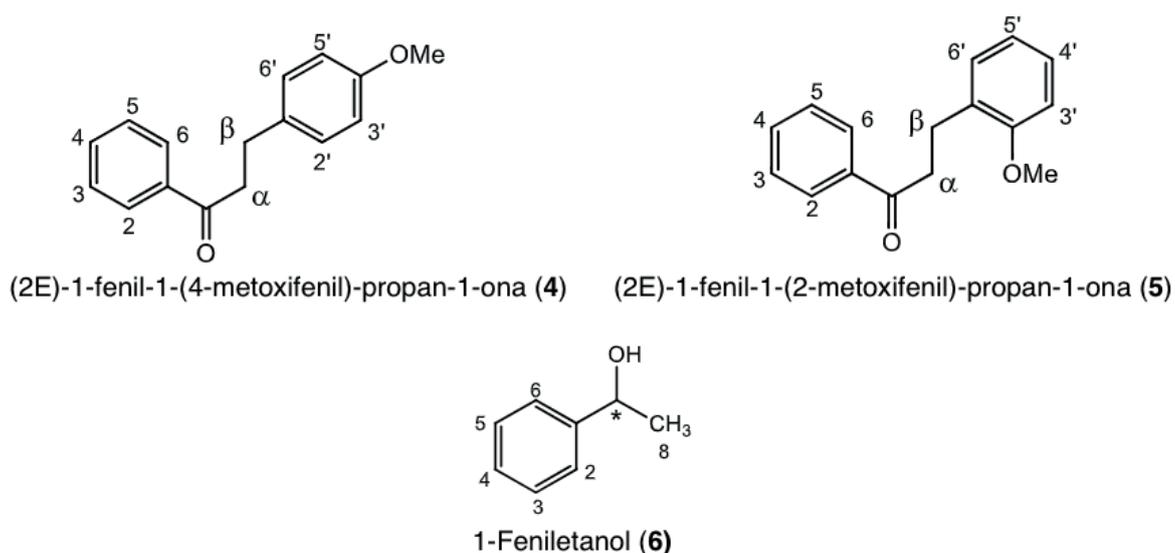


Figura 4. Produtos obtidos nas reações de biotransformações.

O fungo *Aspergillus flavus* promoveu a biorredução da dupla ligação C=C (α/β)

do sistema enona das chalconas (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**1**) e (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**2**), produzindo as respectivas diidrochalconas: (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (**4**) (Figura 5) e (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-propan-1-ona (**5**) (Figura 6), além de realizar também a biorredução do substrato acetofenoa (**3**) no álcool benzílico 1-feniletanol (**6**) (Figura 7).

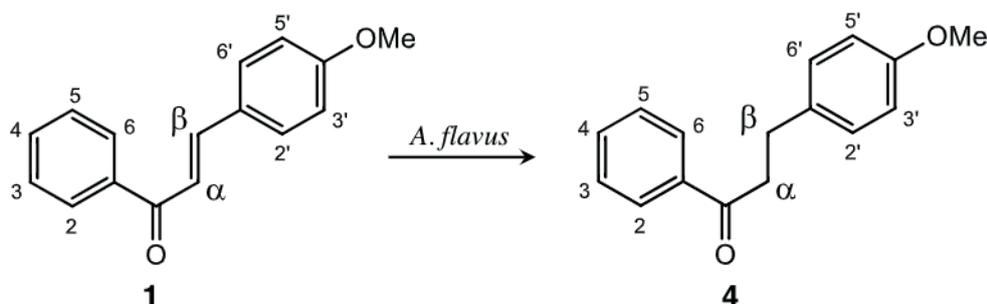


Figura 5. Reação de biotransformação 1: substrato (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**1**)

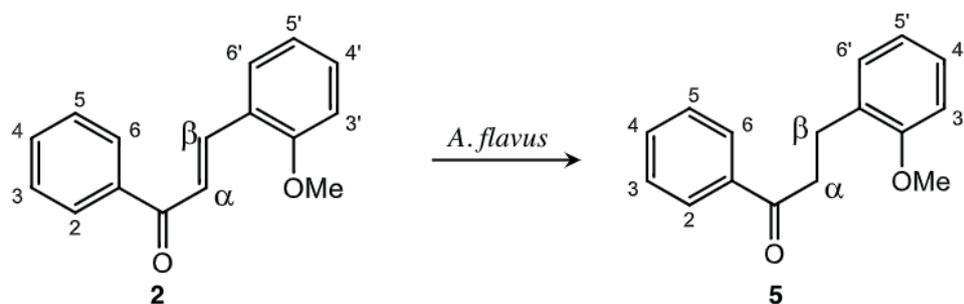


Figura 6. Reação de biotransformação 2: substrato (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**2**)

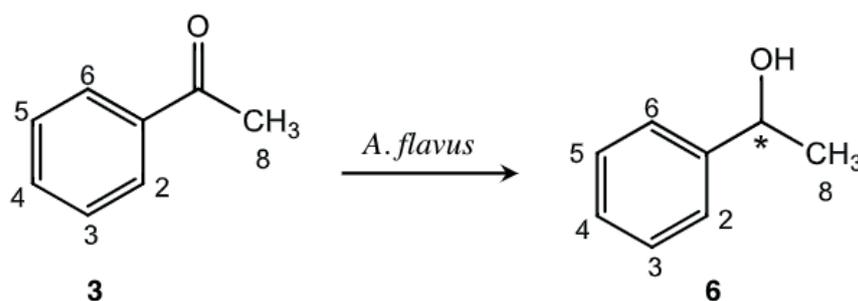


Figura 7. Reação de biotransformação 3: substrato acetofenoa (**3**)

Reação de biotransformação 1

O espectro de RMN ^1H do substrato (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**1**) apresenta entre outros sinais de hidrogênios, um sinal simples em δ_{H} 3,85 referente aos hidrogênios da metoxila, um sinal duplete no intervalo em δ_{H} 7,82-7,77 (d , $J=15,6$ Hz, 1H-a) referente ao hidrogênio α -carbonilado e outro sinal duplete no

intervalo em δ_{H} 7,49-7,44 (*d*, $J=15,6$ Hz, 1H-*b*) referente ao hidrogênio β -carbonilado.

A confirmação da ocorrência da reação de biorredução foi realizada com base no espectro de RMN de ^1H do produto obtido, a diidrochalcona (2E)-1-fenil-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (**4**), principalmente nos sinais dos hidrogênios olefínicos (Ha e H β) da dupla ligação que originalmente eram dois dupletos, e no produto formado se apresentam como dois tripletos, δ_{H} 3,01 (*t*, $J= 7,65$ Hz, 2H- β) e 3,27 (*t*, $J= 7,65$ Hz, 2H- α).

Nas reações de biotransformação é recomendado que o fungo desenvolva-se por um determinado período, para então o substrato ser adicionado. A adição do substrato junto com o fungo pode inibir o crescimento fúngico e assim prejudicar o desenvolvimento do experimento. O tempo ideal para a adição do substrato deve ser estabelecido de acordo com o crescimento do fungo utilizado. Entretanto, como o fungo selecionado neste trabalho desenvolve-se com rapidez, optou-se em adicionar o substrato junto com o fungo, e foi observado que não ocorreu interferência (Figura 8).

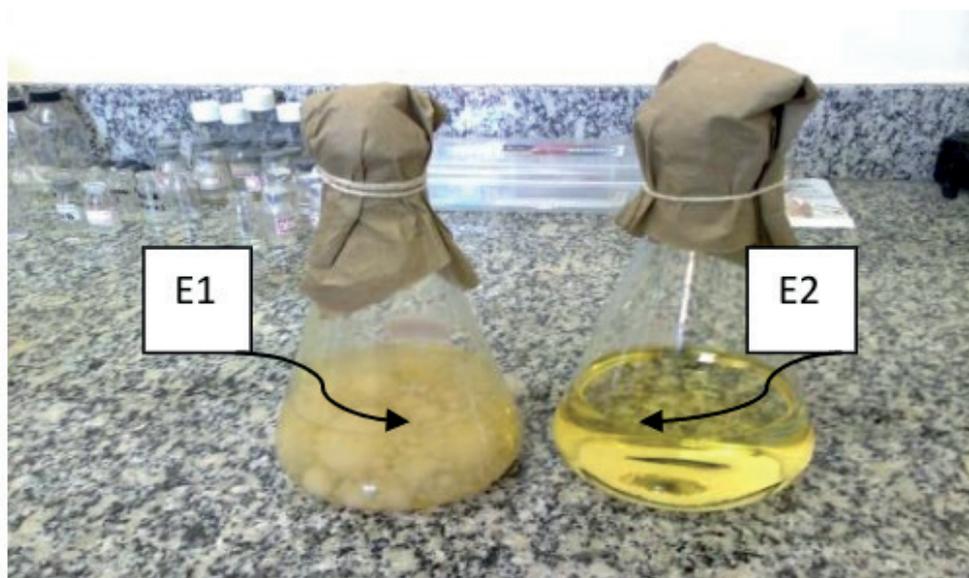


Figura 8. Reação de biorredução da chalcona 1: (E1=Meio+fungo+substrato; E2=meio de cultura).

(Foto: W. Ribeiro)

Reação de biotransformação 2

Na comparação entre os espectros de RMN de ^1H do substrato (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**2**) e do produto obtido (2E)-1-fenil-1-(2-metoxifenil)-propan-1-ona (**5**) são observadas diferenças significativas que asseguram a ocorrência da reação de biorredução na produção do produto **5** promovido pelo fungo *A. flavus*. Para substância a **5** é observado um sinal simpleto em δ_{H} 3,83 referente aos hidrogênios do grupo metoxílico (*s*, 3H-OCH $_3$), um sinal tripleto em δ_{H} 3,05 referente aos hidrogênios metilênicos β -carbonilado (*t*, $J= 8,1$ Hz, 2H- β), outro

sinal tripleto em δ_{H} 3,27 referente aos hidrogênios metilênicos α -carbonilado (t , $J=8,1$ Hz, 2H- α). O aparecimento desses sinais em relação ao espectro do substrato **2** confirmam a ocorrência da reação de redução da ligação dupla C=C α -carbonilada.

Novamente foi observado que a adição do substrato junto com o fungo não inibiu o crescimento fúngico na reação de biorredução **2** (Figura 9).

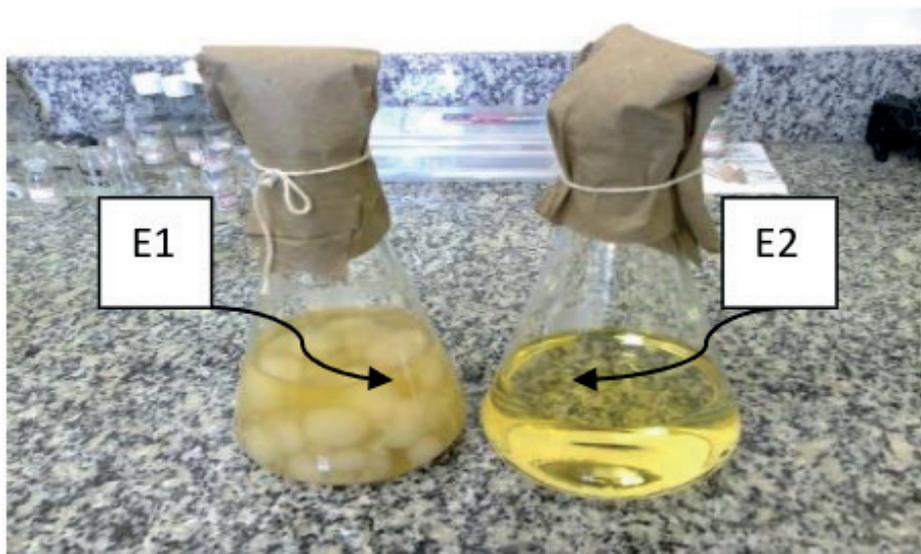


Figura 9. Reação de biorredução da chalcona **2**: (E1=Meio+fungo+substrato; E2=meio de cultura).

(Foto: W. Ribeiro)

Reação de biotransformação **3**

Na reação de biorredução da cetona aromática acetofenona (**3**) na formação do álcool benzílico 1-feniletanol (**6**), quando comparados os seus espectros de RMN de ^1H são observadas diferenças significativas que confirmam a ocorrência da reação de biorredução. O espectro de RMN ^1H do produto de reação **6** apresenta um sinal quarteto em δ_{H} 4,93 (1H, q , $J=6,3$ Hz) referente ao hidrogênio oximetínico, um sinal duplete em δ_{H} 1,50 (3H, d , $J=6,3$ Hz) referente aos hidrogênios metílicos, que confirmam a reação de biorredução (Figura 10).

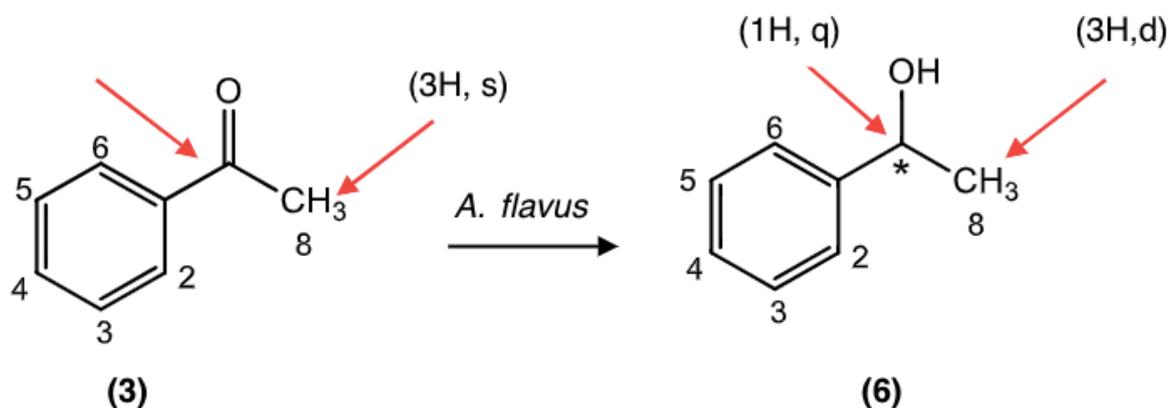


Figura 10. Reação de biorredução da acetofenona (3).

4 | CONCLUSÃO

A utilização do micro-organismo *Aspergillus flavus* na reação de biorredução de chalconas evidenciou a redução da dupla ligação entre os carbonos C- α e C- β das chalconas, indicando um caminho seguro para a obtenção de diidrochalconas, evitando a utilização de solventes nocivos à saúde e ao ambiente e também o uso de catalisadores, normalmente de valores econômicos elevados. As reações das chalconas foram régio e estereosseletivas, pois somente a ligação dupla C=C sofreu redução, não ocorrendo redução da ligação dupla C=O. Na reação da cetona aromática ao álcool benzílico, não foi observado a formação de produtos de oxidação Baeyer-Villiger (formação de éster). Os resultados indicaram também que à medida que as chalconas são substituídas por grupos metoxilas, o rendimento da biorredução decresce significativamente, o que pode ser explicado pela dificuldade da assimilação destas substâncias pelo fungo, provavelmente devido a baixa permeabilidade nas membranas celulares e/ou a efeitos tanto estéricos, quanto eletrônicos provocados por esses substituintes.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro

REFERÊNCIAS

BIANCHINI, L.F. et al. **Microbial Biotransformation to Obtain New Antifungals**. *Frotiers in Microbiology*, v. 6, p. 1433-1454, 2015.

BITENCOURT, H. R.; SANTOS, L. S.; e SOUZA FILHO, A. P. S. **Allelopathic Activity of Synthetic Chalcones, Its Precursors and of Related etones and Aldehydes**. *Planta Daninha*, v. 25, n. 4, p.747-753, 2007.

CORRÊA, M. J. C. ***Paspalum maritimum* Trin.: Estudo Químico, Isolamento de Endofíticos,**

Biotransformações, Sínteses e Atividade Alelopática. 194f. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Química). Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2010.

CORRÊA, M. J. C. et al. **Biotransformation of Chalcones by the Endophytic Fungus *Aspergillus flavus* Isolated from *Paspalum maritimum* Trin.** Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 22, p. 1333 – 1338, 2011.

FABER, K. **Biotransformation in Organic Chemistry.** A Textbook, 5^a ed. Springer, Berlin, Germany, p. 454, 2004.

FERSTL, A. **Structure and mechanism in protein science: a guide to enzyme catalysis and protein folding.** W. H. Freeman and Company, p. 381, 1998.

GIRI, A. e NARASU, M.L. **Transgenic hairy roots: recent trends and applications.** Biotechnology Advances, v. 18, p. 1-22, 2000.

KHOJASTEH, C. S.; MILLER, G. P.; MITRA, K e RIETJENS, I. M. C. M. (2018) **Biotransformation and bioactivation reactions** – 2017 literature highlights, Drug Metabolism Reviews, v. 50, n. 3, p. 221-255, 2017.

MOHAMED-ELAMIR F. HEGAZY et al. **Microbial biotransformation as a tool for drug development based on natural products from mevalonic acid pathway,** A review. Journal of Advanced Research. v. 6, Issue 1, p. 17-33, 2015.

OLIVEIRA, M. N. et al. **Novel anthraquinone derivatives produced by *Pestalotiopsis guepinii*, an endophyte of the medicinal plant *Virola michelii* (Myristicaceae).** Journal of the Brazilian Chemical Society. v. 22, p. 993-996, 2011.

REDLIN, S. C.; CARRIS, L. M. **Endophytic Fungi in Grass and evolution.** Journal of the Torrey Botanical Society, v. 124, n. 2, p. 216, 1996.

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

