

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos 3

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos 3

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof^o Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharia química: desenvolvimento de novos processos e produtos 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0713-3 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.133222111 1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título. CDD 660
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

O e-book: “Engenharia química: Desenvolvimento de novos processos e produtos 3” é constituído por cinco capítulos de livro que investigaram: i) propriedade de óleos vegetais para a síntese de biopolímeros; ii) reaproveitamento de casca de noz-pecã no processo de imobilização de peroxidase de raiz forte; iii) biotransformação do fungo *Aspergillus flavus* frente as chalconas sintéticas e acetofenona; iv) utilização do catalisador 1%Cu/5%Ni/Nb₂O₅-12%CeO₂ empregado no processo de reforma do etanol sob vapor d’água na geração de gás hidrogênio como fonte de energia e; v)

O primeiro capítulo avaliou a influência do grau de insaturação de óleos vegetais na obtenção de biopolímeros sintetizados a partir de frutos típicos da região amazônica: Açaí, Jupati, Compadre de azeite, Patauá, Castanha-do-Pará e Pracaxi. Os resultados apontaram que o óleo de compadre de azeite e pracaxi, sendo que este último resultou apenas em resinas de alta viscosidade. O capítulo 2 investigou a capacidade de reaproveitar resíduos provenientes da casca de noz-pecã como imobilizador de peroxidase de raiz forte utilizando a adsorção e ligação covalente como metodologia, sendo obtida uma recuperação de atividade de 124,8% e 129,7%.

O capítulo 3 avaliou a potencialidade de biotransformação do fungo *Aspergillus flavus* frente às chalconas sintéticas e acetofenona. Os resultados confirmaram que o micro-organismo apresentou elevada capacidade de biorredução da dupla ligação α , β -carbonilada das chalconas existentes em seis diferentes formulações que foram confirmadas por meio dos espectros de RMN ¹H.

O quarto capítulo investigou a eficiência do catalisador composto por 1%Cu/5%Ni/Nb₂O₅-12%CeO₂ no processo de reforma do etanol com vapor d’água. Os resultados demonstraram que a taxa de conversão em gás hidrogênio foi de 40%, com produção de coque em torno de 3%.

Por fim, o quinto capítulo apresentou uma revisão de literatura que demonstra a viabilidade técnica e financeira da remoção do corante Vermelho Congo, presente em efluentes têxteis, por intermédio do processo de adsorção utilizando zeólitas.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

CAPÍTULO 1 1**INFLUÊNCIA DO GRAU DE INSATURAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS DE ESPÉCIES AMAZÔNICOS NA OBTENÇÃO DE BIOPOLÍMEROS**

Caio Augusto de Almeida Canelas

João Paulo Mota Jeronimo

Tainara de Paula de Lima Lima

Joyce Kelly do Rosario da Silva

Marcele Fonseca Passos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1332221111>**CAPÍTULO 2 12****IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE DE RAIZ FORTE EM CASCA DE NOZ-PECÃ POR ADSORÇÃO FÍSICA E LIGAÇÃO COVALENTE EM MEIO ORGÂNICO**

Ani Caroline Weber

Cristiano de Aguiar Pereira

Guilherme Schwingel Henn

Sabrina Grando Cordeiro

Daniel Augusto Weber

Bruna Costa

Larissa Cima

Beatriz Fabris Bettanin

Giovana Schneider

Jéssica Samara Herek dos Santos

Elisete Maria de Freitas

Eduardo Miranda Ethur

Lucélia Hoehne

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1332221112>**CAPÍTULO 325****REAÇÃO DE BIOTRANSFORMAÇÃO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS, UTILIZANDO O FUNGO *Aspergillus flavus*: EM BUSCA DE SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS**

Renan Arruda da Costa

Marivaldo José Costa Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1332221113>**CAPÍTULO 437****REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D'ÁGUA E OXIDATIVA COM O CATALISADOR 1%Cu/5%Ni/Nb₂O₅-12%CeO₂**

Laura dos Santos Costa

Marcelino Luiz Gimenes

Marcos de Souza

Isabela Dancini Pontes

Gabriel Lucas Prado Santos

Aline Domingues Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1332221114>

CAPÍTULO 5	40
GERAÇÃO DE EFLUENTES CONTAMINADOS POR CORANTES TÊXTEIS E A POSSIBILIDADE DA TRATAMENTO POR ADSORÇÃO	
Mateus Gonçalves dos Santos	
Damaris Guimarães	
Paulo Henrique Leite Quintela	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1332221115	
SOBRE O ORGANIZADOR	52
ÍNDICE REMISSIVO	53

REAÇÃO DE BIOTRANSFORMAÇÃO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS, UTILIZANDO O FUNGO *Aspergillus flavus*: EM BUSCA DE SUBSTÂNCIAS BIOATIVAS

Data de submissão: 07/09/2022

Data de aceite: 12/11/2022

Renan Arruda da Costa

Universidade Federal do Pará, Faculdade
de Química, Curso de Licenciatura em
Química
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6125549475003968>

Marivaldo José Costa Corrêa

Universidade Federal do Pará, Programa
de Pós-graduação em Química
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/3604276222907354>

RESUMO: A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo e se destaca por ter a maior diversidade de plantas e microrganismos, entre eles os fungos de enorme potencial para a obtenção de novos produtos. Os fungos endofíticos são vistos como promissores para várias áreas, como a medicinal, química, farmacêutica, biotecnológica, entre outras, devido à descoberta de muitas e novas substâncias bioativas. Em paralelo a isso, a necessidade de atender a uma grande demanda por novos compostos permite o estudo desses microrganismos, com o intuito de descobrir novas classes químicas com atividades bioativas. O presente

trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de biotransformação do fungo endofítico *Aspergillus flavus* frente às chalconas sintéticas e acetofenona. No primeiro momento, foi feita a escolha e reativação do fungo *A. flavus* isolado. Em seguida, foi feita a síntese das chalconas, as quais foram confirmadas pelos seus espectros de RMN ¹H, e foram submetidas a biotransformação. Após isso, foram obtidos os extratos reacionais, os quais também foram submetidos a análise por RMN ¹H, sendo comparados com os espectros das chalconas de partida. Foi visto que o fungo mostrou a capacidade de biorredução da dupla ligação α,β -carbonilada das chalconas: (2E) - 1,3 - difenil - prop - 2 - en - 1 - ona (**S1**), (2E) - 1 - fenil - 3 - (3,4,5 - trimetóxi - fenil) - prop - 2 - en - 1 - ona (**S2**) e (2E)-1-(4-metoxifenil)-3-(2,3,4-trimetoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**S3**), o que resultou nas respectivas dihidrochalconas: 1,3-difenil-propan-1-ona (**S4**), 3-(3,4,5-trimetóxi-fenil)-1-fenilpropan-1-ona (**S5**), 3-(2,3,4-trimetóxi-fenil)-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (**S6**); todas confirmadas pelos seus devidos espectros de RMN ¹H. Além disso, o endófito foi capaz de modificar o substrato acetofenona e formar o álcool feniletan-1-ol. Por fim, os

resultados mostram a eficiência do microrganismo nas reações de biotransformação e a importância da continuidade da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Biotransformação; *Aspergillus flavus*; Fungos Endofíticos.

BIOTRANSFORMATION REACTION OF ENDOPHYTIC FUNGI, USING THE FUNGUS *Aspergillus flavus*: IN SEARCH OF BIOACTIVE SUBSTANCES

ABSTRACT: The Amazon is the largest tropical forest in the world and stands out for having the greatest diversity of plants and microorganisms, including fungi with enormous potential for obtaining new products. Endophytic fungi are seen as promising for several areas, such as medicinal, chemical, pharmaceutical, biotechnology, among others, due to the discovery of many new bioactive substances. In parallel to this, the need to meet a great demand for new compounds allows the study of these microorganisms, in order to discover new chemical classes with bioactive activities. The present work aims to evaluate the biotransformation potential of the endophytic fungus *Aspergillus flavus* against synthetic chalcones and acetophenone. In the first moment, the choice and reactivation of the isolated *A. flavus* fungus was carried out. Then, the synthesis of the chalcones was performed, which were confirmed by their ¹H NMR spectra, and were subjected to biotransformation. After that, the reaction extracts were obtained, which were also subjected to analysis by ¹H NMR, being compared with the spectra of the starting chalcones. It was seen that the fungus showed the ability to bioreducing the α,β -carbonylated double bond of chalcones: (2E)-1,3-diphenyl-prop-2-en-1-one (**S1**), (2E)-1-phenyl-3-(3,4,5-trimethoxy-phenyl)-prop-2-en-1-one (**S2**) and (2E)-1-(4-methoxyphenyl)-3-(2,3,4-trimethoxyphenyl)-prop-2-en-1-one (**S3**), which resulted in the respective dihydrochalcones: 1,3-diphenyl-propan-1-one (**S4**), 3-(3,4,5-trimethoxy-phenyl)-1-phenylpropan-1-one (**S5**), 3-(2,3,4-trimethoxyphenyl)-1-(4-methoxyphenyl)-propan-1-one (**S6**); all confirmed by their appropriate ¹H NMR spectra. Furthermore, the endophyte was able to modify the acetophenone substrate and form the phenylethan-1-ol alcohol. Finally, the results show the efficiency of the microorganism in the biotransformation reactions and the importance of the continuity of the research.

KEYWORDS: Biotransformation; *Aspergillus flavus*; Endophytic Fungi.

1 | INTRODUÇÃO

Os fungos endofíticos são seres que vivem no interior de diversos tecidos vegetais, como folhas, frutos, sementes, caules e raízes. Um ponto interessante é que essa relação de simbiose entre a planta e o fungo endofítico não causa nenhum efeito adverso ou doença visíveis. Pelo contrário, esses seres naturais auxiliam positivamente nas atividades fisiológicas do vegetal, promovendo uma melhor assimilação de nutrientes, proteção antimicrobiana e de herbívoros e, consecutivamente, o crescimento da mesma e, em troca, a planta hospedeira contribui fornecendo um habitat e nutrientes ao fungo (El-sayed et al., 2022).

Esses microrganismos são considerados como uma relevante fonte de descoberta e diversidade de produtos naturais bioativos, tanto já conhecidos como novos, com

grandes aplicações na agricultura, medicina e indústria. Tais compostos quando isolados e elucidados podem ser classificados como alcalóides, derivados de isocumarina, esteróides, flavonóides, fenóis, ligninas, terpenóides, xantonas, entre outros, que podem ser amplamente explorados no comércio, como antioxidantes, antibióticos, antivirais, antiprotozoários, antidiabéticos, antimicrobianos, antimaláricos, anticancerígenos, inseticidas, imunossupressores (Habisukan; Zheng et al., 2021).

Vale a pena ressaltar que a possibilidade de encontrar novos e inéditos metabólitos secundários bioativos advindos de fungos simbiotes é muito alta. Este cenário é devido, principalmente, à grande diversidade de espécies de fungos endofíticos, pouco exploradas, e pela produção de vastas substâncias bioativas, as quais podem ter atividades farmacológicas iguais ou próximas àquelas identificadas nas plantas hospedeiras. Portanto, o estudo dos endófitos é uma excelente estratégia para a obtenção de substâncias de alto poder bioativo (Patil, 2016).

Assim, as reações de biotransformações são importantes para auxiliar na busca de compostos bioativos, exibindo um processo biológico pelo qual um composto químico (substratos naturais e sintéticos) sofre alterações químicas ou estruturais, em geral, ocasionadas por enzimas celulares; que promovem reações de difícil obtenção na síntese orgânica convencional (Mohammadipeyhani, 2022). Logo, uma determinada substância é modificada — com ocorrência de transformação em grupos funcionais com ou sem degradação do esqueleto carbônico — e resultando na formação de novos produtos úteis (Muffler, 2011).

O emprego de enzimas é uma excelente alternativa devido à grande diversidade de espécies e quantidade na natureza. A aplicação dessas enzimas, como as de microrganismos, como biocatalisadores, mostra-se vantajosa, já que são de origem natural e quase sempre sem toxicidade, sendo estes fatos indispensáveis para a proteção do meio ambiente (Choudhary et al., 2021). Dessa maneira, as enzimas derivadas de fungos se tornam atrativas para o estudo e utilização nos mais diversos segmentos antrópicos (Gao et al., 2022).

A aplicação dos processos de biotransformação, em especial, utilizando como catalisadores os fungos, mostram-se promissora, com obtenção direta de compostos de alto potencial bioativo, melhoria das propriedades farmacológicas e diversificação química das estruturas. (Delius et al., 2022). Um dos estudos mais descritos na literatura é a obtenção de esteróides por biotransformações, devido à sua importância medicinal, já que se apresentam como um potencial anti-inflamatório, como a biotransformação da progesterona por meio de um fungo endofítico, sendo obtida a cortisona (Oliveira, 2012; Perkins et al., 2016).

Todavia, outras espécies químicas podem ser usadas como substratos em reações de biotransformação, como as chalconas. As chalconas são precursoras dos flavonoides caracterizadas pelo sistema α,β -insaturado da carbonila. Essas substâncias

são amplamente distribuídas nas plantas e seus constituintes, como caules, frutas, raízes, flores e sementes, e em grãos, chás, vinhos, presentes no consumo regular do ser humano. Devido a seu esqueleto conjugado, essas cetonas são capazes de exibir uma coloração amarelada nas pétalas de flores de algumas espécies vegetais, o que confirma sua presença nessas plantas (Ferreira et al., 2018; Nowakowska, 2007).

Essas moléculas e seus derivados tem despertado grande interesse na indústria, principalmente a química e farmacológica. A classe das chalconas possui diversas descrições de atividade biológica, como antituberculose, anti-inflamatória, antioxidante, anticonvulsivante, antibacteriano, entre outros, por exemplo. Tais potenciais são vistos tanto em chalconas naturais como nos seus análogos sintéticos, sendo estes responsáveis pelo acelerado progresso da descoberta e produção de novos compostos bioativos de diferentes padrões estruturais (Ghirga, 2021).

Diante disso, buscou-se a obtenção de substâncias bioativas com os mais diversos potenciais para aplicações futuras por meio de reações de biotransformação, utilizando o fungo *Aspergillus flavus*. Devido aos seus potenciais, foram usadas como substratos orgânicos as chalconas de origem sintética: (2E)-1,3-difenil-prop-2-en-1-ona (**S1**), (2E)-1-fenil-3-(3,4,5-trimetóxi-fenil)-prop-2-en-1-ona (**S2**), (2E)-1-(4-metoxifenil)-3-(2,3,4-trimetoxifenil)-prop-2-en-1-ona (**S3**) e a cetona aromática acetofenona, adquirida comercialmente. Em paralelo a isso, este trabalho tem o interesse em contribuir para o conhecimento da diversidade e do potencial químico e biológico dos microrganismos do bioma amazônico, como também no estudo de chalconas e aumento da diversidade química.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Reativação do fungo *Aspergillus flavus*

O fungo *Aspergillus flavus* foi selecionado para o desenvolvimento das reações de biotransformação deste trabalho e já se encontrava isolado em água estéril, localizado em laboratório. Para a reativação foram retirados pequenos fragmentos do fungo *A. flavus* e foram transferidos para uma placa de Petri contendo meio Sabouraud (composição: 10 g de peptona de carne, 20 g de D-glicose anidra, 20 g de Ágar e 1 g de cloranfenicol, para um 1 L de água destilada). Em seguida, a placa foi colocada em estufa incubadora para o crescimento da cultura e desenvolvimento das hifas por 24h a 30°C.

2.2 Obtenção das chalconas sintéticas

Para a síntese das chalconas **S1**, **S2** e **S3** foi utilizado um balão de fundo chato e boca esmerilhada (125 mL), o qual foi colocado em banho de gelo. Em seguida, foram adicionados respectivamente: 15 mL de EtOH, a cetona, 15 mL de solução de NaOH 10% e o aldeído de escolha, com excesso de 10%; onde a cetona e o aldeído utilizados foram

diferentes para cada chalcona sintetizada. 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 feita uma filtração a vácuo. O produto obtido foi recristalizado em metanol.

A chalcona **S1** foi sintetizada utilizando acetofenona (1,2 g) e benzaldeído (1,1 g), como materiais de partida. Já, a chalcona **S2** foi sintetizada utilizando acetofenona (1,3 g) e 3,4,5-trimetoxibenzaldeído (2,3 g). Por fim, a substância **S3** foi sintetizada utilizando os compostos 4-metoxi-acetofenona (1,6 g) e 2,3,4-trimetoxibenzaldeído (2,3 g). Os dados obtidos de RMN ¹H das substâncias estão de acordo com os dados da literatura, confirmando-as.

2.3 Biotransformação

No primeiro momento, em 7 frascos de Erlenmeyer de 500 mL, adicionou-se 250 mL do meio de cultura Sabouraud, o qual foi reduzido a fonte de carbono em 50%, onde foram autoclavados a 121°C durante 15 minutos, e 1,0 g/L de cloranfenicol. Em seguida, o fungo *A. flavus* foi retirado da placa de Petri e o inóculo foi transferido para cinco frascos, de forma asséptica. Após isso, foram adicionados os substratos, sendo 50 mg das chalconas, que foram dissolvidas em 0,5 mL de DMSO, e 50 µL de acetofenona, em cinco frascos de Erlenmeyer. Desta forma, a distribuição dos frascos ficou da seguinte maneira: Três frascos ficaram para controle onde (um ficou somente com o meio, outro com meio mais substrato e o último ficou com meio e fungo), e quatro ficaram com meio, fungo e substrato (meio reacional). Todos os frascos com o sistema reacional e os de controle ficaram sob agitação no shaker orbital (160 rpm, 30 °C), por um período de dez dias.

Depois, o material foi filtrado, obtendo-se o filtrado e o micélio. O filtrado foi submetido à partição líquido-líquido com acetato de etila e ao micélio foi acrescentado metanol e, após cinco horas, foram filtrados e concentrados, assim obtendo-se os extratos reacionais da biotransformação, levados para análise em RMN ¹H. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Por fim, o parâmetro utilizado para atestar a ocorrência ou não do processo de biotransformação consistiu na comparação entre os espectros de RMN ¹H dos produtos obtidos com os espectros dos substratos testados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas reações de biotransformação indicaram que a chalcona **S1** sofreu biorredução por *A. flavus*, confirmada por RMN ¹H e forneceu como produto a dihidrochalcona 1,3-difenil-propan-1-ona (**S4**), com rendimento de 70%. A figura 5 mostra a reação de biotransformação da chalcona **S1** por *A. flavus*.

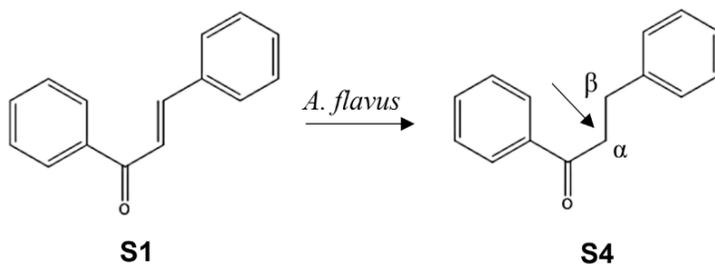


Figura 5. Reação de biotransformação da chalcona **S1**.

O extrato obtido foi analisado por RMN ^1H , onde se verificou a formação do produto. No espectro de **S4** em mistura com **S1** é observado o aparecimento de sinais referentes aos hidrogênios metilênicos em δ_{H} 3,10 (t , $J = 7,2$ Hz, 2H) e δ_{H} 3,30 (t , $J = 7,02$ Hz, 2H). As figuras 6 e 7 mostram os espectros de **S1** e do extrato reacional de **S4** em mistura com **S1**.

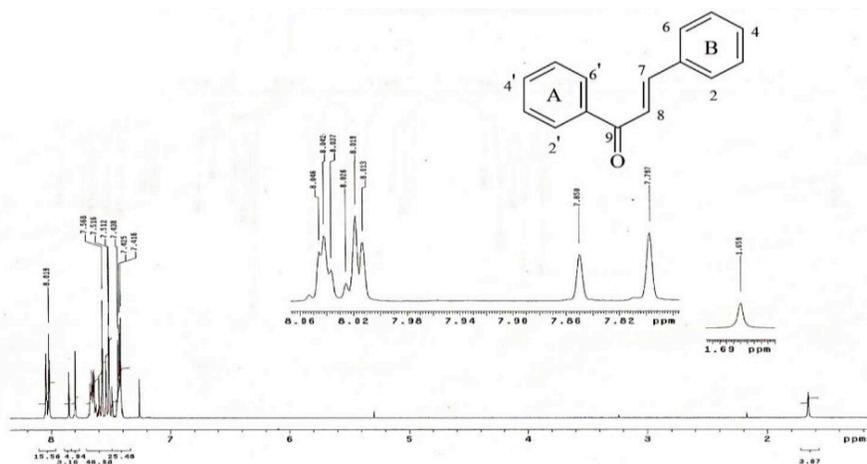


Figura 6. Espectro de RMN ^1H (300 MHz, CDCl_3) de **S1**.

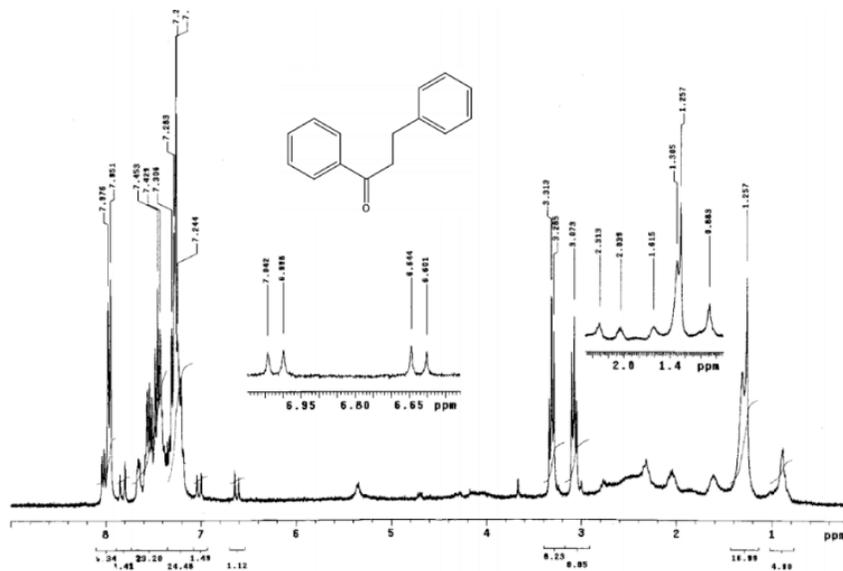


Figura 7. Espectro de RMN ^1H (300 MHz, CDCl_3) de **S4** em mistura com **S1**.

Na reação de biotransformação de **S2** foi observada a biorredução da dupla $\text{C}=\text{C}$ do sistema α,β -insaturado, como é representada na figura 8. A análise se deu pela comparação entre o espectro de RMN ^1H de **S2** e o espectro da substância 3-(3,4,5-trimetóxi-fenil)-1-fenilpropan-1-ona (**S5**) obtida, mostrados nas figuras 8 e 9. Foram observados sinais referentes aos hidrogênios metilênicos benzílicos $\text{H}-\beta$ em δ_{H} 3,01 (t , 2H, $J = 7,5$ Hz), aos hidrogênios α -carbonilados $\text{H}-\alpha$ em δ_{H} 3,31 (t , 2H, $J = 7,5$ Hz) e dd em δ_{H} 7,40 e δ_{H} 7,60 referentes aos sinais dos hidrogênios $\text{H}-8$ e $\text{H}-7$ da chalcona **S2**. Assim, os sinais de RMN ^1H confirmam a reação e obtenção de **S5** pelo fungo *A. flavus*, com rendimento de 39%.

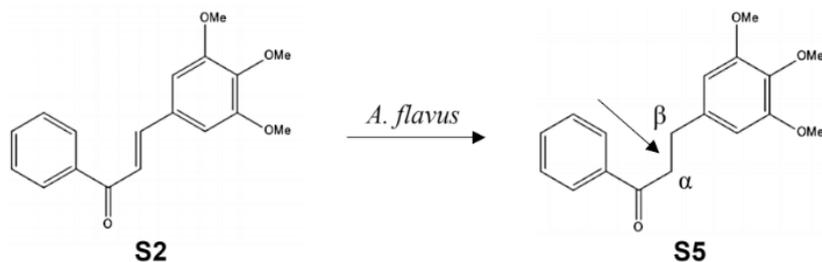


Figura 8. Reação de biotransformação da chalcona **S2**.

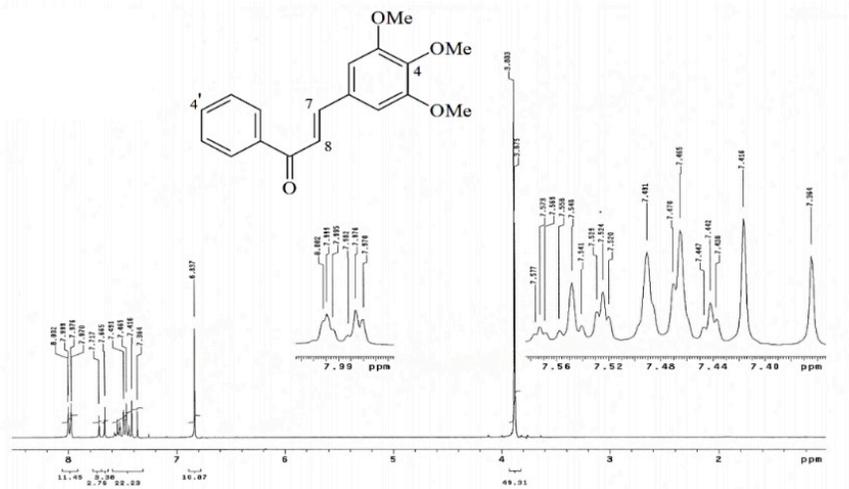


Figura 9. Espectro de RMN ¹H (300 MHz, CDCl₃) de **S2**.

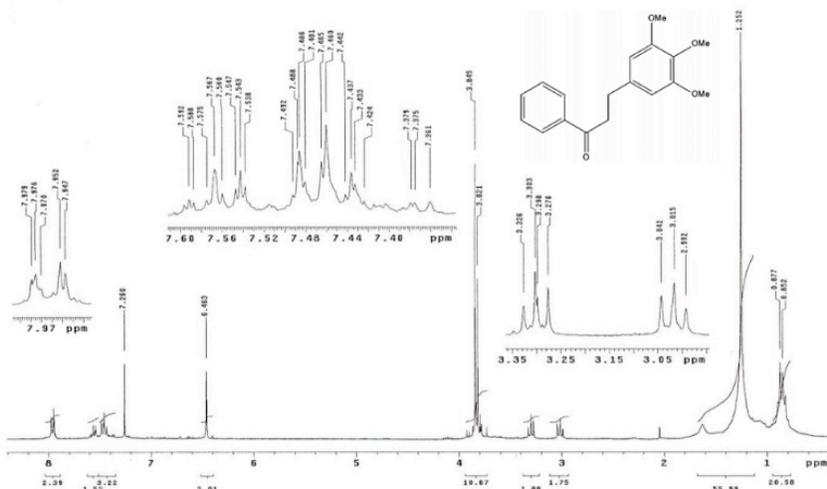


Figura 10. Espectro de RMN ¹H (300 MHz, CDCl₃) de **S5** em mistura com **S2**.

A chalcona **S3** também foi utilizada em biotransformação, onde houve a modificação estrutural do substrato provocada pelo fungo, como mostra o esquema da figura 11 a seguir, obtendo a dihidrochalcona 3-(2,3,4-trimetóxi-fenil)-1-(4-metoxifenil)-propan-1-ona (**S6**), com rendimento de 18%.

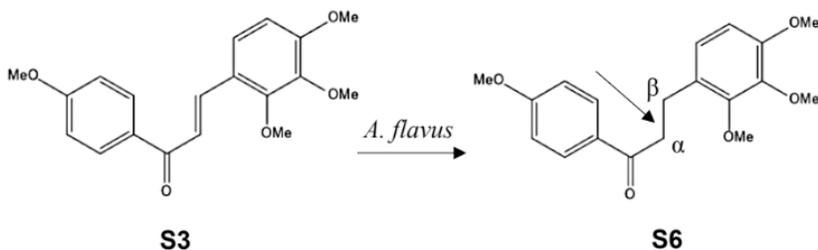


Figura 11. Reação de biotransformação da chalcona **S3**.

A substância foi confirmada pela comparação entre os espectros de RMN ^1H da chalcona de partida (**S3**) e o produto final (**S6**), mostrados na figura 12 e 13, onde são observados sinais referentes aos hidrogênios metilênicos benzílicos H- β em δ_{H} 2,96 (*t*, 2H, $J = 8,4$ Hz), aos hidrogênios α -carbonilados H- α em δ_{H} 3,18 (*t*, 2H, $J = 8,4$ Hz) e a presença de *dd* em δ_{H} 7,97 e δ_{H} 7,56 são referentes aos sinais dos hidrogênios H-7 e H-8 da chalcona **S3**.

Como observado, o rendimento das reações de biorreduções diminuem à medida que as chalconas de partida vão sendo substituídas por grupos de metóxilas (OCH_3), o que pode ser explicado por efeitos estéricos e eletrônicos provocados pelos substituintes.

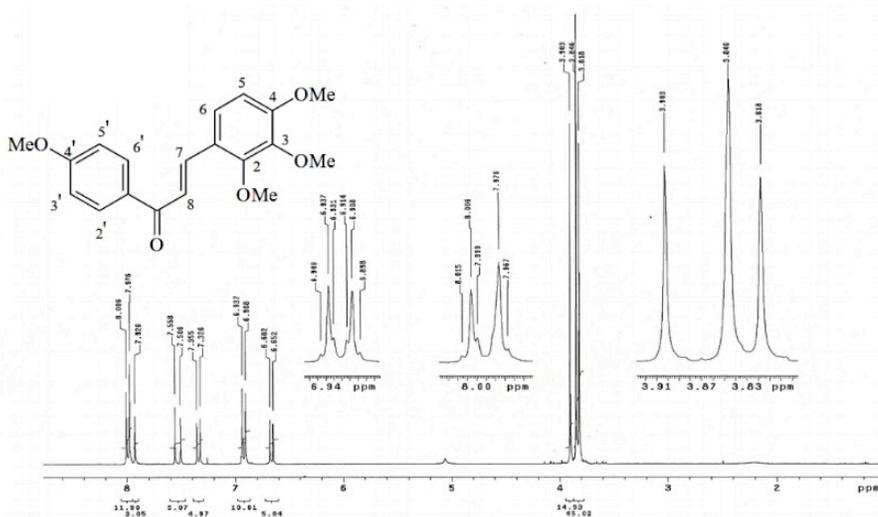


Figura 12. Espectro de RMN ^1H (300 MHz, CDCl_3) de **S3**.

REFERÊNCIAS

- CHOUHDHARY M.; GUPTA, S.; DHAR, M. K.; KAUL, S. **Endophytic Fungi-Mediated Biocatalysis and Biotransformations Paving the Way Toward Green Chemistry**. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. v. 9, n. 664705, 2021.
- DELIUS, J.; EMMERICH, M.; ÖZYURT, V.; HAMSCHER, G. **Biotransformation of Tetracyclines by Fungi: Challenges and Future Research Perspectives**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 70, n. 5, p. 1454-1460, 2022.
- EL-SAYED, E. et al. **Bioprospecting endophytic fungi for bioactive metabolites and use of irradiation to improve their bioactivities**. *AMB Express*, v. 12, n. 46, 2022.
- FERREIRA, M. K. A. et al. **Potencial Farmacológico de Chalconas: Uma Breve Revisão**. *Revista Virtual de Química*, v. 10, n. 5, p. 1455-1473, 2018.
- GAO, Y. et al. **Immobilized fungal enzymes: Innovations and potential applications in biodegradation and biosynthesis**. *Biotechnology Advances*. v. 57, n. 107936, 2022.
- GHIRGA, Francesca et al. **A unique high-diversity natural product collection as a reservoir of new therapeutic leads**. *Organic Chemistry Frontiers*, v. 8, n. 5, p. 996-1025, 2021.
- HABISUKAN, U.; ELFITA, E.; WIDJAJANTI, H.; WIDJAJANTI, H.; SETIAWAN, A. **Secondary metabolite and antioxidant activity of Endophytic Fungi isolated from *Syzygium aqueum* Leaves Stalk**. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. v. 12, n. 6, p. 7584-7595, 2021.
- MOHAMMADIPEYHANI, H. et al. **Expanding biochemical knowledge and illuminating metabolic dark matter with ATLASx**. *Nature communications*, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2022.
- MUFFLER, K. et al. **Biotransformation of triterpenes**. *Process Biochemistry*, v. 46, n. 1, p. 1-15, 2011.
- NOWAKOWSKA, Z. **A review of anti-infective and anti-inflammatory chalcones**. *Eur. J. Med. Chem.*, v. 42, p. 125-137, 2007.
- OLIVEIRA, K. B.; OLIVEIRA, B. H. **Obtenção de substâncias bioativas através da biotransformação de produtos naturais**. *Revista Eletrônica de Farmácia*, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2012.
- PATIL, R. H.; PATIL, M. P.; MAHESHWARI, V. L. **Bioactive secondary metabolites from endophytic fungi: a review of biotechnological production and their potential applications**. *Studies in natural products chemistry*, v. 49, p. 189-205, 2016.
- PERKINS, Carrie et al. **Biotechnological applications of microbial bioconversions**. *Critical reviews in biotechnology*, v. 36, n. 6, p. 1050-1065, 2016.
- ZHENG, R. et al. **Biological activities of some new secondary metabolites isolated from endophytic fungi: A review study**. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 2, p. 959, 2021.

A

Açaí 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Ácidos graxos 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10

Adsorção 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 40, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Amazônia 1, 4, 9, 10, 25

Anti-inflamatória 2, 28

Antioxidantes 2, 27

Aspergillus flavus 25, 26, 28, 35

Atividade catalítica 13, 15, 19, 21

Atividade enzimática 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21

B

Biocatalisadores 14, 27

Biopolímeros 1, 2, 3, 5, 7, 10

Bioprodutos 1, 3

Biorredução 25, 29, 31, 35

Biotransformação 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

C

Casca da Noz-Pecã (CNP) 14

Castanha-do-Pará 1, 3, 5, 6

Catalisador 4, 8

Chalconas 25, 27, 28, 29, 33, 35, 36

Cromatografia gasosa (CG) 1, 4, 5

E

Enzimas 14, 15, 27

Epoxidação 1, 2, 3, 4, 9

Espectros de RMN ¹H 25, 29, 33, 35

F

Flavonóides 27

Fungos endofíticos 25, 26, 27

G

Granulometria 13, 21

I

Imobilização enzimática 14, 15, 17

Índice de iodo 1, 2, 4, 6, 7, 8

Indústria têxtil 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50

J

Jupati 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

L

Lignina 14

M

Mesh 13, 16, 18, 20, 21

Microrganismos 25, 26, 27, 28

N

Noz-pecã 12, 13, 14, 15

O

Óleos vegetais 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10

Oxidoredutases 14

P

Patauá 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Peroxidase 12, 13, 14, 15, 22, 23, 24

Pracaxi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Propriedades farmacológicas 27

R

Reaproveitamento 13, 14, 15

Resíduo agroindustrial 13, 21

S

Substratos 3, 14, 27, 28, 29

V

Vermelho congo 40, 44, 45, 47, 48, 49, 50

Z

Zeólitas 40, 49

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos 3

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos
processos e produtos 3