

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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

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

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

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

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

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
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: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.133222111">https://doi.org/10.22533/at.ed.133222111</a>  1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.  CDD 660
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

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

## 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  $1\%Cu/5\%Ni/Nb_2O_5-12\%CeO_2$  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  $\alpha$ ,  $\beta$ -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  $1\%Cu/5\%Ni/Nb_2O_5-12\%CeO_2$  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 3 .....25****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 4 .....37****REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D'ÁGUA E OXIDATIVA COM O CATALISADOR 1%Cu/5%Ni/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CeO<sub>2</sub>**

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>

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

## REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D'ÁGUA E OXIDATIVA COM O CATALISADOR 1%CU/5%NI/ NB<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CEO<sub>2</sub>

*Data de aceite: 12/11/2022*

### **Laura dos Santos Costa**

(PIBITI/CNPq/UEM)  
Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

### **Marcelino Luiz Gimenes**

Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

### **Marcos de Souza**

Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

### **Isabela Dancini Pontes**

Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

### **Gabriel Lucas Prado Santos**

Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

### **Aline Domingues Gomes**

Universidade Estadual de Maringá/  
Departamento de Engenharia Química/  
Centro de Tecnologia

**PALAVRAS-CHAVE:** Reforma do etanol, hidrogênio, energia, combustível, seletividade.

## **INTRODUÇÃO**

O hidrogênio (H<sub>2</sub>) consiste em um combustível alternativo o qual é ausente de emissões tóxicas, podendo ser empregado na geração de energia elétrica. Existem variadas formas de se obter hidrogênio, dentre elas pode-se citar a reforma do etanol. Há três tipos de reforma do etanol: oxidação parcial do etanol; reforma com vapor d'água e reforma oxidativa do etanol. Neste trabalho utilizou-se as duas últimas para obtenção de H<sub>2</sub>. Os processos citados requerem água, etanol e O<sub>2</sub> (para a reforma oxidativa), ademais, apresentam um rendimento relativamente alto de H<sub>2</sub>. A produção de H<sub>2</sub> através da reforma do etanol depende, dentre outros fatores, do catalisador empregado e diversas formulações catalíticas vem sendo estudadas. Este trabalho foi conduzido de maneira a contribuir para o

desenvolvimento da tecnologia de produção de  $H_2$  a partir da reforma do etanol com vapor d'água e oxidativa, avaliando a atividade e seletividade do catalisador 1%Cu/5%Ni/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CeO<sub>2</sub>.

## PROBLEMA

A demanda global de energia no cenário atual apresenta agravado crescimento e a maior parte da energia mundial consumida atualmente advém de combustíveis fósseis. Os combustíveis fósseis por sua vez, apresentam impactos prejudiciais sobre o meio ambiente. Diante disso, é necessário o desenvolvimento de pesquisas acerca da produção de combustíveis alternativos, tais como o  $H_2$ .

## SOLUÇÃO E BENEFÍCIOS

A utilização do catalisador como suporte do catalisador é bastante recorrente pelo fato de apresentar bons resultados de seletividade de  $H_2$ , e a observação disso foi constatada nesse projeto, que se obteve seletividade de  $H_2$  satisfatória, porém, foi obtido baixa conversão de etanol, com valor médio abaixo de 40% e a produção de coque foi em torno de 3%.

## POTENCIAL DE MERCADO E DIFERENCIAL COMPETITIVO

A reforma do etanol com vapor d'água e oxidativa, utilizando o catalisador 1%Cu/5%Ni/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CeO<sub>2</sub>, estabelece uma alternativa para um consumo de energia renovável e não poluente através da produção de  $H_2$ . Esse processo além de ser uma alternativa menos agressiva ao meio ambiente, também possui benefícios econômicos uma vez que se obtém alta seletividade em  $H_2$  e produz menos coque que outros catalisadores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o consumo progressivo mundial de energia, a busca por soluções ambientalmente mais sustentáveis se faz necessária para suprir tal demanda energética. A reforma do etanol, por sua vez, constitui uma alternativa para produção de  $H_2$ , um combustível limpo e livre de emissões tóxicas, porém, esse processo é suscetível à desativação catalítica, através da formação de coque.

## ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA

Laboratório

Mercado

*Scale-up* (mudança de escala)     Protótipo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro concedido e ao suporte dado por meus orientadores durante o projeto.

**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 <sup>1</sup>H 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 3



🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENGENHARIA QUÍMICA:

Desenvolvimento de novos  
processos e produtos 3