

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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CeO<sub>2</sub> 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 <sup>1</sup>H.

O quarto capítulo investigou a eficiência do catalisador composto por 1%Cu/5%Ni/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-12%CeO<sub>2</sub> 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 Grandó 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>

**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**

# GERAÇÃO DE EFLUENTES CONTAMINADOS POR CORANTES TÊXTEIS E A POSSIBILIDADE DA TRATAMENTO POR ADSORÇÃO

*Data de submissão: 12/11/2022*

*Data de aceite: 12/11/2022*

### **Mateus Gonçalves dos Santos**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Alegre, Espírito Santo, Brasil  
ID Lattes: 0826083580469849  
Orcid ID: 0000-0002-3106-3595

### **Damaris Guimarães**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Alegre, Espírito Santo, Brasil  
ID Lattes: 6576377621734943  
Orcid ID: 0000-0002-4932-3252.

### **Paulo Henrique Leite Quintela**

Universidade Federal de Sergipe, São  
Cristóvão, Sergipe, Brasil  
ID Lattes: 4174741039165156

**RESUMO:** A indústria têxtil consiste em um setor de grande relevância do ponto de vista econômico e social, porém apresenta elevado potencial contaminante da água dos lagos, rios e oceanos, visto que é um dos setores que mais consome água em virtude dos grandes volumes gastos no processo de tingimento. O tratamento a partir de processos físico-químicos é a principal opção utilizada pelas empresas que o fazem antes do descarte de seus efluentes. Deste modo, o presente trabalho visa apresentar a possibilidade de tratamento do efluente

gerado no tingimento dos tecidos por meio da adsorção utilizando materiais sólidos alternativos, com foco para a remoção do corante vermelho congo em zeólitas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria têxtil, Vermelho Congo, Adsorção, Zeólitas.

### GENERATION OF EFFLUENTS CONTAMINATED BY TEXTILE DYE AND THE POSSIBILITY OF ADSORPTION TREATMENT

**ABSTRACT:** The textile industry is a sector of great importance from an economic and social point of view but it has a high potential for polluting the water of lakes, rivers and oceans, since it is one of the sectors that consumes the most water due to the large volumes spent in the process of dyeing. Treatment from physical-chemical processes is the main option used by companies that do it before disposing of their effluents. Thus, the present work aims to present the possibility of treating the effluent generated in the dyeing of fabrics by means of adsorption using alternative solid materials, focusing on the removal of Congo red dye in zeolites.

**KEYWORDS:** Textile industry, Congo red, Adsorption, Zeolites.

## 1 | INDÚSTRIA TÊXTIL

### 1.1 História, importância e poluição aquática

O tingimento de objetos e tecidos é bem antiga. Na literatura esta prática é reportada de 2000 a.C. pelos fenícios (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Em alguns países da Europa, América do Norte, Ásia e também no Brasil, a história do tingimento têxtil do ponto de vista industrial é recente, cerca de 200 anos atrás, contando com sucessos e fracassos em virtude das crises durante este período (FUJITA; JORENTE, 2015).

O setor têxtil apresenta relevância no tocante à cultura, economia, política e dimensões sociais, influenciando tendências e costumes no modo de vida em diferentes períodos históricos (NASCIMENTO; PEDROSA; SOUZA, 2021). A importância deste seguimento é tamanha ao ponto de perderem apenas para o setor de alimentação (MADHAV *et al.*, 2018).

O crescente desenvolvimento industrial provocado pelas necessidades humanas resultou em inúmeros produtos de uso diário. Dentre os variados produtos estão as roupas e tecidos, oriundos dos processos industriais têxteis e de seus métodos de tintura que utilizam inúmeros corantes. O uso extensivo dos corantes pelas indústrias tem desencadeado uma série de problemas ambientais como, por exemplo, a contaminação de corpos d'água por efluentes gerados durante este processo (FUJITA; JORENTE, 2015).

Estima-se que diariamente cerca de 5000 pessoas morrem devido à ingestão de água contaminada, e 1/6 da população mundial não tem acesso à água potável (SILVEIRA, 2017). A escassez de água limpa está intimamente atrelada ao descarte inadequado de efluentes como os produzidos pela indústria têxtil, e que quando não são gerenciados por sistemas de tratamento eficazes prejudicam drasticamente a qualidade de vida das comunidades abastecidas por estas águas, além de prejudicar outras formas de vida do planeta (CARDOSO; BESSEGATO; ZANONI, 2016).

A Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) reconhece o Brasil como o quinto maior produtor têxtil do mundo e quarto maior produtor de malhas e peças de vestuário no mundo, produzindo anualmente cerca de nove bilhões de peças. No Brasil, o setor engloba 25,5 mil empresas formais, as quais garantiram em 2019, 1,5 milhões de empregos diretos e 8 milhões de empregos indiretos. Em 2022, devido à pandemia de Covid-19, o setor apresentou desaceleração, com queda no número de empregos e faturamento, porém com o fim de ano e a redução nos casos de contaminação pelo vírus SARS-CoV-2, a expectativa é que a produção do setor têxtil apresente alta (ABIT, 2022).

No ramo industrial, o setor têxtil é um dos que mais geram efluentes líquidos, aproximadamente 150 litros de água são consumidos para a produção de um quilo de tecido, de forma que 88% deste volume é descartado como efluente líquido e 12% são evaporados durante as etapas produtivas (LEÃO *et al.*, 2013).

A elevada solubilidade dos corantes em água facilita sua absorção por vários

organismos vivos por meio da reação com as proteínas e células vegetais, provocando alterações em suas atividades (ZAMORA *et al.*, 2002). Diante desta problemática, a indústria têxtil busca meios de remoção destes corantes de forma eficiente e de baixo custo.

Ferrarini *et al.* (2014) destacam que a indústria têxtil precisa aprimorar seus meios de produção a fim de reduzir os impactos ambientais por ela causados. Para isso, vários métodos têm sido implementados visando à remoção dos corantes presente nos efluentes como, por exemplo, a adsorção em carvão ativado (NASCIMENTO; PEDROSA; SOUZA, 2021).

Diversos métodos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos são estudados a fim de remover corantes e pigmentos resultantes das indústrias têxteis. Dentre estes, um dos mais promissores é a adsorção, também conhecida como extração em fase sólida (DEBRASSI, 2011).

Ribeiro (2019) cita em seus estudos que são poucas as empresas do setor têxtil que tratam seus efluentes, e as que o fazem, normalmente não utilizam a adsorção, optam por realizar processos de baixa eficiência, como a coagulação-floculação ou tratamento biológico. No caso dos tratamentos biológicos, embora seja possível uma alta eficiência na remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO), não é possível eliminar a cor, em virtude da biodegradabilidade da maioria dos corantes. Já os métodos físico-químicos apesar de possibilitarem a remoção de compostos suspensos e coloidais, bem como a cor, são inviáveis do ponto de vista econômico, pela grande quantidade de lodo produzido e a baixa remoção de DQO (GUNES; GONDER, 2021). Nesse contexto, Geankoplis (1993) considera o processo físico de adsorção como um dos mais efetivos para a remoção de corantes presentes em efluentes têxteis, por não apresentar formação de intermediários e depender principalmente de fatores como pH, temperatura e tempo de contato.

## 1.2 Corantes

Os corantes são utilizados para dar cor aos mais diversos produtos, que variam de roupas até alimentos industrializados. Eles são utilizados desde a antiguidade e foram observados inicialmente em gravuras nos interiores das cavernas. No passado, as áreas internas dos palácios egípcios eram decoradas com pinturas produzidas por pigmentos retirados da própria natureza e que tinham representação simbólica. Por exemplo, o vermelho representou a realeza durante muitos anos. O corante que gerava essa cor tinha extração difícil e custo muito elevado, impossibilitando o acesso a qualquer pessoa (GUARATINI; ZANONI; 2000).

De acordo com os estudos de Mello e Suarez (2012), o primeiro corante sintético foi produzido por Willian Henry Perkin. Sua fábrica foi responsável por criar diversos corantes, dentre eles o índigo, que foi sintetizado em 1880. O uso mais acentuado do corante índigo ocorre no tingimento do jeans e está entre os corantes mais utilizados atualmente. O maior uso de corantes sintéticos frente aos corantes naturais tem se justificado pelo menor

custo de produção, vasta possibilidade de síntese com grupos cromóforos e auxocrômicos diferenciados que ampliam a diversidade de cores e tonalidades, maior grau de pureza, alto controle de fidelidade da cor e maior fixação na superfície (ALCÂNTARA; DALTIM, 1996).

Segundo Hunger (2002) e Zollinger (1991), os corantes são classificados quanto ao uso ou métodos de aplicação e essa classificação está intimamente relacionada ao tipo de fibra empregada. As fibras são classificadas em naturais e não naturais. As fibras naturais podem ser obtidas de materiais vegetais como algodão, sisal e o linho; oriundas de fontes animais como a lã, couro e seda ou de minerais, como o amianto. As fibras não naturais subdividem-se em artificiais e sintéticas, sendo que a diferença entre elas consiste no fato de que as fibras artificiais, ou regeneradoras, são resultantes do tratamento químico da celulose.

Os corantes têxteis são conhecidos comercialmente por nomes genéricos definidos pela *Colour Index* por meio do número e nome, ou ainda pelo número e nome no *Chemical Abstract* (CAS number). Porém, a forma mais utilizada para classificar os corantes é caracterizando-os de acordo com o grupo funcional ou de acordo com a fixação à fibra (HUNGER, 2002; ZOLLINGER, 1991).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), embora o Brasil produza grandes quantidades de corantes, ele ainda não é autossuficiente (ZANONI; YAMANAKA, 2016). Nos últimos anos, a demanda provocou intenso crescimento nas importações de corantes, necessários sobre tudo para o desenvolvimento da indústria têxtil brasileira (HAAG; BONATI; IBSCH, 2022).

Em seus trabalhos, Fennema *et al.* (2010) e Zollinger (1991) relatam que alguns fatores incrementaram a utilização dos corantes sintéticos nos processos industriais tais como a alta estabilidade na cor conferida, alto poder tintorial, isenção de contaminação microbiológica e custo de produção relativamente baixo. Porém, por fatores relacionados à saúde, os corantes sintéticos estão sendo substituídos gradativamente pelos corantes naturais.

De acordo com Zollinger (1991), o grupo cromóforo representa a estrutura responsável pela coloração do corante cuja absorção ocorre na região do ultravioleta e visível do espectro, especialmente por causa das transições eletrônicas de um sistema conjugado de duplas ligações.

Os corantes utilizados em processos industriais são substâncias orgânicas complexas com alta absorvidade, contendo centros cromóforos baseados em grupos funcionais diversificados, tais como azo, antraquinona, polimetino, nitro, nitroso, arilmetano, xantano, cumarino, dentre outros. Esses compostos também apresentam, nos diversos tipos de fibras, propriedades físico-químicas diversificadas essencialmente para fixação. Dessa maneira, eles podem ser classificados comercialmente como: reativos; diretos; ácidos; à cuba; sulfurosos; dispersos; pré-metalizados e branqueadores óticos (RIBEIRO, 2019). Em uma visão geral, os principais tipos de corantes são utilizados em diferentes

ramos como têxteis, alimentícios, curtumes e tintura de cabelo (FUNGARO *et al.*, 2009).

Durante a complexa produção industrial dos corantes têxteis, cerca de 1% a 2% dos corantes produzidos são perdidos durante o processo. Em virtude da baixa taxa de fixação, aproximadamente 20% a 50% dos corantes empregados na indústria têxtil se perdem durante a etapa de tintura e cerca de 70% dos corantes utilizados na indústria de produtos para cabelo são descartados junto com a água de lavagem, tornando-se rejeito. Assim, grandes quantidades desses compostos são lançadas diariamente no meio ambiente, sem muitas vezes passarem por tratamentos adequados, provocando com isso, seria contaminação ambiental com graves riscos à flora e à fauna (ZAMORA *et al.*, 2002).

### 1.2.1 Vermelho Congo

O corante vermelho congo é um sal sódico, que apresenta fórmula molecular  $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$  e massa molar 696,66 g/mol. Em seu trabalho, Zollinger (1991) afirma que cerca de 60% dos corantes utilizados no mundo fazem parte do grupo dos azocorantes, cujo vermelho congo se enquadra; estes são caracterizados por conterem um ou mais grupamentos  $-N=N$  ligados a um anel aromático e por apresentarem estrutura orgânica estável, tendo como consequência a dificuldade de biodegradação e a estabilidade à incidência de luz ambiente (FARIAS *et al.*, 2014). A maior aplicação industrial do vermelho congo ocorre no tingimento de seda, porém o mesmo é também utilizado na indicação de pH, cuja mudança de cor ocorre entre 3,0 e 5,2 de azul para vermelho, em impressões de papel, na fabricação de borrachas e plásticos e também na medicina como possível determinador do diagnóstico de amiloidose (FUNGARO *et al.*, 2009). Por metabolizar a benzidina, substância com elevado potencial carcinogênico a seres humanos, o vermelho congo passou a não ser utilizado em alguns países, porém no Brasil, México, Índia e Argentina ainda é possível seu emprego em processos industriais. A estrutura do vermelho congo está ilustrada na Figura 1.

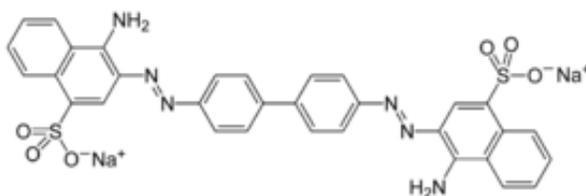


Figura 1 -Estrutura do vermelho congo.

Fonte: Zanoni, (2016).

De acordo com Ribeiro (2019), o vermelho congo pode ser descolorido por ação enzimática, ou seja, a atividade enzimática pode ser constatada pelo uso deste corante. Na

literatura, há relatos de que alguns meios de cultura podem ser formulados com a utilização do vermelho congo, como por exemplo, o ágar-vermelho congo (RUEGGER, 2004). Lima *et al.* (2021) observaram a tolerância e sensibilidade de muitas espécies de fungos na presença do vermelho congo. Já Csillag *et al.* (2022), investigaram como o crescimento de *Aspergillus nidulans* e *Aspergillus niger* é afetado em meios de culturas com o vermelho congo, em diferentes pHs.

## 2 | ADSORÇÃO

Cisneros, Espinoza e Litter (2002) relatam que o crescimento do setor têxtil desencadeou maior volume de água consumida durante os processos produtivos e efluentes que precisam passar por tratamentos adequados. A quantidade de rios e lagos contaminados por corantes oriundos das indústrias têxteis estão cada vez mais aumentando, reflexo do pouco tratamento realizados pelas empresas. São poucas as indústrias que submetem seus efluentes aos processos de tratamento antes do descarte e as que o fazem, corriqueiramente, utilizam processos biológicos ou físico-químicos de coagulação-floculação, os quais não mostram grande eficácia já que geram outros rejeitos como o lodo industrial que apresenta elevado teor de poluentes (BUSS *et al.*, 2015; SOARES e CLIMACO, 2016).

Dentre os vários desafios a serem vencidos pelo homem, um deles é a descoberta de métodos eficazes para o tratamento de efluentes industriais. Quando se trata de efluentes resultantes da indústria têxtil o desafio se torna ainda maior em virtude da diversidade de corantes e suas propriedades físicas e químicas que são particulares em cada composto (GHALY *et al.*, 2014).

De acordo com a definição clássica de Schmal (2011), a adsorção consiste em um processo de separação de um ou mais componentes presentes em uma fase líquida ou gasosa, os quais ficam retidos em uma superfície ou em poros de um material sólido, conhecidos como adsorventes. Quando o sólido não consegue mais reter o adsorvato, ele é dito saturado e pode passar pelo processo de dessorção, isto é, o produto retido na superfície realiza sentido oposto e retorna para o meio fluido.

Moreira (2008) descreve a adsorção como uma operação unitária de transferência de massa com elevada eficiência em tratamento de águas e águas residuais. É um processo que avalia a interação ou habilidade de materiais sólidos de reter na sua superfície determinadas substâncias presentes em fluidos líquidos ou gasosos tornando o sistema isento destes materiais.

A separação causada pelo processo de adsorção baseia-se em três mecanismos: o mecanismo estéril, o mecanismo de equilíbrio e nos mecanismos cinéticos. No mecanismo estéril, o procedimento é similar ao realizado em uma peneira, ou seja, os poros presentes no sólido adsorvente apresentam dimensões que possibilitam a passagem da molécula

para o seu interior, descartando as demais. O mecanismo de equilíbrio consiste em habilidades diferentes para os diversos sólidos de forma que ocorra a acomodação dos adsorvatos preferencialmente a outros compostos. Os mecanismos cinéticos baseiam-se nas difusividades das espécies presentes nos poros dos adsorventes (RUTHVEN, 1984).

A adsorção aparece como uma técnica de elevada eficiência na remoção de poluentes frente aos métodos convencionais. No caso de corantes, sua remoção de meios aquosos pode ocorrer por meio de dois mecanismos: adsorção e troca iônica, os quais são afetados por fatores físico-químicos dos corantes e do adsorvente como área superficial do sólido, tamanho das partículas, temperaturas, pH e tempo de contato (ROBINSON, 2011).

Geankoplis (1993) subdivide a adsorção de acordo com as especificidades de cada processo em: adsorção física e adsorção química, também conhecidas como fisissorção e quimissorção, respectivamente.

A quimissorção apresenta-se como altamente específica, por isso, nem todas as moléculas do adsorvato conseguem se aderir na superfície do sólido que não possui sítios ativos por toda sua extensão (COSTA, 2018). Só conseguem ser adsorvidas quimicamente, as moléculas que apresentam capacidade de ligar-se com os sítios ativos, as forças são do tipo covalente forte e a cobertura do sólido em única camada, tornando o processo irreversível. Do ponto de vista termodinâmico, a adsorção química envolve acima de 20 Kcal/mol de calor de reação (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

A adsorção física é dita não localizada porque ocorre em toda a superfície do sólido. Para que ocorra a fisissorção é necessário que a forças intermoleculares de atração entre as moléculas na fase fluida seja menor que as forças moleculares entre as moléculas presentes na fase fluida e a superfície sólida (GUIMARÃES e LEÃO, 2014). De acordo com FOUST *et al.* (1982), a velocidade da adsorção física é alta e a adsorção é considerada reversível devido às forças de atração intermoleculares entre o adsorvente e as moléculas adsorvidas serem fracas. Por não haver formação ou quebra de ligação, ou seja, alteração na natureza química do adsorvente, é possível que ocorram múltiplas camadas de moléculas adsorvidas no sólido (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Em seu trabalho, Fungaro *et al.*, (2009) cita a adsorção como uma técnica eficiente e que vem sendo amplamente utilizada com sucesso na remoção de corantes presentes em efluentes têxteis. O uso do processo de adsorção está atrelado à sua elevada taxa de remoção e baixo custo operacional, além de em alguns casos permitir a recuperação do corante e o reaproveitamento do material adsorvente.

O processo de adsorção é estudado a partir de alguns parâmetros, como exemplo a cinética de adsorção, que consiste em determinar a taxa de remoção do material na fase fluida em função do tempo (SCHMAL, 2011). A cinética de adsorção pode ser obtida a partir de alguns modelos matemáticos, dentre os quais Oliveira (2010) destaca os seguintes como os que geralmente apresentam resultados satisfatórios na remoção de corantes: modelos de pseudoprimeira ordem, pseudossegunda ordem e de difusão intrapartícula.

Ainda de acordo com Oliveira (2010), o mecanismo de adsorção de corantes têxteis é influenciado por alguns fatores como: natureza do adsorvente; natureza do corante e condições operacionais. A natureza do adsorvente é determinada a partir de suas características como área superficial, tamanho e abertura dos poros, presença de grupos funcionais na superfície, densidade e hidrofobicidade do material. Em contrapartida, os corantes, que são os adsorvatos, dependem de sua natureza em relação à polaridade, solubilidade, tamanho da molécula e ainda acidez ou basicidade. Já as principais condições operacionais que afetam o processo de adsorção são temperatura, pH e a natureza do solvente (NASCIMENTO; PEDROSA; SOUZA, 2021)

Os processos com taxa de adsorção dependente do transporte intrapartícula apresentam alta dependência do tamanho da espécie. A polaridade do adsorvato também é destacada como outra característica de forte influência, uma vez que espécies polares terão maior afinidade para solventes e adsorventes com mesma polaridade (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Na literatura, Wang; Xu e Song (2021) relatam que a alteração na temperatura de um sistema provoca mudança na capacidade de adsorção. Desta forma, a elevação na temperatura pode alterar a solubilidade e o potencial químico do adsorvato. Além disso, a mudança na temperatura do processo de adsorção também pode alterar a velocidade de adsorção, ou seja, aumento da energia cinética.

Além dos efeitos já citados, Nascimento *et al.* (2020) destacam que a temperatura tem outros dois efeitos importantes sobre o processo de adsorção que é a elevação da taxa de difusão das moléculas na camada limite externa e interna nos poros do adsorvente, provocados pelo aumento da temperatura do sistema; e a alteração no estado de equilíbrio da adsorção de um determinado adsorvato.

As alterações causadas no pH da solução afetam o processo adsorvativo por meio da dissociação dos grupos funcionais presentes nos sítios ativos do adsorvente. A intensidade desse efeito pode ser maior ou menor a depender do adsorvente, de modo que as cargas da superfície do adsorvente estão intimamente ligadas à sua composição. O pH do ponto de carga zero ( $\text{pH}_{\text{PZC}}$ ) é um parâmetro definido como o pH abaixo do qual a superfície do adsorvente é positiva, enquanto acima deste valor é negativa. E para que ocorra maior interação entre adsorvente e adsorvato faz-se necessário que as cargas elétricas sejam opostas (SARMA; MAHIUDDIN, 2014).

Cavalcante e Soares (2018) relatam a importância de remover corantes têxteis presentes em efluentes industriais, já que estes apresentam elevados perigos para as diversas espécies de seres vivos. Em seus estudos, a utilização de biossorventes oriundos de indústria alimentícia foi testada para remoção do corante vermelho congo. Os autores relatam que houve adsorção de 75% da solução de corante com concentração de 20 mg/L de vermelho congo em um tempo de 90 minutos.

A adsorção de corantes como o vermelho congo tem ocorrido com o uso de diferentes

materiais adsorventes de forma que cada um apresenta vantagens e desvantagens (DEBRASSI *et al.*, 2011). Ferrarini (2014) avaliou em seus estudos os modelos cinéticos pseudoprimeira ordem, pseudossegunda ordem e modelo de difusão intrapartícula a partir da adsorção do corante vermelho congo por um composto ferromagnético. Neste trabalho, entre os três principais modelos cinéticos estudados para a remoção de corantes têxteis, o modelo pseudoprimeira ordem foi o que obteve melhor ajuste em seu trabalho, o que sugere que o mecanismo de sorção entre o adsorvato e o adsorvente é do tipo reversível quando atinge o equilíbrio, que é característico de adsorção física.

A adsorção do vermelho congo em fase líquida também foi estudada por Ribeiro (2015). Em seu trabalho, foi avaliado o potencial adsorptivo de microesferas de alginato/quitosana, o qual apresentou um potencial para ser empregado na remoção do corante vermelho congo em meio aquoso, chegando à remoção cerca de 60% do corante e alcançando o equilíbrio nos primeiros 20 minutos de teste.

Já Ribeiro (2019) avaliou a remoção do corante vermelho congo em fase líquida a partir do uso da zeólita NaY e o material mesoporoso MCM-41 com e sem lantânio. Como resultado, mostrou que o adsorvente MCM-41 apresentou maior eficiência na remoção do corante estudado em comparação com o material NaY, de forma que os resultados encontrados estão diretamente relacionados com a maior área, volume e diâmetros de poros da MCM-41.

Desse modo, o presente estudo mostra por meio de estudos científicos a eficácia do processo de adsorção utilizando materiais sólidos adsorventes alternativos no tratamento de efluentes contendo corantes têxteis, os quais podem acarretar danos irreversíveis a saúde humana e ao meio ambiente, quando descartados sem o tratamento adequado.

## REFERÊNCIAS

ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química e Produtos Derivados), **Anuário da Indústria Química**, 2008.

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, Disponível em: <https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor#sthash.Dqb2QtO9.dpuf>, acesso em 12/11/2022.

ALCANTARA, M. R.; DALTIM, D. A química do processamento têxtil. **Química Nova**, v. 19, n. 3, p. 320-330, 1996.

BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. Tratamento dos Efluentes de uma lavanderia Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, p. 2-10. 2015.

CARDOSO, J. C.; BESSEGATO, G. C.; ZANONI, M. V. B. **Análise crítica dos processos empregados no tratamento de efluentes têxteis**. São Paulo, 2016.

CAVALCANTE, D. F.; SOARES, D. W. F. Adsorção do corante vermelho congo utilizado fibra da indústria alimentícia como adsorvente. **Mostra de pesquisa em Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, 2018.

CISNERO, R. L.; ESPINOZA A. G.; LITTER, M. I.: Photodegradation of an azo dye of the textile industry. **Chemosphere**, v. 48, p. 393-399. 2002.

COSTA, J. W. D. S.; **Utilização das Zeólitas Y e ZSM-5 na Adsorção Do 1-2- Dicloroetano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 83 f. 2018.

CSILLAG, K.; EMRI, T.; RANGEL, D. E. N.; PÓCSI, I. pH-dependent effect of Congo Red on the growth of *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus niger*. **Fungal Biology**, 2022.

DEBRASSI, A.; LARGURA, M. C. T.; RODRIGUES, C. A. Adsorção do Corante Vermelho Congo por Derivados da O-Carboxilmetilquitosana Hidrofobicamente Modificados. **Química Nova**, v. 34, n. 4, p. 764-770. 2011.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**, 4 edição, São Paulo, 2010.

FERRARINI, F.; BONETTO, L. R.; MARCO, C.; TOALDO, L. T.; CRESPO, J. S.; GEOVANELA, M. **Adsorção do corante vermelho congo por um compósito ferromagnético**, 54º Congresso Brasileiro de Química, Natal, 2014.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSON, M. **Princípios das Operações Unitárias**, 2 edição. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1982.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra e-periódico**, v. 8, n. 15, p. 153-174, 2015.

FUNGARO, D. A., REVA, J., IZIDORO, J. C.; Remoção de Vermelho do Congo de solução aquosa por zeólitas de cinzas de carvão: estudo cinético e análise de isotermas de equilíbrio. **Periódico Tchê Química**, Vol. 6, No. 12, Porto Alegre, RS, 2009.

GEANKOPLIS, J.; **Transport Processes and Unit Operations**, 3 edição. New Jersey: Prentice Hall, 1993.

GHALY, A. E.; ANANTHASHANKAR, R.; ALHATTAB, M.; RAMAKRISHNAN, V. V. Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review. **Chemical Engineering and Process Technology**, v. 5, p.1-18, 2014.

GUARATINI, C. C. I. ZANONI, M. V. B.; Corantes Têxteis, **Química Nova**, v. 23, p 71-8, 2000.

GUIMARÃES, D.; LEÃO, V. A. Batch and fixed-bed assessment of sulphate removal by the weak base ion exchange resin Amberlyst A21. **Journal of Hazardous Materials**, v. 280, p. 209-215, 2014.

GUNES, E.; GONDER, Z. B. Evaluation of the hybrid system combining electrocoagulation, nanofiltration and reverse osmosis for biologically treated textile effluent: Treatment efficiency and membrane fouling. **Journal of Environmental Management**, v. 15, p. 1-14, 113042, 2021.

HAAG, A. B.; BONATI, R.; IBSCH, M. PRODUCTION OF NATURAL COLORINGS FOR THE TEXTILE INDUSTRY. **Tecnologias: Engenharia, Produção e Construção**, n. 27, p. 80-98, 2022.

HUNGER, K. **Industrial dyes: chemistry, properties, application**. Weinheim, 2002.

LEÃO, M. M. D.; MARCELINO, R. B. P.; FRADE, P. R.; AMORIM, C. C. Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis: Atuação do grupo de pesquisa Poa Control da UFMG. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 358-383, 2013.

LIMA, D. M. C. G.; COSTA, T. P. C.; EMRI, T.; POCSI, I.; PUPIN, B.; RANGEL, D. P. T. Fungal tolerance to Congo red, a cell wall integrity stress, as a promising indicator of ecological niche. **Fungal Biology**, v. 125, n. 8, p. 646-657, 2021.

MADHAV, S.; AHAMAD, A.; SINGH, P.; MISHRA, P. K. A review of the textile industry: Wet processing, environmental impacts, and effluent treatment methods. **Environmental Quality Management**, v. 27, n. 3, p. 31-41, 2018.

MELLO, V. M., SUAREZ, P. A. Z.; As formulações de tintas expressivas através da história. **Virtual Química**, v. 4, n. 1, 2012.

MOREIRA, S. A. **Adsorção de íons metálicos de efluentes aquosos usando bagaço de pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, 151 f. 2008.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. **Estudos de Pós-Graduação**. 2 edição, 309 p. Fortaleza, 2020.

NASCIMENTO, E. V.; PEDROSA, A. M.; SOUZA, J. B. Development of LaxCa1-xMnO3 materials for Bezaktiv Blue removal in aqueous media. **Water Science & Technology**, v. 83, n. 11, p. 2793-2808, 2021.

OLIVEIRA, E. H. C. **Adsorção de Corantes da Indústria Têxtil (Indosol) em Resíduos Industriais (Lama Vermelha e Argila Esmectita)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, 89 f. 2010.

RIBEIRO, I. S.; SOUZA, G. K.; GOMES, A. D.; LIMA, C. J.; Adsorção do corante vermelho congo em meio aquoso utilizando microesferas de alginato/quitosana como adsorventes. **55º Congresso Brasileiro de Química**, Goiânia, 2015.

RIBEIRO, T. R. S. **Estudo da adsorção em fase líquida do vermelho congo sobre adsorvente micro e mesoporoso contendo lantânio**. Dissertação de mestrado em Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2019.

ROBINSON, T.; MULLAN, G. M.; MARCHANTT, R.; NIGAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: A critica review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v. 77, n. 3, p. 247-55, 2011.

RUEGGER, M.J. S.; TORNISIELO, S. M. T. Atividade de celulase de fungos isolados do solo da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. **Revista brasileira**, v. 27, n. 2, São Paulo, 2004.

RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorptions and Adsorption Process**. New York: John Wiley & Sons, 1984.

SARMA, J.; MAHIUDDIN, S. Specific ion effect on the point of zero charge of  $\alpha$ -alumina and on the adsorption of 3,4-dihydroxybenzoic acid onto  $\alpha$ -alumina surface. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 457, p. 419-424, 2014.

SCHMAL, M.; **Catálise Heterogênea**. Rio de Janeiro: Synergia Editora. 2011.

SILVEIRA, B. A. **Tratamento de água de abastecimento com aplicação da Moringa oleifera líquida e em pó em diferentes concentrações de solução salina**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 61 f. 2017.

SOARES, Bruna de P.; CLIMACO Leticia R. **Avaliação do Processo Fotocatalítico na Remoção de Cor de Efluentes Sintético e Industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 61 f. 2016.

WANG, X.; XU, J.; SONG, Y. Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies on chloride adsorption from simulated concrete pore solution by core@shell zeolite-LTA@Mg-Al layered double hydroxides. **Applied Clay Science**, v. 209, 2021.

ZAMORA, P. P.; KUNZ, A.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis, **Química Nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

ZANONI, M. V. B.; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. 347 p.

ZOLLINGER, H.; **Color chemistry: syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments**. 2 edição. New York: V. C. H., 1991.

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Bacharel em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ( $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e  $\text{TiO}_2/\text{Solar}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutorado (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente está realizando sua segunda Prática de Pós-Doutorado (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Atuei durante 11 anos como técnico químico no Instituto Federal de Goiás, tendo sido responsável pela análise de parâmetros físico-químicos e biológicos de água e efluentes de estação de tratamento de efluentes. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV C}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química.

**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