

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED CHEMICAL
ENGINEERING
2**

**Atena**
Editora
Ano 2022

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED CHEMICAL
ENGINEERING
2**

 **Atena**
Editora
Ano 2022

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

Daphynny Pamplona

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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª 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



Collection: applied chemical engineering 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied chemical engineering 2 / 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 978-65-5983-990-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.902222604>

1. Chemical engineering. 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



Atena
Editora
Ano 2022

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.



APRESENTAÇÃO

The e-book: "Collection: Applied Chemical Engineering 2" consists of seven book chapters. The first and second chapters sought to apply computer simulation both to analyze the flow of water from the faucet, evaluating from the fluid dynamics and volume of the liquid, as well as the behavior of the air-particle interaction and the variables that influence: temperature, pressure and particle velocity volume, the pressure and velocity of particles inside an aerosol can.

The teaching of chemistry is still seen as an abstract and meaningless science in the student's daily life, since most basic education institutions do not have spaces for carrying out laboratory practices. In this context, researchers from the state of Maranhão, Piauí and Recife proposed the use of music as a facilitating tool in the learning process that was called CHEMUSICS.

Chapter 4 discusses the benefits of using energy production from the sugar-energy sector, especially from sugarcane bagasse residues that can sustain the Brazilian energy matrix.

Chapters 5 to 7 evaluated the issue of solid waste management and contamination of water resources. Chapter 5 presented a review study regarding the generation of waste from cemetery activities, as well as the potential impact on the environment and public health. Chapter 6 presented the potential of pumice in the adsorption of metals present in galvanic effluents. Finally, chapter 7 presents the development of a bimetallic Fenton catalyst supported on natural zeolite for the removal of dyes in aqueous matrices.

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora's website and elsewhere. digital platforms with free access.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO ESCOAMENTO TURBULENTO EM TORNEIRA BICA ALTA POR MEIO DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

Mateus Batichotti Silva
Caroline Marques Lau
Luis Fernando Grigoletto Hirat
Maria Luiza Silva Oliveira
Flávia Aparecida Reitz Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226041>

CAPÍTULO 2..... 8

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EMPREGADA PARA O DESENVOLVIMENTO GEOMÉTRICO DE UMA LATA DE AEROSSOL

Caroline Marques Lau
Mateus Batichotti Silva
Luis Fernando Grigoletto Hirata
Maria Luiza Silva Oliveira
Flávia Aparecida Reitz Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226042>

CAPÍTULO 3..... 15

QUIMÚSICA: O USO DA MÚSICA COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE QUÍMICA

Elis Cristina de Sousa Ferreira
Adilson Luís Pereira Silva
Anna Karolyne Lages Leal
Maria Laryssa Costa de Jesus
Raissa Soares Penha Ferreira
Jaldyr de Jesus Gomes Varela Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226043>

CAPÍTULO 4..... 23

TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY MODELING IN SUCROENERGETIC MILLS STEAM GENERATION CENTERS

Henrique Senna
Roque Machado de Senna

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226044>

CAPÍTULO 5..... 32

NECRÓPOLIS BRASILEÑAS (CEMENTERIOS): IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES GENERADOS POR LOS RESIDUOS DE LAS ACTIVIDADES DEL CEMENTERIO Y LA AMENAZA INMINENTE PARA LA SALUD PÚBLICA

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226045>

CAPÍTULO 6	44
PEDRA-POMES COMO ADSORVENTE PARA METAIS PESADOS PRESENTES EM EFLUENTES GALVÂNICOS: UMA REVISÃO	
Gabriela Raspante de Oliveira Sandra Matias Damasceno	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226046	
CAPÍTULO 7	58
CATALISADOR FENTON BIMETÁLICO DE COBALTO E FERRO SUPORTADO EM ZEOLITA NATURAL PARA REMOÇÃO DE POLUENTES EM MEIO AQUOSO	
Ramiro Picoli Nippes Paula Derksen Macruz Cauã Souza Silva Aline Domingues Gomes Camila Pereira Giroto Tháisa Frossard Coslop Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.9022226047	
SOBRE O ORGANIZADOR	66
ÍNDICE REMISSIVO	67

CATALISADOR FENTON BIMETÁLICO DE COBALTO E FERRO SUPORTADO EM ZEOLITA NATURAL PARA REMOÇÃO DE POLUENTES EM MEIO AQUOSO

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 22/03/2022

Ramiro Picoli Nippes

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/6778980188605524>

Paula Derksen Macruz

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/5257385347804148>

Cauã Souza Silva

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<https://orcid.org/0000-0001-7130-7235>

Aline Domingues Gomes

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/6241863660560621>

Camila Pereira Giroto

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/3444781214744713>

Tháísa Frossard Coslop

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/7515260724440278>

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Química.
Maringá-Paraná.
<http://lattes.cnpq.br/1552509852504841>

RESUMO: O objetivo desse estudo foi preparar e caracterizar um novo catalisador Fenton bimetálico com ferro e cobalto suportados na zeolita natural clinoptilolita, para degradação de poluentes emergentes em meio aquoso por meio da reação de Fenton. O catalisador foi preparado por meio de uma impregnação úmida e caracterizado pelas técnicas de DRX e MEV. A eficiência do catalisador foi avaliada em regime batelada na degradação do corante têxtil azul reativo 250. Os resultados alcançados apontaram uma degradação do corante de aproximadamente 80% em 120 minutos nas condições experimentais: $[\text{Catalisador}]_0 = 1 \text{ g L}^{-1}$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 200 \text{ mg L}^{-1}$, $[\text{contaminante}]_0 = 10 \text{ mg L}^{-1}$ e pH neutro. O que demonstra o potencial do material em sistemas Fenton para remoção de poluentes em meio aquoso.

PALAVRAS-CHAVES: Tratamento de efluente; catalise heterogênea; corante; descoloração.

CATALYST FENTON BIMETALLIC COBALTO AND IRON SUPPORTED ONTO NATURAL ZEOLITE FOR REMOVAL OF POLLUTANTS IN AQUEOUS MEDIA

ABSTRACT – The objective of this study was to prepare and characterize a new bimetallic Fenton catalyst with iron and cobalt supported on natural zeolite clinoptilolite, for the degradation

of emerging pollutants in aqueous media through the Fenton reaction. The catalyst was prepared by wet impregnation and characterized by XRD and SEM techniques. The catalyst efficiency was evaluated in batch mode in the degradation of the reactive blue textile dye 250. The results obtained indicated a dye degradation of approximately 80% in 120 minutes under the experimental conditions: $[\text{Catalyst}]_0 = 1 \text{ g L}^{-1}$, $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 200 \text{ mg L}^{-1}$, $[\text{contaminant}]_0 = 10 \text{ mg L}^{-1}$ and neutral pH. This demonstrates the potential of the material in Fenton systems to remove pollutants in aqueous media.

KEYWORDS: Wastewater treatment; heterogeneous catalysis; dye; discoloration.

1 | INTRODUÇÃO

A presença de contaminantes persistentes em matrizes aquáticas é uma problemática urgente, que tem despertado atenção cada vez maior da comunidade científica (Hojjati-Najafabadi et al., 2022). Nesse sentido, o desenvolvimento de processos eficientes, e de baixo-custo é de extrema importância para a eliminação desses compostos perigosos e manutenção das matrizes ambientais. Dentre as tecnologias disponíveis, os processos oxidativos avançados (POAs) são bem vistos, devido a sua capacidade de mineralização de diferentes contaminantes.

Dentre os POAs, as reações do tipo Fenton ou Foto-Fenton, que, envolvem a oxidação de espécies férricas (Fe (II) para Fe (III), por exemplo) em peróxido de hidrogênio para a formação de espécies oxidativas poderosas, é uma alternativa vantajosa, devido ao custo baixo e não exige altas temperaturas e pressões para ocorrer. Contudo, quando o processo ocorre em uma só fase (líquida) há o surgimento de lamas de ferro, um subproduto que também é tóxico (Rache et al., 2014). Assim, a utilização de catalisadores sólidos é uma estratégia adequada para contornar esse problema. Dessa forma, diversos materiais tem sido usados como suporte para espécies metálicas, para aplicação em sistemas Fenton heterogêneo, como argila (Feng et al., 2003), materiais a base de carbono (Dantas et al., 2006) e zeolitas (Neamțu et al., 2004).

As zeolitas merecem destaque, devido as suas características apreciáveis, como, porosidade, capacidade de trocas iônicas e atividade catalítica elevada (Rahimi et al., 2021), que as credenciam para uso como suporte de catalisadores. Entre as zeolitas disponíveis, as naturais apresentam potencial, pois além da características texturais importantes, também possuem grande disponibilidade e custo relativamente baixo (Agustina et al., 2022). A zeolita natural do tipo clinoptilonita (Mortazavi et al., 2021) é um material de interesse, pois trata-se da zeolita mais abundante no mundo (Jia Wen et al., 2018), o que lhe confere grande disponibilidade e baixo-custo. Além disso, a zeolita clinoptilolita pode ser utilizada na sua forma *in natura*, sem a necessidade de modificações profundas em suas características. Estudos existentes já utilizaram a zeolita clinoptilolita *in natura* para aplicações em adsorção (Coslop et al., 2021), e como suporte para catalisadores (da Silva et al., 2021), (Vocciante et al., 2018).

Nesse mesmo contexto dos processos Fenton, a elaboração de catalisadores sólidos bimetálicos tem se mostrado uma técnica promissora, para aperfeiçoar o desempenho catalítico do catalisador Fenton à base de ferro na remoção de poluentes (Tian et al., 2020). Dentre as espécies metálicas investigadas, podemos citar, o cobre (Tang & Wang, 2020) (Mansoori et al., 2021), níquel (Wu et al., 2021) e alumínio (Nguyen et al., 2020). Além desses, a utilização de cobalto também tem sido investigado e apresentado potencial significativo para aplicação em sistemas Fenton (Junfeng Wen et al., 2021), (J. Li et al., 2019) e (X. Li et al., 2015).

Dessa forma, o objetivo desse estudo é preparar e caracterizar um novo catalisador Fenton bimetálico com ferro e cobalto suportados na zeólita natural clinoptilolita, para degradação de poluentes emergentes em meio aquoso por meio da reação de Fenton. A eficiência do catalisador foi avaliada em regime batelada na degradação do corante têxtil azul reativo 250.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A Zeólita natural Clinoptilolita (CP) foi fornecida pela empresa Celta Brasil localizada em Vila Jovina – Cotia/SP. A CP é composta principalmente por SiO_2 e Al_2O_3 . Antes dos testes experimentais, a zeólita foi lavada com água deionizada, seca em estufa e peneirada (0,4-1,0 mm). $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ e H_2O_2 (30%) da marca Dinâmica. Os testes foram realizados com água deionizada.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparo do catalisador bimetálico

O catalisador foi preparado por meio de um processo de impregnação úmida. Inicialmente quantidades adequadas dos nitratos (5% de Fe e Co) foram diluídas em água e em seguida adicionados a zeólita CP. A mistura permaneceu sob agitação intensa por 24 horas. Após esse período a solução foi aquecida em um evaporador rotativo com vácuo até a secagem completa do material. O sólido obtido foi submetido a um tratamento térmico em forno Mufla a 200°C durante 2 horas.

2.2.2 Caracterização do catalisador bimetálico

O catalisador foi caracterizado por meio da difração de raios-x em um aparelho Shimadzu XRD 6000, utilizando cobre como fonte de irradiação ($K\alpha$ 15.406 Å). A velocidade de varredura foi de 2° por minuto com passo de 0,02°, voltagem de 40 kV e corrente elétrica de 30 mA na faixa de 5-85° (2 θ). A morfologia do material foi observada em um microscópio

eletrônico de varredura da FEI Company, modelo Quanta-250, usando aceleração de feixe de 20 kV. As amostras foram metalizadas com ouro utilizando o equipamento de revestimento metálico Sputter Coater Emitech, modelo K450.

2.2.3 Testes reacionais

A atividade catalítica do material foi avaliada na degradação do corante têxtil azul reativo. Os testes foram conduzidos em regime descontinuo em um reator de vidro com capacidade de 250 ml equipado com agitador magnético. Soluções de corante de 250 ml com concentrações de 10 mg L⁻¹ foram utilizadas juntamente com 1 g L⁻¹ de catalisador. A concentração de H₂O₂ empregada foi de 200 mg L⁻¹. Os testes foram realizados em temperatura ambiente e sem ajuste do pH da solução. O acompanhamento das reações foi realizado por meio da retirada de alíquotas de 2,5 ml. As amostras foram filtradas com membranas de 0,22 μm (Millipore) para separação do catalisador. A eficiência do processo foi medida em termos de porcentagem (%) utilizando espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu – modelo UV-1800), em λ = 617 nm.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do catalisador bimetalico

Na Figura 1 é possível visualizar as micrografias dos materiais. Para a zeolita CP pura é possível observar uma superfície heterogênea com partículas de diferentes tamanhos e com aspecto que pode ser comparado com partículas de rocha. Para o catalisador contendo os dois metais de transição, pode-se afirmar, que não ocorreram modificações significativas na morfologia da zeolita, após o processo de incorporação do cobalto e do ferro. A coloração branca em alguns pontos pode ser associada com a presença das espécies metálicas na superfície da zeolita CP.

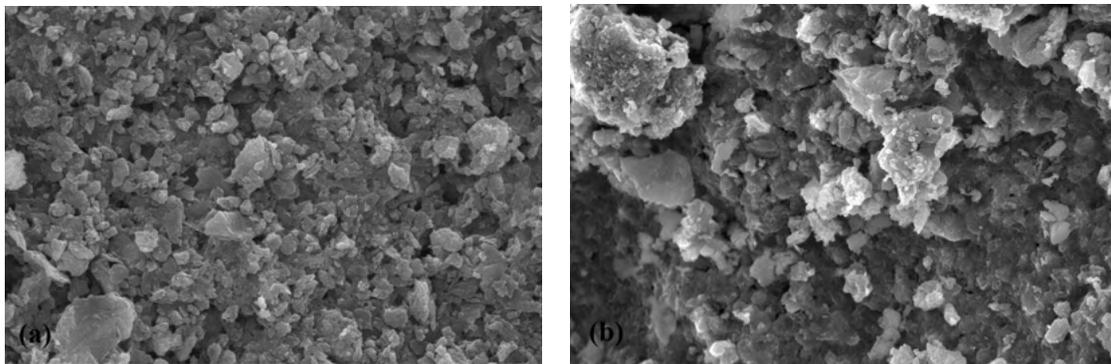


Figura 1 – Micrografias da zeolita CP (a) e do catalisador bimetalico (b).

Os padrões DRX da zeólita natural clinoptilolita pura e suportada com cobalto e ferro podem ser visualizados na Figura 2. Os picos mais significativos em $2\theta = 9,8^\circ$, $11,1^\circ$, $22^\circ,3$, $22,7^\circ$, $26,0^\circ$, $28,1^\circ$, $30,0^\circ$ e $32,0^\circ$ foram atribuídos a fase cristal monocíclica da clinoptilolita, correspondente a ficha JCPDS nº 00-025-1349. Para a amostra de Co-Fe/CP, observa-se a redução e desaparecimento de alguns picos de difração, o que confirma que as nanopartículas de cobalto e ferro foram infiltradas na camada lamelar da clinoptilolita. O pico em $2\theta = 20,19^\circ$ e em $2\theta = 36,96^\circ$ são fortemente atribuídos a presença do cobalto e ferro, respectivamente, na amostra de zeólita suportada.

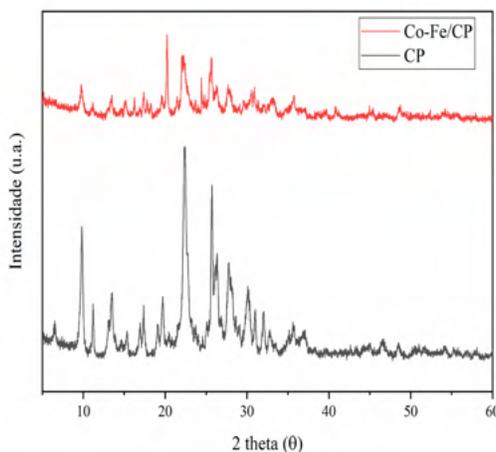


Figura 2 – Difratograma da zeólita CP e do catalisador Fenton bimetálico.

3.2 Testes reacionais

Na Figura 3 estão presentes os resultados dos testes reacionais. Primeiramente, foi avaliado a contribuição do processo de adsorção no processo de degradação do corante. Foi constatado a remoção de cerca de 5% após 120 minutos de adsorção. O que indica uma contribuição pouco significativa desse processo. Da mesma forma, o uso individual do H_2O_2 resultou em uma degradação discreta de aproximadamente 10% do corante no mesmo período de tempo. No entanto, quando o sistema Fenton heterogêneo (H_2O_2 + Co-Fe/CP) foi estabelecido a degradação do corante aumentou consideravelmente. Em apenas 15 minutos de reação, a degradação já atingiu cerca de 42% e após 120 minutos a degradação foi de 80%. Esse resultado está associado com a ocorrência da reação Fenton em que as espécies metálicas, presentes na superfície da zeólita CP, promovem a decomposição catalítica do H_2O_2 presente em solução, promovendo a geração de radicais hidroxila OH com alto poder oxidativo. O resultado obtido, confirma o potencial catalítico

do catalisador Fenton produzido nesse trabalho e a eficiência da zeolita CP como suporte para catalisadores.

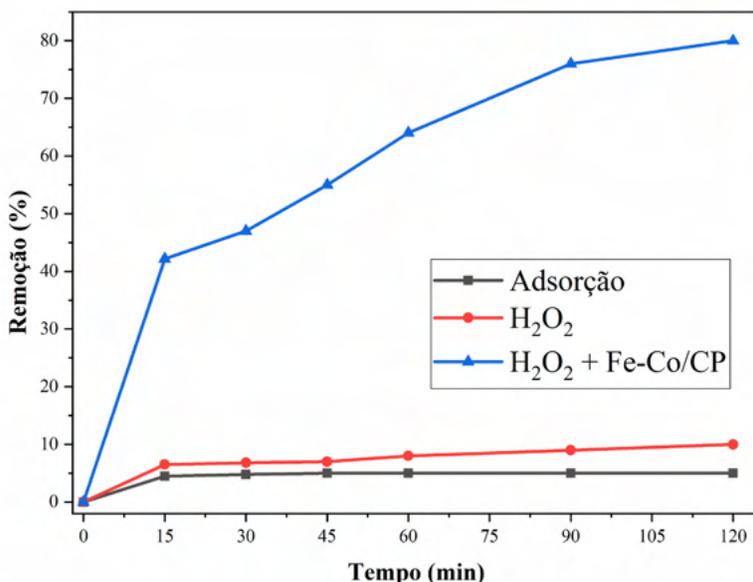


Figura 3 – Resultados da eficiência do catalisador na remoção do corante azul reativo 250 em meio aquoso.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados alcançados nesse estudo, pode-se concluir, que um novo catalisador Fenton bimetalico de ferro e cobalto, suportado em zeolita natural clinoptilolita, foi sintetizado e caracterizado com sucesso. As técnicas de caracterização foram adequadas para conhecer características importantes do material. O catalisador foi eficiente na remoção do corante têxtil azul reativo 250 atingindo 80% de degradação em 120 minutos de reação, demonstrando o potencial do catalisador em reações Fenton.

REFERÊNCIAS

Agustina, T. E., Anakotta, A. R., Widhaningtyas, H., & Gayatri, R. (2022). The effect of weight ratio of ZnO and natural zeolite on the performance of ZnO-natural zeolite nanocomposites for synthetic dyes degradation. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.01.284>.

Coslop, T. F., Nippes, R. P., Bergamasco, R., & Scaliante, M. H. N. O. (2021). Evaluation of diazepam adsorption in aqueous media using low-cost and natural zeolite: equilibrium and kinetics. *Environmental Science and Pollution Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17452-z>.

- da Silva, P. L., Nippes, R. P., Macruz, P. D., Hegeto, F. L., & Olsen Scaliante, M. H. N. (2021). Photocatalytic degradation of hydroxychloroquine using ZnO supported on clinoptilolite zeolite. *Water Science and Technology*, 84(3), 763–776. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.265>.
- Dantas, T. L. P., Mendonça, V. P., José, H. J., Rodrigues, A. E., & Moreira, R. F. P. M. (2006). Treatment of textile wastewater by heterogeneous Fenton process using a new composite Fe₂O₃/carbon. *Chemical Engineering Journal*, 118(1–2), 77–82. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2006.01.016>.
- Feng, J., Hu, X., Yue, P. L., Zhu, H. Y., & Lu, G. Q. (2003). A novel laponite clay-based Fe nanocomposite and its photo-catalytic activity in photo-assisted degradation of Orange II. *Chemical Engineering Science*, 58(3–6), 679–685. [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(02\)00595-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(02)00595-X).
- Hojjati-Najafabadi, A., Mansoorianfar, M., Liang, T., Shahin, K., & Karimi-Maleh, H. (2022). A review on magnetic sensors for monitoring of hazardous pollutants in water resources. *Science of The Total Environment*, 824, 153844. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENV.2022.153844>.
- Li, J., Li, X., Han, J., Meng, F., Jiang, J., Li, J., Xu, C., & Li, Y. (2019). Mesoporous bimetallic Fe/Co as highly active heterogeneous Fenton catalyst for the degradation of tetracycline hydrochlorides. *Scientific Reports*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52013-y>.
- Li, X., Liu, J., Rykov, A. I., Han, H., Jin, C., Liu, X., & Wang, J. (2015). Excellent photo-Fenton catalysts of Fe–Co Prussian blue analogues and their reaction mechanism study. *Applied Catalysis B: Environmental*, 179, 196–205. <https://doi.org/10.1016/J.APCATB.2015.05.033>.
- Mansoori, S., Davarnejad, R., Ozumchelouei, E. J., & Ismail, A. F. (2021). Activated biochar supported iron-copper oxide bimetallic catalyst for degradation of ciprofloxacin via photo-assisted electro-Fenton process: A mild pH condition. *Journal of Water Process Engineering*, 39, 101888. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2020.101888>.
- Mortazavi, N., Bahadori, M., Marandi, A., Tangestaninejad, S., Moghadam, M., Mirkhani, V., & Mohammadpoor-Baltork, I. (2021). Enhancement of CO₂ adsorption on natural zeolite, modified clinoptilolite with cations, amines and ionic liquids. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 22, 100495. <https://doi.org/10.1016/J.SCP.2021.100495>.
- Neamțu, M., Zaharia, C., Catrinescu, C., Yediler, A., Macoveanu, M., & Kettrup, A. (2004). Fe-exchanged Y zeolite as catalyst for wet peroxide oxidation of reactive azo dye Procion Marine H-EXL. *Applied Catalysis B: Environmental*, 48(4), 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2003.11.005>.
- Nguyen, H. T. T., Dinh, V. P., Phan, Q. A. N., Tran, V. A., Doan, V. D., Lee, T., & Nguyen, T. D. (2020). Bimetallic Al/Fe Metal-Organic Framework for highly efficient photo-Fenton degradation of rhodamine B under visible light irradiation. *Materials Letters*, 279, 128482. <https://doi.org/10.1016/J.MATLET.2020.128482>.
- Rache, M. L., García, A. R., Zea, H. R., Silva, A. M. T., Madeira, L. M., & Ramírez, J. H. (2014). Azo-dye orange II degradation by the heterogeneous Fenton-like process using a zeolite Y-Fe catalyst—Kinetics with a model based on the Fermi's equation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 146, 192–200. <https://doi.org/10.1016/J.APCATB.2013.04.028>.
- Rahimi, E., Nazari, F., Javadi, T., Samadi, S., & Teixeira da Silva, J. A. (2021). Potassium-enriched clinoptilolite zeolite mitigates the adverse impacts of salinity stress in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by increasing silicon absorption and improving the K/Na ratio. *Journal of Environmental Management*, 285, 112142. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112142>.

- Sun, Y., Yang, Z., Tian, P., Sheng, Y., Xu, J., & Han, Y. F. (2019). Oxidative degradation of nitrobenzene by a Fenton-like reaction with Fe-Cu bimetallic catalysts. *Applied Catalysis B: Environmental*, *244*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.APCATB.2018.11.009>.
- Tang, J., & Wang, J. (2020). Iron-copper bimetallic metal-organic frameworks for efficient Fenton-like degradation of sulfamethoxazole under mild conditions. *Chemosphere*, *241*, 125002. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.125002>.
- Tian, Y., He, X., Zhou, H., Tian, X., Nie, Y., Zhou, Z., Yang, C., & Li, Y. (2020). Efficient fenton-like degradation of ofloxacin over bimetallic Fe–Cu@Sepiolite composite. *Chemosphere*, *257*, 127209. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.127209>.
- Vocciante, M., De Folly D'Auris, A., Finocchi, A., Tagliabue, M., Bellettato, M., Ferrucci, A., Reverberi, A. P., & Ferro, S. (2018). Adsorption of ammonium on clinoptilolite in presence of competing cations: Investigation on groundwater remediation. *Journal of Cleaner Production*, *198*, 480–487. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.025>.
- Wen, Jia, Dong, H., & Zeng, G. (2018). Application of zeolite in removing salinity/sodicity from wastewater: A review of mechanisms, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, *197*, 1435–1446. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.06.270>.
- Wen, Junfeng, Liu, X., Liu, L., Ma, X., Fakhri, A., & Gupta, V. K. (2021). Bimetal cobalt-Iron based organic frameworks with coordinated sites as synergistic catalyst for fenton catalysis study and antibacterial efficiency. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *610*, 125683. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2020.125683>.
- Wu, Q., Siddique, M. S., & Yu, W. (2021). Iron-nickel bimetallic metal-organic frameworks as bifunctional Fenton-like catalysts for enhanced adsorption and degradation of organic contaminants under visible light: Kinetics and mechanistic studies. *Journal of Hazardous Materials*, *401*, 123261. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.123261>

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Technician in Chemistry from the Professional College of Uberlândia (2008), Bachelor of Chemistry from the Federal University of Uberlândia (2010), Degree in Chemistry from the University of Uberaba (2011) and in Biological Sciences from the Faculdade Única (2021). Specialist in Teaching Methodology of Chemistry and Teaching in Higher Education at Faculdade JK Serrana in Brasília (2012), specialist in Teaching Science and Mathematics at Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Master in Chemistry from the Federal University of Uberlândia (2015), with emphasis on development of bioadsorbent to remove As (V), Sb (III) and Se (IV) ions in different aquatic matrices. PhD in Chemistry from the Federal University of Uberlândia (2018), with emphasis on Advanced Oxidative Processes [heterogeneous photocatalysis ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ and $\text{TiO}_2/\text{Solar}$) and $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ for removal of contaminants of emerging concern (CEC) in different aquatic matrices. She carried out her first Post-Doctoral internship (from May 2019 to June 2021) at the Federal University of Uberlândia with an emphasis on the application of new oxidizing agents using solar radiation to remove CEC in effluents from a sewage treatment plant. He is currently carrying out his second Postdoctoral Internship (July 2021 - current) at UFU in the same line of research. Degree in Physics at Faculdade Única (September 2021 to November 2022). He has 11 years of experience as a chemistry technician at the Federal Institute of Goiás, having acted as responsible for the analysis of physical-chemical and biological parameters of water and effluents from a sewage treatment plant. It operates in the following lines of research: (i) Development of new methodologies for the treatment and recovery of chemical waste generated in the laboratories of teaching and research institutions; (ii) CEC monitoring studies; (iii) Development of new advanced technologies for CEC removal in different aquatic matrices; (iv) Study and development of new bioadsorbents for environmental remediation of CEC in different aquatic matrices; (vi) Environmental Education and; (vii) literacy and scientific processes in the area of Science of Nature, especially biology and chemistry.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 44, 50, 51, 52, 53, 54, 59, 62

Adsorvato 51, 52

B

Bioacumulativos 44, 49

Bioenergy 23, 24

Biota 40, 49

C

Cadaveric putrefaction activities 33

Cemeteries 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43

Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA) 47

Corante azul reativo 250 63

Crematoria 33, 35, 40, 41

D

Demanda biológica de oxigênio (DBO) 48

E

Efluentes galvânicos 44, 51

Efluentes industriais 44, 45, 47, 52, 54, 55

Electric energy 23, 24, 26, 29, 30

Ensino-aprendizagem 17, 18

Ensino de química 15

Environmental contamination 33

Escoamento laminar 2, 6, 7, 10, 12

Escoamento turbulento 1, 2, 12

F

Fenton 2, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65

Fluidodinâmica 1, 2, 6

Foto-fenton 59

Funeral practices 33

G

Galvanoplastia 44, 45, 46, 47, 55, 56, 57

L

Lata de aerossol 8, 9, 10, 11, 12

Lúdico 15, 16, 22

M

Mechanical energy 23, 24

Meio ambiente 1, 18, 47, 53, 54, 55

Metais pesados 1, 44, 45, 47, 54, 56

Micronutriente 49

Mineralização 59

N

Necrochorum 32, 33, 34

Necropolises 33, 34, 35, 40, 41, 42

Número de reynolds 1, 5, 14

P

Poluentes 44, 58, 60

Processo de galvanoplastia 44, 45, 47

Processos Oxidativos Avançados (POAs) 59

Q

Quimúsica 15

R

Recurso didático 15, 17, 18, 19, 21

S

Simulação computacional 6, 8, 10, 13

Sugarcane bagasse 2, 23, 25, 30

T

Torneira bico alta 6

Torneiras 1, 2, 4

Z

Zeolita 58, 59, 60, 61, 62, 63

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CHEMICAL ENGINEERING 2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CHEMICAL ENGINEERING 2


Ano 2022