



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Química:

Desvendando propriedades e
comportamentos da matéria


Ano 2021



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Química:

Desvendando propriedades e
comportamentos da matéria


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 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 Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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 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
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

Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-635-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.352211211>

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Química: Desvendando propriedades e comportamentos da matéria” é constituído por nove capítulos de livro que foram organizados em função da temática avaliada.

Os capítulos I e II apresentam a importância de se analisar as propriedades terapêuticas e os efeitos biológicos adversos provenientes das espécies Jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril*) e a Camomila-Vulgar (*Matricaria recutita*) que são bastante utilizadas na medicina popular e na formulação de fármacos. A primeira possui propriedades anti-inflamatória e antifúngica e uso em caso de doenças respiratórias. Já a segunda, é utilizada na formulação de cosméticos, aromatizantes e propriedades terapêuticas: tratamento da insônia, ansiedade, dispepsia e perturbações estomacais.

O capítulo III apresenta a excelente iniciativa por parte de professores e alunos do IFMT *campus* avançado de Sinop, que relataram os detalhes da iniciativa de produzir quase 4100 L de sabonete líquido destinado a atender a demanda de Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), setores e serviços públicos, grupos comunitários e a comunidade interna do IFMT.

Os capítulos de IV a VI procuraram avaliar a eficiência de remoção de poluentes presentes em diferentes matrizes ambientais, respectivamente, a eficiência da enzima *Lacase* na captação e oxidação de corantes em efluentes têxteis, nanopartículas de ferro com extrato orgânico de *Azadirachta indica* para adsorção de mercúrio em águas e aplicação de catalisadores do tipo Perovskita para conversão de poluentes atmosféricos. Os resultados apresentados foram bastante promissores e demandam continuidade das pesquisas com o intuito de ser aplicado em larga escala.

O capítulo VII avaliou a síntese e caracterização de nano compósito magnético funcionalizado com óxido de zinco na superfície pelo método solvotermal assistido por micro-ondas (SAM), que apresentaram resultados promissores para tecnologia em estudos de ótica, catálise e piezoelectricidade. Já o capítulo VIII procurou avaliar os biomarcadores como processos biológicos que podem ocorrer de forma saudável e de forma patogena, podendo desencadear efeitos adversos, entre os quais: obesidade, pré-diabetes e diabetes *mellitus*; indicar e associar doenças como esquizofrenia, asma, Alzheimer, fibrose cística e diversos tipos de cânceres a produção de alguns gases poluentes e presentes na atmosfera. Por fim, o capítulo IX investigou as possíveis causas de derramamento de petróleo em plataformas localizadas no Golfo do México, apontando as possíveis causas que promovem o derramamento e os efeitos adversos a fauna e até mesmo a saúde humana de quem pode vir a ficar exposto a locais de derramamento.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos

com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito. A associação destes e outros fatores fazem desta Editora, a maior do Brasil em relação à publicação de livros e capítulos de livros resultantes de trabalhos técnicos - científico em todas as áreas do conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

Hymenaea courbaril: ANÁLISE DE PROPRIEDADES TERAPÊUTICAS E EFEITOS BIOLÓGICOS DESCRITOS NA LITERATURA

Lidiany Damacena Cruvinel
Guilherme Costa Silva
Histeffany de Souza Arantes Dias
Camila Regina do Vale

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112111>

CAPÍTULO 2..... 6

Matricaria recutita: ANÁLISE DE PROPRIEDADES TERAPÊUTICAS E EFEITOS BIOLÓGICOS DESCRITOS NA LITERATURA

Guilherme Costa Silva
Lidiany Damacena Cruvinel
Juliano Kenzo Watanabe Santana
Camila Regina do Vale

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112112>

CAPÍTULO 3..... 11

O ESSENCIAL: O SABONETE QUE LAVA, HIGIENIZA E PROTEGE

Gilma Silva Chitarra
Fernanda Assis de Oliveira Nascimento
Hélio Coelho de Ornellas
Emerson Rodrigo Coletto
Tony Vicente de Oliveira
Senilde Solange Catelan
Cristiane Silva Chitarra
Bruno Rafael da Silva
Renata Luiza de Castilho Rossoni
Geise Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112113>

CAPÍTULO 4..... 21

IMOBILIZAÇÃO DE ENZIMA LACASE E SUA EFICIÊNCIA NA OXIDAÇÃO E CAPTAÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS

Verônica Távilla Ferreira Silva
Pedro Nascimento
Alex Fernando de Almeida
Ezequiel Marcelino da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112114>

CAPÍTULO 5..... 35

SÍNTESES DE NANOPARTÍCULAS DE HIERRO (FeNPs) CON EXTRACTO ORGÁNICO DE *Azadirachta indica* (NEEM) PARA LA ADSORCIÓN DEL MERCURIO EN EL AGUA

Marcel Oswaldo Méndez Mantuano
Gregorio Humberto Vásconez Montúfar

Ida Ivete Campi Mayorga
Bayardo David Caicedo González

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112115>

CAPÍTULO 6..... 61

ESTUDO DE CATALISADORES TIPO PEROVSKITA VISANDO A CONVERSÃO DE POLUENTES

Júlia Alanne Silvino dos Santos
Symone Leandro de Castro
Davidson Nunes de Oliveira
Filipe Martel de Magalhães Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112116>

CAPÍTULO 7..... 74

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANO COMPÓSITO SUPERPARAMAGNÉTICO FUNCIONALIZADO COM WURTZITA POR MÉTODO SOLVOTERMA ASSISTIDO POR MICRO-ONDAS

Felipe Abreu da Silva
Marcelo Pereira da Rosa
Sergio da Silva Cava
Paulo Henrique Beck

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112117>

CAPÍTULO 8..... 82

POTENCIALIDADE DA TÉCNICA FOTOACÚSTICA PARA A DETECÇÃO DE BIOMARCADORES RESPIRATÓRIOS

Liana Genuncio Silva
Arthur George Tissi Batista
Rosana dos Santos Pereira
Leonardo Mota
Marcelo Silva Sthel
Marcelo Gomes da Silva
Maria Priscila Pessanha de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112118>

CAPÍTULO 9..... 98

CAUSAS DE DERRAMES PETROLEROS EN PLATAFORMAS SEMISUMERGIBLES EN EL GOLFO DE MEXICO

María Patricia Torres Magaña
Miguel Guardado Zavala
Ana Laura Fernández Mena
María Rivera Rodríguez
Karina González Izquierdo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3522112119>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 106

ÍNDICE REMISSIVO 107

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANO COMPÓSITO SUPERPARAMAGNÉTICO FUNCIONALIZADO COM WURTZITA POR MÉTODO SOLVOTERMA ASSISTIDO POR MICRO-ONDAS

Data de aceite: 01/11/2021

Felipe Abreu da Silva

Doutorando em Química no Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental (PPGTA)

Professor de Química da Escola de Ensino Médio Sesi Eraldo Giacobbe
Universidade Federal de Rio Grande, Campus Carreiros, Rio Grande.
Rio Grande - RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3065490217442041>

Marcelo Pereira da Rosa

Doutor em Química pela Universidade Federal do Rio Grande
Universidade Federal de Rio Grande, Campus Carreiros, Rio Grande
Rio Grande - RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8222221444121397>

Sergio da Silva Cava

Professor Doutor da Universidade Federal de Pelotas.
Universidade Federal de Pelotas, Campus Anglo.
Pelotas - RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2853098230406981>

Paulo Henrique Beck

Professor Doutor da Universidade Federal do Rio Grande
Universidade Federal de Rio Grande, Campus Carreiros, Rio Grande.
Rio Grande - RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4175014494565472>

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo a síntese e caracterização de nano compósitos magnéticos funcionalizados com óxido de zinco na superfície em uma etapa, através do método solvotermal assistido por micro-ondas (SAM). A rota sintética proposta apresenta dentre algumas vantagens a homogeneização e otimização de etapas e tempos de síntese. Assim, foram homogeneizados em solvente orgânico de glicóis os reagentes de base de cálcio; e sais de ferro e zinco, na proporção mássica de 1:2:2, sob a presença de reticulador de rede e 66 mg derivado de casca de arroz. A solução alaranjada obtida foi oclusa em uma célula reacional de teflon® e levado para um micro-ondas para que houvesse compreensão adiabática sob determinadas condições de 2.45 GHz e 800 W. Posteriormente, ao processo sintético a solução escura foi lavado com etanol 70% por 3 ciclos para que houvesse remoção de solvente residual e, por consequente, o produto foi seco à 100°C numa estufa por 1 h. As caracterizações estruturais e quanto a propriedade magnética do nano compósito formado indicam que: i) houve formação de ferrita de cálcio de ficha cristalográfica JCPDS 46-291 na superfície do derivado da casca de arroz; ii) as interações químicas confirmam a funcionalização de wurtzita hexagonal de ficha cristalográfica JCPDS 043-0002; e iii) os ensaios de magnetismo em temperatura ambiente indicam que o caráter superparamagnético do nano compósito com a presença do óxido de zinco é dobrado. Por fim, o nano compósito sintetizado é uma promissora tecnologia passível de ser empregada em estudos de ótica, catálise e piezoelectricidade.

PALAVRAS-CHAVE: Nano compósito, ferrita de cálcio, óxido de zinco, solvotermal, micro-ondas.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SUPERPARAMAGNETIC NANOCOMPOSITE FUNCTIONALIZED WITH WURTZITE BY MICROWAVE-ASSISTED SOLVOTHERMAL METHOD

ABSTRACT: The present work aims at the synthesis and characterization of magnetic nanocomposites functionalized with zinc oxide on the surface in one step by microwave-assisted solvothermal (SAM) method. The proposed synthetic route presents among some advantages the homogenization and optimization of synthesis steps and times. Thus, the calcium base reagents; and iron and zinc salts, in the mass ratio of 1:2:2, were homogenized in organic glycol solvent, under the presence of network cross linker and 66 mg derived from rice husk. The orange solution obtained was encased in a Teflon® reaction cell and taken to microwave for adiabatic understanding under certain conditions of 2.45 GHz and 800 W. Subsequently to the synthetic process, the dark solution was washed with 70% ethanol for three cycles to remove residual solvent, and consequently, the product was dried at 100°C in an oven for one h. The structural characterizations and the magnetic properties of the formed nanocomposite indicate that: i) there was the formation of calcium ferrite of crystallographic file JCPDS 46-291 on the surface of the rice husk derivative; ii) the chemical interactions confirm the functionalization of hexagonal wurtzite of crystallographic file JCPDS 043-0002; and iii) the magnetism tests at room temperature indicate that the superparamagnetic character of the nanocomposite with the presence of zinc oxide will double. Finally, the synthesized nanocomposite is promising to employ in optics, catalysis, and piezoelectricity studies.

KEYWORDS: Nanocomposite, calcium ferrite, zinc oxide, solvothermal, microwave.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente os sistemas nanoestruturados ferromagnéticos contendo semicondutores em sua composição vêm crescendo em aplicabilidades variadas, principalmente em spintrônica, sensores de alta frequência e dispositivos baseados em spin (Wolf et al., 2001; Fert, 2008). Dentre os semicondutores, o óxido de zinco destaca-se por ser um material com band gap de 3,4 eV e amplamente empregado no cotidiano pelas suas propriedades óticas, contudo para potencializar ainda mais sua aplicação existem técnicas de síntetização física (top down) ou química (bottom up) que são utilizadas para reduzir o tamanho do material em algum eixo no espaço para formar nano partículas o compósitos e, assim, propiciar benefícios em outras propriedades mecânicas, elétricas, magnéticas e/ou catalíticas (Rogers & Hosseini Teherani, 2020).

Nano partículas de óxido de zinco apresentam algumas limitações que podem afetar a versatilidade de suas propriedades físico-químicas. Dentre os fatores principais estão a vacância de oxigênio ou desordem de curto alcance presente na estrutura hexagonal do óxido no formato de wurtzita e a estabilização eletrostática de carga superficial oriunda

da aglomeração de partículas (Janotti & Van de Walle, 2005). Dentre as alternativas tecnológicas possíveis de suprir estes fatores limitantes de nano partículas de wurtzita os compósitos despotam relevância. Por um lado, a adição de óxidos magnéticos diminui a desestabilização estrutural na wurtzita potencializando a produção de magnetismo pela ordenação local da interação entre os íons presentes nos óxidos do compósito (Ahadpour Shal & Jafari, 2014). Por outro lado, a escolha de uma matriz orgânica natural como a casca de arroz pode servir como agente de estabilização eletrostática, pois apresenta em sua constituição materiais de fácil condução de carga como a celulose e sílica (Akinyele, 2015).

Dentre alguns compósitos magnéticos com wurtzita, Wang e col. (2014) sintetizaram um compósito poroso a base de ferrita de zinco / óxido de zinco capaz de detectar em sua superfície determinados poluentes orgânicos voláteis como: n-butanol, acetona, etanol e metanol; já Tian e col. (2018) desenvolveram um nano compósito magnético ternário à base de magnetita – lignina – óxido de zinco capaz de degradar pela fotocatalise o fármaco norfloxacino pelo período de contato de duas horas e estável, mesmo após cinco ciclos de aplicabilidade para degradação de mais de 80% do fármaco. Assim, o objetivo deste trabalho é sintetizar um compósito magnético à base de derivado de casca de arroz / ferrita de cálcio / ZnO wurtzita, os componentes e compósito foram caracterizados quanto suas estruturas, interações e comportamentos térmicos e magnéticos.

2 | MATERIAL EMÉTODOS

O processo de síntese utilizado para produzir a ferrita de cálcio, compósito magnético e compósito magnético funcionalizado com wurtzita estudadas nesse trabalho foi o método de solvoterma assistido por micro-ondas. Este método de síntese oferece inúmeras vantagens, tais como: homogeneidade química, partículas com estreita distribuição de tamanho, temperaturas de sintetização controláveis, reagentes de baixo custo e economia de tempo (Kozakova et al., 2015; Rakhshae & Noorani, 2017).

As amostras foram sintetizadas similiarmente na condições de 180°C por 55 min em um copo de politetrafluoroetano selado adiabaticamente e ocluso num forno micro-ondas (2,45 GHz, 800W). A ferrita de cálcio (CAF) foi sintetizada homogeneizando na proporção mássica 1 para 2 do sal $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e da base $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sob a presença do agente estabilizante de acetato de sódio anidro e solução orgânica de etileno/ polietilenoglicol 400 (Fang, Chen & Zheng, 2010; Da Silva, 2016). Por outro lado, o compósito magnético (Cel-SiO₂@CAF) foi sintetizado de forma similar com a adição de 66 mg do derivado de casca de arroz no processo de CAF (Shen et al., 2012). Por fim, o compósito magnético com níquel funcionalizado (Cel-SiO₂@CAF@ZnO) foi preparado com a adição de 62.3 mg de $\text{C}_4\text{H}_6\text{ZnO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ no processo de Cel-SiO₂@ZnO. Todos os reagentes comerciais utilizados são da marca Sigma-Aldrich.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 dos espectros de difração de raio-x indicam comparações estruturais e de tamanho de cristalito das amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO. Conforme a as fichas cristalinas JCPDS n° 46-0291 e 43-0002 foram obtidas ferrita de cálcio (Ca_{0,15}Fe_{2,85}O₄) de espinélio normal e óxido de zinco (ZnO) de estrutura hexagonal de wurtzita de grupo espacial Fd $\bar{3}$ m e P63mc, respectivamente (Arefi, 2012; Shen et al., 2012). O diâmetro médio cristalino foi estimado utilizando a equação de Scherrer's (Cullity, 1978):

$$D_{hkl} = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

A partir da equação 1, os cristalitos das amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO foram 15.85; 17.26 e 4.34 nm, respectivamente. Com base nestas observações é possível indicar que no compósito, CAF ficou imobilizado na superfície do derivado de casca de arroz contendo celulose-silica (Gubin et al., 2005); já quando houve a inclusão do sal contendo zinco no processo de síntese nano partículas de óxido de zinco foram formadas na superfície de CAF, formando Cel-SiO₂@CAF@ZnO (Gupta et al., 2019).

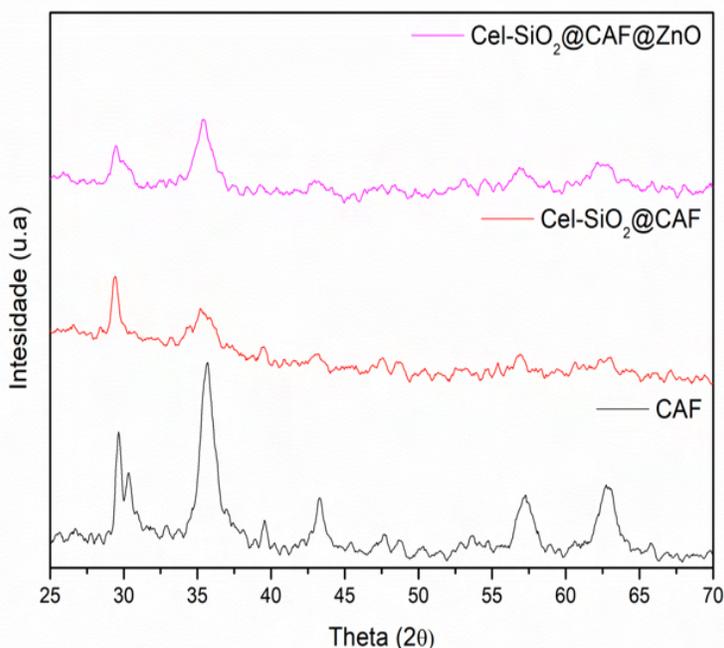


Figura 1 – Difratomogramas de Raios X para as amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO.

Segundo a figura 2, os espectros de infravermelho indicam as interações químicas presentes nas amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO. As interações químicas que podem comprovar as principais interações no compósito Cel-SiO₂@CAF estão

nos estiramentos simétricos (1600 cm^{-1}) e assimétricos (1420 cm^{-1}) dos grupos carboxílicos da celulose, formando interações eletrostáticas com os íons metálicos presentes em CAF (Spiridonov et al., 2017). Por outro lado, a formação do compósito Cel-SiO₂@CAF@ZnO pode ser explicada pela interação entre Ni-O (450 cm^{-1}) correspondente com uma fina camada que integra CAF e ZnO (Wanget al., 2002; Xiong et al., 2006).

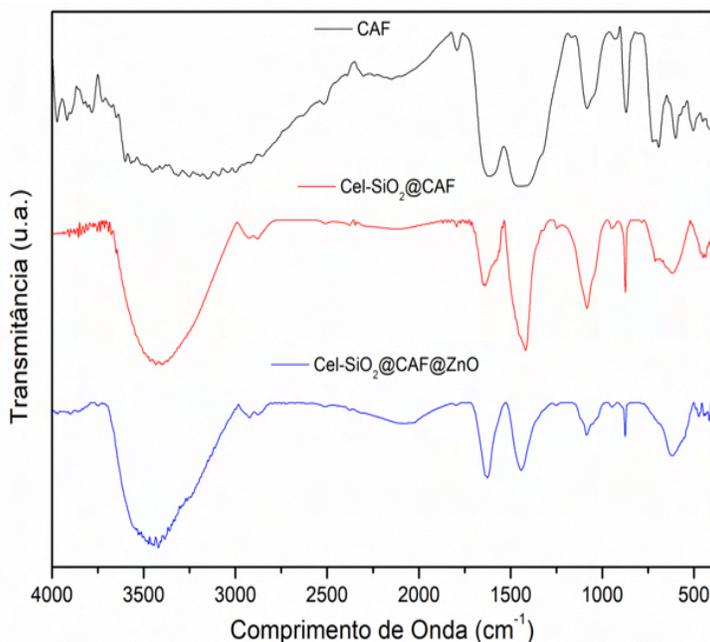


Figura 2 – Espectroscopia de Infravermelho para as amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO.

O perfil magnético das amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO é descrito na figura 3. Em ambas descrições, todas amostras demonstram caráter supermagnético. Entretanto, quando formado o compósito magnético há diminuição do comportamento aproximadamente 13 vezes, isto acontece provavelmente pela aglomeração eletrostática leve de CAF na superfície de celulose-sílica (Shin & Lee, 1997; Patil & Jagadale, 2020). A incorporação de ZnO do tipo wurtzita na superfície de CAF através de interações eletrostáticas aumenta a magnetização de saturação do compósito de 7.54 emu/g para 23.25 emu/g e, assim, corrobora com as análises estruturais quanto a síntese de Cel-SiO₂@CAF@ZnO (Da Silva, 2016; Jioty et al., 2020).

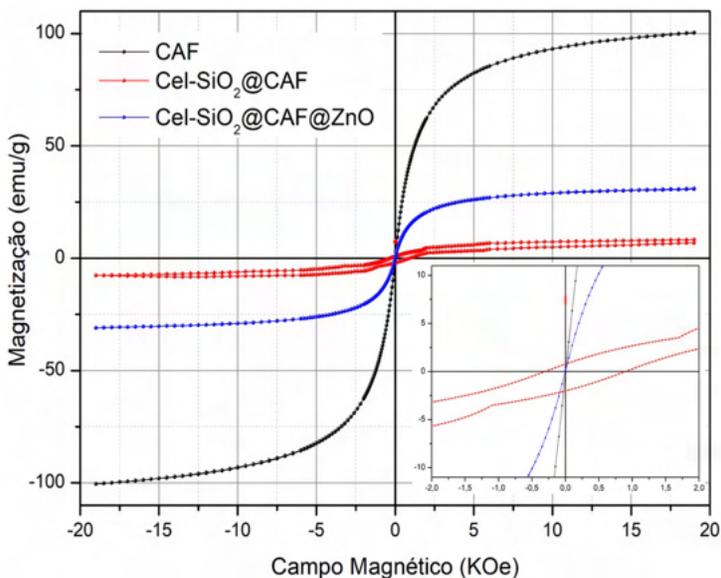


Figura 4 – Análise Magnetização de Vibração da Amostra para as amostras CAF, Cel-SiO₂@CAF e Cel-SiO₂@CAF@ZnO. Dentro da imagem há identificação dos comportamentos magnéticos em campos baixos.

4 | CONCLUSÃO

Neste estudo foi apresentada comparações estruturais e magnéticas de ferrita de cálcio, compósito magnético e compósito magnético funcionalizado com wurtzita através da rota solvotérmica assistida por micro-ondas. Dentre algumas particularidades, a técnica de síntese promove alguns pontos de destaque tais como: baixos tempos reacionais, homogeneidade e redução de etapas no processo de fabricação. Por outro lado quanto aos materiais obtidos, as análises realizadas no trabalho indicam: i) ordem nanométrica de cristalitos de nanopartículas de ferrita de cálcio (15,25nm) e de nanocompósitos de celulose-sílica@ferrita de cálcio (17,86 nm) e celulose-sílica@ferrita de cálcio@ wurtzita (4,34 nm); ii) comprovação por ligações químicas da formação dos compósitos magnéticos com e sem o níquel metálico na superfície; e iii) variação da intensidade magnética com o mesmo caráter superparamagnético. Assim, o compósito superparamagnético funcionalizado com óxido de zinco do tipo wurtzita livre na superfície pode ser um material promissor para ser utilizado como catalisador e componente em dispositivos óticos.

REFERÊNCIAS

Ahadpour Shal, A., Jafari, A. Study of Structural and Magnetic Properties of Superparamagnetic Fe₃O₄-ZnO Core-Shell Nanoparticles. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, lugar, v. 27, n. 1, p. 1531–1538, 2014.

Akinyele, J. O.; salim, R. W.; Oikelome, O. K.; Olateju, O. T. The Use of Rice Husk Ash as a Stabilizing Agent in Lateritic Clay Soil. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, lugar, v. 9, n. 11, p. 1418-1422, 2015.

Arefi, M. R.; Rezaei-Zarchi, S. Synthesis of zinc oxide nanoparticles and their effect on the compressive strength and setting time of self-compacted concrete paste as cementitious composites. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n.4, p.4340-4350, 2012.

Cullity, B. D. **Elements of X-ray Diffraction**. 1978.

Da Silva, F. A. Development of Magnetic Nanoparticles for application in Biotechnology. **Master thesis**. Federal University of Pelotas, RS, Brazil, p. 19-72, 2016.

Da Rosa, M. P. Igansi, A. V.; Lütke, S. F.; Junior, T. R. S. C.; Do Santos, A. C. R.; Inacio, A. P. O. L.; Pinto, L. A. A.; Beck, P. H.. A new approach to convert rice husk waste in a quick and efficient adsorbent to remove cationic dye from water. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 6, p. 103504-103510, 2019.

Fang, W.; Chen, X.; Zheng, N. Superparamagnetic core-shell polymer particles for efficient purification of his-tagged proteins. **Journal of Materials Chemistry**, v. 20, n. 39, p. 8624-8630, 2010.

Fert, A. Nobel Lecture: Origin, development, and future of spintronics. **Reviews of Modern Physics**, lugar, v. 80, n. 4, p. 1517-1530, 2008.

Gubin, S. P.; Koksharov, Y. A.; Khomutov, G.B.; Yurkov, G. Y. Magnetic nanoparticles: preparation, structure and properties. **Russian Chemical Reviews**, v. 74, n. 6, p. 489-520, 2005.

Gupta, S.; Sharma, S. K.; Pradhan, D.; Tai, N.-H. Ultra-light 3D reduced graphene oxide aerogels decorated with cobalt ferrite and zinc oxide perform excellent electromagnetic interference shielding effectiveness. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 123, n.1, p. 232-241, 2019.

Janotti, A.; Van de Walle, C. G. Oxygen vacancies in ZnO. **Applied Physics Letters**, lugar, v. 87, n. 12, p. 1-3, 2005.

Jioty, A.; Singh, R. K.; Kumar, N.; Aman, A. K. Kar, M. Synthesis and Properties of Amorphous Nanosilica from Rice Husk and its composites. **Materials Science and Engineering B- advanced Functional Solid-state Materials**, v. 263, n.1, p. 114871-114877, 2021.

Kozakova, Z.; Kuritka, I.; Kazantseva, N. E.; Babayan, V.; Pastorek, M.; Machovsky, M.; Bazant, P.; Saha, P. The formation mechanism of iron oxide nanoparticles within the microwave-assisted solvothermal synthesis and its correlation with the structural and magnetic properties. **Dalton Transactions**, v. 44, n. 48, p. 21099-21108, 2015.

Patil, S. P.; Jagadale, S. A. Ferrites for electrocatalytic water splitting applications. **Micro and Nano Technologies – Spinel Ferrite Nanostructures for Energy Storage Devices**, p. 123-145, 2020. ISBN 9780128192375

Rakhshae, R.; Noorani, Y. Comparing three methods of simultaneous synthesis and stabilization of Fe_3O_4 nanoparticles: Changing physicochemical properties of products to improve kinetic and thermodynamic of dye adsorption. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 422, n.1, p. 128-140, 2017.

Rogers, D.; Hosseini Teherani, F. ZnO: From Transparent Conducting Oxide to Transparent Electronics. **Encyclopedia of Materials: Science and Technology**, p. 1-5, 2010. ISBN 9780080431529

Shen, Y.; Zhao, Q.; Li, X.; Zhang, D. Monodisperse $\text{Ca}_{0.15}\text{Fe}_{2.85}\text{O}_4$ microspheres: facile preparation, characterization, and optical properties. **Journal of Material Science**, v. 47, n.1, p. 3320-3326, 2012.

Shin, H.-S., Lee, B.-K. Agglomeration parameter, aggregation number, and aggregate porosity. **Journal of Materials Science**, v. 32, n. 18, p. 4803-4806, 1997.

Spiridonov, V. V.; Panova, I. G.; Makarova, L. A.; Afanasov, M. I.; Zezin, S. B.; Sybachin, A. V.; Yaroslavov, A. A. The one-step synthesis of polymer-based magnetic $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ /carboxymethyl cellulose nanocomposites. **Carbohydrate Polymers**, v. 177, n. 1, p. 269-274, 2017.

Tian, L.-F.; Hu, Y.-Z.; Guo, Y.-R.; Pan, Q.-J. Dual effect of lignin amine on fabrication of magnetic $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C}/\text{ZnO}$ nanocomposite in situ and photocatalytic property. **Ceramics International**, v. 44, n. 12, p. 14480-14486, 2018.

Wang, Z. Zhang, H.; Zhang, L.; Yuan, J.; Yan, S.; Wang, C. Low-temperature synthesis of ZnO nanoparticles by solid-state pyrolytic reaction. **Nanotechnology**, v.14, n.1, p.11-15, 2003

Wang, S.; Gao, X.; Yang, J.; Zhu, Z.; Zhang, H.; Wang, Y. Synthesis and gas sensor application of $\text{ZnFe}_2\text{O}_4\text{-ZnO}$ composite hollow microspheres. **RSC Advances**, v. 4, n. 101, p. 57967-57974, 2014.

Wolf, S. A.; Awchalom, D. D.; Buhrman, R. A.; Daughton, J. M.; von Molnár, S.; Roukes, M. L.; Chitkhanova, A. Y.; Treger, D. M. Spintronics: A Spin-Based Electronics Vision for the Future. **Science**, v. 294, n. 5546, p. 1488-1495, 2001.

Xiong, G.; Pal, U.; Serrano, J. G.; Ucer, K. B.; Williams, R. T. Photoluminescence and FTIR study of ZnO nanoparticles: the impurity and defect perspective. **Physica Status Solidi**, v. 3, n. 10, p. 3577-3581, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes químicos 13
Analgésico 4
Ansiedade 6, 7, 9
Antiasmáticos 4
Antifúngica 1, 2
Anti-inflamatório 4, 8, 9
Antimicrobiano 4
Antioxidantes 4, 9
Aromatizantes 6
Azul Ácido 74 22
Azul Brilhante de Rimazol 22
Azul de Bromotimol 22
Azul de Metileno 22
Azure B 21, 22, 25, 29, 30, 32

B

Band gap 75
Bioacumulación 36
Biomarcadores 82, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 93, 94
Black Reativo 5 22

C

Camomila 6, 7, 8, 9, 10
Casca de arroz 21, 22, 23, 26, 32, 74, 76, 77
Catalisador 61, 65, 66, 67, 70, 71, 72
Cicatrizante 4
Cloruro 35, 44, 46, 51
Combustão 61, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 72
Companhia de Tecnologia e Saneamento Básico - CETESB 61
Compostos fenólicos 4, 9
Compostos Orgânicos Voláteis - COVs 62, 85
Compostos xenobióticos 22

Contaminantes 35, 56, 106
Corantes têxteis 21
Coronavírus 12, 13, 14, 19, 20
Covid-19 12, 14, 19

D

Difratogramas de Raios-X - DRX 63

E

Ecosistema aquático 22
Efeitos biológicos 1, 6
Efluentes 21, 106
Enzima 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
Estrutura perovskita 62

F

Fármacos 3
Flavonóides 4, 8, 9
Fotoacústica 82, 83, 84, 89, 90, 91, 92, 93, 96

H

Hierro 35, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 56, 57, 58, 59, 60
Higiene 12, 13, 14, 20
Hymenaea courbaril 1, 2, 4, 5

I

Insônia 6, 7

L

Lacase 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32

M

Materiais particulados 61
Matricaria recutita 6, 7, 8, 9, 10
Meio ambiente 10, 62, 72, 73
Microbiota 13, 87
Micro-ondas 74, 75, 76, 79

N

Nanocompósitos 79

Nanopartículas 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 79

O

Organização Mundial de Saúde - OMS 2, 7, 84, 96

Oxidação 21, 24, 27

P

Patogênicos 82, 83

Plantas medicinais 1, 2, 5, 7, 10

Poluentes 61, 62, 72, 76, 86

Poluição atmosférica 61

Processos oxidativos 22, 106

Produto artesanal 16

Propriedades terapêuticas 1, 6, 8

R

Remédios 4

Resíduos agroindustriais 22

S

Sabão 11, 12, 13, 14, 19

Sabonete 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19

Saúde humana 62, 72

Semicondutores 75, 91

Solvoterma 74, 76

Superparamagnético 74, 79

V

Verde Malaquita 21, 22, 25, 26, 29, 30, 31, 32



Química:

Desvendando propriedades e comportamentos da matéria

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Química:

Desvendando propriedades e comportamentos da matéria

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br