

ATUALIZAÇÕES EM PROMOÇÃO DA SAÚDE 2



ORGANIZADORES

AVELAR ALVES DA SILVA

LENNARA PEREIRA MOTA

PAULO SÉRGIO DA PAZ SILVA FILHO



ATUALIZAÇÕES EM PROMOÇÃO DA SAÚDE 2



ORGANIZADORES

AVELAR ALVES DA SILVA
LENNARA PEREIRA MOTA
PAULO SÉRGIO DA PAZ SILVA FILHO





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 do SCISAUDE. 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.



LICENÇA CREATIVE COMMONS

A editora detém os direitos autorais pela edição e projeto gráfico. Os autores detêm os direitos autorais dos seus respectivos textos. ATUALIZAÇÕES EM PROMOÇÃO DA SAÚDE 2 de [SCISAUDE](#) está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional](#). (CC BY-NC-ND 4.0). Baseado no trabalho disponível em <https://www.scisaude.com.br/catalogo/atualizacoes-em-promocao-da-saude-2/75>

2025 by SCISAUDE

Copyright © SCISAUDE

Copyright do texto © 2025 Os autores

Copyright da edição © 2025 SCISAUDE

Direitos para esta edição cedidos ao SCISAUDE pelos autores.

Open access publication by SCISAUDE



ATUALIZAÇÕES EM PROMOÇÃO DA SAÚDE 2

ORGANIZADORES

Dr. Avelar Alves da Silva

<http://lattes.cnpq.br/8204485246366026>

<https://orcid.org/0000-0002-4588-0334>

Me. Paulo Sérgio da Paz Silva Filho

<http://lattes.cnpq.br/5039801666901284>

<https://orcid.org/0000-0003-4104-6550>

Esp. Lennara Pereira Mota

<http://lattes.cnpq.br/3620937158064990>

<https://orcid.org/0000-0002-2629-6634>

Editor chefe

Paulo Sérgio da Paz Silva Filho

Projeto gráfico

Lennara Pereira Mota

Diagramação:

Paulo Sérgio da Paz Silva Filho

Lennara Pereira Mota

Revisão:

Os Autores



Conselho Editorial

Ana Flavia de Oliveira Ribeiro	Elane da Silva Barbosa	Juliane Maguetas Colombo Pazzanese
Ana Florise Morais Oliveira	Francine Castro Oliveira	Júlia Maria do Nascimento Silva
André de Lima Aires	Giovanna Carvalho Sousa Silva	Kaline Malu Gerônimo Silva dos Santos
Angélica de Fatima Borges Fernandes	Heloísa Helena Figuerêdo Alves	Laíza Helena Viana
Camila Tuane de Medeiros	Jamile Xavier de Oliveira	Leandra Caline dos Santos
Camilla Thaís Duarte Brasileiro	Jean Carlos Leal Carvalho De Melo Filho	Lenara Pereira Mota
Carla Fernanda Couto Rodrigues	João Paulo Lima Moreira	Luana Bastos Araújo
Daniela de Castro Barbosa Leonello	Juliana Britto Martins de Oliveira	Maria Isabel Soares Barros
Dayane Dayse de Melo Costa	Juliana de Paula Nascimento	Maria Luiza de Moura Rodrigues
Maria Vitalina Alves de Sousa	Raissa Escandusi Avramidis	Wesley Romário Dias Martins
Maryane Karolyne Buarque Vasconcelos	Renata Pereira da Silva	Wilianne da Silva Gomes
Paulo Sérgio da Paz Silva Filho	Sannya Paes Landim Brito Alves	Willame de Sousa Oliveira
Mayara Stefanie Sousa Oliveira	Suellen Aparecida Patricio Pereira	Naila Roberta Alves Rocha
Michelle Carvalho Almeida	Thamires da Silva Leal	Neusa Camilla Cavalcante Andrade Oliveira
Márcia Farsura de Oliveira		



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Atualizações em promoção da saúde 2 [livro eletrônico] / organização Avelar Alves da Silva, Paulo Sérgio da Paz Silva Filho, Lennara Pereira Mota. -- Teresina, PI : SCISAUDE, 2025. PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85376-61-7

1. Promoção da saúde 2. Saúde - Brasil 3. Saúde pública 4. Sistema Único de Saúde (Brasil) I. Silva, Avelar Alves da. II. Silva Filho, Paulo Sérgio da Paz. III. Mota, Lennara Pereira.

25-251718

CDD-613

Índices para catálogo sistemático:

1. Saúde : Promoção da saúde : Ciências médicas 613

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415



10.56161/sci.ed.20250217



978-65-85376-61-7



SCISAUDE
Teresina – PI – Brasil
scienceesaude@hotmail.com
www.scisaude.com.br



APRESENTAÇÃO

A promoção da saúde é um pilar essencial para a construção de sociedades mais saudáveis e resilientes. Com o avanço das pesquisas e a necessidade de abordagens cada vez mais integradas e interdisciplinares, "**Atualizações em Promoção da Saúde 2**" surge como uma obra fundamental para profissionais, pesquisadores e estudantes que desejam aprofundar seus conhecimentos sobre o tema.

Este livro reúne uma série de estudos atualizados, abordando estratégias inovadoras, políticas públicas, desafios contemporâneos e práticas bem-sucedidas na promoção da saúde. A diversidade dos temas tratados reflete a amplitude desse campo, explorando desde a atenção primária até a implementação de tecnologias na saúde, passando por programas de prevenção, educação em saúde e análise epidemiológica.

Com uma linguagem clara e fundamentação científica rigorosa, "**Atualizações em Promoção da Saúde 2**" é uma leitura indispensável para aqueles que buscam compreender as novas tendências e contribuir para a efetivação de ações voltadas ao bem-estar da população.

Este livro não apenas compartilha conhecimento, mas também incentiva a reflexão crítica e a aplicação de estratégias baseadas em evidências para um futuro mais saudável e sustentável.

Boa Leitura!!!



CAPÍTULO 1.....	9
ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM BASEADA NA TEORIA DO AUTOCUIDADO PARA PACIENTES COM EPIDERMÓLISE BOLHOSA	9
10.56161/sci.ed.20250217C1.....	9
CAPÍTULO 2.....	17
AVALIAÇÃO CLÍNICA E FARMACOTERAPÊUTICA EM ESCLEROSE MÚLTIPLA: ESTUDO DE CASO EM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO	17
10.56161/sci.ed.20250217C2.....	17
CAPÍTULO 3.....	27
BIOTECNOLOGIA E BIOFORTIFICAÇÃO: SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA COMBATER A DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL GLOBAL.....	27
10.56161/sci.ed.20250217C3.....	27
CAPÍTULO 4.....	36
EDUCAÇÃO EM SAÚDE E EDUCAÇÃO PERMANENTE EM SAÚDE: ESTRATÉGIAS PARA FORTALECIMENTO DO SUS	36
10.56161/sci.ed.20250217C4.....	36
CAPÍTULO 5.....	49
SAÚDE SEXUAL NA ADOLESCÊNCIA: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS NA PREVENÇÃO DAS ISTs E DO HIV/AIDS.....	49
10.56161/sci.ed.20250217C5.....	49
CAPÍTULO 6.....	63
LEVANTAMENTO DOS CASOS DE LEUCEMIA NO BRASIL: EPIDEMIOLOGIA, DIAGNOSTICO E TRATAMENTO	63
10.56161/sci.ed.20250217C6.....	63
CAPÍTULO 7.....	83
EFEITOS COLATERAIS ASSOCIADOS AO USO DE ANTICONCEPCIONAIS: UMA ANÁLISE DOS RISCOS NA SAÚDE FEMININA	83
10.56161/sci.ed.20250217C7.....	83
CAPÍTULO 8.....	97
ENVELHECIMENTO EM SITUAÇÃO DE RUA: DESAFIOS BIOPSISSOCIAIS E IMPACTOS NA SAÚDE DE IDOSOS EM VULNERABILIDADE	97
10.56161/sci.ed.20250217C8.....	97
CAPÍTULO 9.....	107
NO ENSINO SUPERIOR: REPERCUSSÕES NA SAÚDE MENTAL E NA FORMAÇÃO ACADÊMICA.....	107
10.56161/sci.ed.20250217C9.....	107
CAPÍTULO 10.....	116



IMPACTOS EPIDEMIOLÓGICOS DE DESASTRES NATURAIS HÍDRICOS NA SAÚDE PÚBLICA	116
10.56161/sci.ed.20250217C10.....	116
CAPÍTULO 11.....	128
USO DE PLANTAS MEDICINAIS NO TRATAMENTO DE INFECÇÕES DO TRATO URINÁRIO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA.....	128
10.56161/sci.ed.20250217C11.....	129
CAPÍTULO 12.....	141
VIOLÊNCIA OBSTÉTRICA E SAÚDE DA MULHER: RISCOS, PROTEÇÃO E REPERCUSSÕES FÍSICAS E MENTAIS	141
10.56161/sci.ed.20250217C12.....	141
CAPÍTULO 13.....	150
POTENCIAL BIOINSETICIDA GÊNERO <i>Eugenia</i> L. (MYRTACEAE) FRENTE A <i>Aedes aegypti</i> (DIPTERA: CULICIDAE): UMA REVISÃO	150
10.56161/sci.ed.20250217C13.....	150
CAPÍTULO 14.....	161
ANÁLISE <i>IN SILICO</i> DO POTENCIAL ANTI-SARS-COV-2 DOS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE AROEIRA (<i>Myracrodruon urundeuva</i>)	161
10.56161/sci.ed.20250217C14.....	161
CAPÍTULO 15.....	170
ASSOCIAÇÃO ENTRE A SÍNDROME METABÓLICA E A DOENÇA DE ALZHEIMER.....	170
10.56161/sci.ed.20250217C15.....	170
CAPÍTULO 16.....	180
CARACTERÍSTICAS DO DIABETES MELLITUS GESTACIONAL: UMA REVISÃO DO DIAGNÓSTICO AO TRATAMENTO.....	180
10.56161/sci.ed.20250217C16.....	180
CAPÍTULO 17.....	193
FUNGOS CONTRA O CÂNCER: EXPLORANDO NOVAS ALTERNATIVAS TERAPÊUTICAS PARA O CÂNCER DE MAMA	193
10.56161/sci.ed.20250217C17.....	193
CAPÍTULO 18.....	206
AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO DE ENFERMAGEM EM CASOS DE ABUSO INFANTIL	206
10.56161/sci.ed.20250217C18.....	206
CAPÍTULO 19.....	216
GARANTINDO A SEGURANÇA NAS AULAS DE EDUCAÇÃO FÍSICA: A IMPORTÂNCIA DOS PRIMEIROS SOCORROS	216
10.56161/sci.ed.20250217C19.....	216



CAPÍTULO 20.....	226
RISCO DE DEPRESSÃO PÓS-PARTO EM MÃES DE PREMATUROS EM UTIN: UMA REVISÃO DE ESCOPO	226
10.56161/sci.ed.20250217C20.....	226
CAPÍTULO 21.....	242
O PAPEL DA FAMÍLIA E DO MEIO SOCIAL NA ADESÃO À POLIQUIMIOTERAPIA – REVISÃO INTEGRATIVA	242
10.56161/sci.ed.20250217C21.....	242
CAPÍTULO 22.....	253
PHOTOVOICE: RELATO DE EXPERIÊNCIA NO USO DO MÉTODO COM MÃES ADOLESCENTES DE PREMATUROS	253
10.56161/sci.ed.20250217C22.....	253
CAPÍTULO 23.....	266
ESTRATÉGIA DE TRATAMENTO DO SOBREPESO E OBESIDADE NA APS: EXPÊRIÊNCIA DE SAÚDE EM BRASILEIA-AC	266
10.56161/sci.ed.20250217C23.....	266
CAPÍTULO 24.....	275
PREVENÇÃO E ATUALIZAÇÃO: UTILIZAÇÃO DE CÁLCIO POR GESTANTE	275
10.56161/sci.ed.20250217C24.....	275
CAPÍTULO 25.....	282
ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE AÇÕES PARA A PREVENÇÃO DO USO RECREATIVO DE MACONHA NO BRASIL.....	282
10.56161/sci.ed.20250217C25.....	282
CAPÍTULO 26.....	296
A PRÁTICA DO ENFERMEIRO NA INSERÇÃO E MANUTENÇÃO DO PICC EM PEDIATRIA: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS ASSISTENCIAIS	296
10.56161/sci.ed.20250217C26.....	296
CAPÍTULO 27.....	308
AVALIAÇÃO TÓXICA, CITOTÓXICA, MUTAGÊNICA E OXIDANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DE <i>Eucalyptus grandis</i>	308
10.56161/sci.ed.20250217C27.....	308
CAPÍTULO 28.....	323
ESTUDO DO POTENCIAL TÓXICO, CITOTÓXICO E MUTAGÊNICO DO PICOLINATO DE CROMO EM MODELO <i>Allium cepa</i> E <i>Artemia Salina</i>.....	323
CAPÍTULO 29.....	336
AVALIAÇÃO MUTAGÊNICA RELACIONADA AO USO DE APARELHOS ORTODÔNTICOS EM CÉLULAS DA MUCOSA ORAL	336
10.56161/sci.ed.20250217C29.....	336
CAPÍTULO 30.....	349



CONHECIMENTO DISCENTE SOBRE CÂNCER DE MAMA NO ENSINO MÉDIO	349
10.56161/sci.ed.20250217C30.....	349
CAPÍTULO 31	362
HCOR: TELEMEDICINA COMO PRECURSOR DE AGILIDADE NA ASSISTÊNCIA DE URGÊNCIAS E EMERGÊNCIAS	362
10.56161/sci.ed.20250217C31.....	362
CAPÍTULO 32	369
ESTRATÉGIAS PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO RECORRENTE	369
10.56161/sci.ed.20250217C32.....	369
CAPÍTULO 33	376
CUIDADOS PALIATIVOS NA PROMOÇÃO DA SAÚDE	376
10.56161/sci.ed.20250217C33.....	376
CAPÍTULO 34	385
AVALIAÇÃO DA DOR NO PÓS-OPERATÓRIO IMEDIATO: USO DO QUESTIONÁRIO MCGILL	385
10.56161/sci.ed.20250217C34.....	385
CAPÍTULO 35	396
ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA SÍNDROME METABÓLICA	396
10.56161/sci.ed.20250217C35.....	396
CAPÍTULO 36	407
POLIFARMÁCIA, ADESÃO E CONHECIMENTO DO TRATAMENTO MEDICAMENTOSO EM IDOSOS COM DOENÇA DE PARKINSON	407
10.56161/sci.ed.20250217C36.....	407
CAPÍTULO 37	421
ZIF-8 COMO NANOCARREADOR DE ANTIMÔNIO: ESTUDO DE SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO	421
10.56161/sci.ed.20250217C37.....	421
CAPÍTULO 38	432
PAPEL DO ENFERMEIRO DESPORTISTA: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA	432
10.56161/sci.ed.20250217C38.....	432



CAPÍTULO 37

ZIF-8 COMO NANOCARREADOR DE ANTIMÔNIO: ESTUDO DE SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO

ZIF-8 AS ANTIMONY NANOCARRIER: SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION
STUDY

 10.56161/sci.ed.20250217C37

KALLYNE LIMA DE CARVALHO
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3043-1242>

JÚLIA FERNANDA DA COSTA ARAÚJO
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0792-1238>

SEVERINO ALVES JÚNIOR
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8092-4224>

RODRIGO DA SILVA VIANA
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1329-6958>

CAMILA BRAGA DORNELAS
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2268-2650>

RESUMO

As Estruturas Metal-Orgânicas (MOFs) são materiais porosos formados pela coordenação entre íons metálicos e ligantes orgânicos, destacando-se pelo potencial em sistemas de liberação controlada de substâncias ativas. Dentre essas estruturas, o ZIF-8 (Estrutura Zeolítica de Imidazolato-8) tem recebido atenção devido à sua elevada estabilidade térmica, biocompatibilidade e porosidade. Este estudo teve como objetivo sintetizar o ZIF-8 e aplicá-lo como nanocarreador para o composto antimônio, derivado do hexahidroxoantimoniato pentavalente de potássio ($\text{KSb}(\text{OH})_6$), visando avaliar sua capacidade de incorporação e manutenção estrutural. A síntese foi realizada em temperatura ambiente, e o material obtido foi caracterizado por difração de raios X (DRX), espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise elementar



por EDX, termogravimetria (TGA) e espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos (HG-AFS). O carregamento do antimônio (Sb) no ZIF-8 foi conduzido por duas rotas: aquecimento e adsorção, utilizando a mistura física como grupo controle. No carregamento selecionado, os resultados indicaram que a estrutura cristalina e a morfologia do ZIF-8 foram preservadas após o processo de incorporação, e as análises confirmaram a presença de Sb. Assim, o ZIF-8 demonstrou propriedades físico-químicas adequadas para aplicações biomédicas, configurando-se como uma plataforma promissora para sistemas de liberação controlada de compostos terapêuticos.

PALAVRAS-CHAVE: Antimônio; Biomédicas; Controlada; Biocompatibilidade.

ABSTRACT

Metal–Organic Frameworks (MOFs) are porous materials formed by the coordination between metal ions and organic ligands, standing out for their potential in controlled release systems of active substances. Among these structures, ZIF-8 (Zeolitic Imidazolate Framework-8) has gained attention due to its high thermal stability, biocompatibility, and porosity. This study aimed to synthesize ZIF-8 and apply it as a nanocarrier for an antimony compound derived from potassium hexahydroxyantimonate ($\text{KSb}(\text{OH})_6$), in order to evaluate its incorporation capacity and structural stability. The synthesis was carried out at room temperature, and the obtained material was characterized by X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), elemental analysis by EDX, thermogravimetric analysis (TGA), and hydride generation atomic fluorescence spectrometry (HG-AFS). Antimony (Sb) loading into ZIF-8 was performed through two routes: heating and adsorption, using a physical mixture as the control group. In the selected loading method, results indicated that the crystalline structure and morphology of ZIF-8 were preserved after the incorporation process, and analyses confirmed the presence of Sb. Therefore, ZIF-8 exhibited suitable physicochemical properties for biomedical applications, establishing itself as a promising platform for controlled release systems of therapeutic compounds.

KEYWORDS: Antimony; Biomedical; Controlled; Biocompatibility.

1. INTRODUÇÃO

Os *Metal-Organic Frameworks* (MOFs) têm ganhado destaque como sistemas versáteis de liberação controlada de moléculas bioativas, sendo o *Zeolitic Imidazolate Framework-8* (ZIF-8) um dos representantes mais promissores dessa classe (Li et al., 2023). O ZIF-8 é um polímero de coordenação constituído pela ligação coordenada entre íons zinco (Zn^{2+}) e o ligante orgânico 2-metilimidazol, formando uma estrutura tridimensional altamente porosa e quimicamente estável. Essa organização confere ao material características ideais para aplicações biomédicas, como elevada área superficial, estabilidade térmica e notável biocompatibilidade (Ma e Zhang, 2020).

À luz dessas propriedades, o ZIF-8 tem sido amplamente explorado como veículo de liberação para diferentes classes de substâncias (Li et al., 2024). Neste estudo, a substância ativa incorporada ao ZIF-8 é o antimônio (Sb), proveniente do composto antimonial



hexahidroxoantimoniato(V) de potássio ($\text{KSb}(\text{OH})_6$). Pesquisas recentes indicam que o ZIF-8 permite o encapsulamento eficiente de compostos bioativos, com liberação controlada modulada por estímulos internos, como o pH ácido presente em microambientes patológicos (Wang et al., 2025). Além disso, sua estrutura do tipo sodalita (SOD), de simetria cúbica e grupo espacial I-43m, contribui para a estabilidade e uniformidade da rede cristalina (Yu et al., 2022). Nesse contexto, o ZIF-8 apresenta-se como uma plataforma estratégica para o desenvolvimento de sistemas terapêuticos inovadores e eficazes.

O composto $\text{KSb}(\text{OH})_6$, por sua vez, é um sal de antimônio pentavalente reconhecido por sua alta pureza e perfil farmacológico mais seguro (Frézard et al., 2009). A presença de Sb^{5+} , considerada menos tóxica que Sb^{3+} , torna o $\text{KSb}(\text{OH})_6$ uma alternativa promissora na formulação de produtos com maior índice terapêutico (Kato et al., 2014). O antimônio tem importância histórica no tratamento de doenças parasitárias, embora sua toxicidade ainda seja um desafio clínico, podendo causar pneumoconiose, lesões gastrointestinais, alterações cardíacas, pancreatite e distúrbios imunológicos (Cooper e Harrison, 2009).

Diante desse cenário, a incorporação do antimônio em nanocarreadores como o ZIF-8 surge como uma estratégia promissora para reduzir os efeitos colaterais sistêmicos. Esses sistemas permitem encapsular o composto ativo e protegê-lo de interações prematuras com tecidos saudáveis, direcionando sua liberação de forma mais eficiente ao órgão-alvo. Assim, a toxicidade é reduzida durante o trajeto no organismo e a liberação ocorre de maneira localizada, apenas no sítio terapêutico, onde sua ação é necessária.

O Sb^{5+} proveniente do $\text{KSb}(\text{OH})_6$ representa uma opção viável para uso em sistemas de liberação controlada baseados em ZIF-8, capazes de aprimorar a estabilidade, o direcionamento terapêutico e o desempenho da formulação (Frézard et al., 2009). A veiculação controlada do antimoníato por nanocarreadores pode diminuir os efeitos sistêmicos adversos, otimizar a biodisponibilidade e potencializar a eficácia clínica do tratamento (Da Silva Nascimento et al., 2020).

Nesse sentido, torna-se essencial desenvolver estratégias que reduzam a toxicidade e aumentem a eficácia de terapias voltadas a doenças parasitárias negligenciadas (Periferakis et al., 2022). Assim, o uso do ZIF-8 como sistema de liberação controlada de Sb^{5+} configura uma abordagem promissora, capaz de direcionar a substância ativa ao local da infecção, reduzir efeitos adversos sistêmicos e aumentar a eficácia terapêutica, minimizando os picos de concentração plasmática responsáveis pela toxicidade (Da Silva Nascimento et al., 2020)



2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é de natureza experimental e aplicada, desenvolvida com o objetivo de sintetizar e caracterizar o *Zeolitic Imidazolate Framework-8* (ZIF-8) como sistema potencial de liberação controlada de substância ativa contendo antimônio (Sb). Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), entre 2024 e 2025, contemplando as etapas de síntese, incorporação do composto antimônio e análises físico-químicas.

Os reagentes utilizados apresentaram pureza $\geq 98\%$, sem purificação prévia: 2-metilimidazol (Sigma-Aldrich), nitrato de zinco hexahidratado ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Êxodo Científica), álcool metílico P.A. (NEON) e hexahidroxoantimoniato(V) de potássio ($\text{KSb}(\text{OH})_6$, Aldrich Chemistry). Soluções analíticas de HCl, HNO_3 , H_2O_2 , NaBH_4 , NaOH, KI, ácido ascórbico e SnCl_2 foram preparadas em água ultrapura (Gehaka, $18,2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$), seguindo protocolo de descontaminação com HNO_3 10% (v/v) e enxágue em água ultrapura.

A síntese do ZIF-8 foi baseada no método de Cravillon et al. (2011), a partir da reação de 2-metilimidazol e $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em meio metanólico, sob agitação constante, repouso de 24 h e posterior lavagem e centrifugação. O material obtido foi seco e armazenado. Para o carregamento com antimônio, foram utilizadas três rotas: mistura física (ZIF-8-Sb PM), aquecimento (ZIF-8-Sb HT) e adsorção (ZIF-8-Sb ADS) que foi subdividida em 3 dias, 5 dias e 7 dias. A primeira consistiu na homogeneização de ZIF-8 e $\text{KSb}(\text{OH})_6$ em almofariz; a segunda, na dispersão aquosa dos reagentes sob agitação a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ até evaporação completa; e a terceira, na manutenção das suspensões sob agitação por 3, 5 e 7 dias, seguida de centrifugação e secagem natural (Silva et al., 2019).

As amostras foram caracterizadas por Difração de Raios X (DRX), utilizando difratômetro Shimadzu XRD-6000 ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, $\text{CuK}\alpha$), com cálculos de espaçamento interplanar via equação de Bragg e de tamanho de cristalito por Scherrer (Da Silva et al., 2022; Masai et al., 2012; Rodina et al., 2022). As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Nanosistemas Carreadores de Substâncias Ativas (TecNano/UFAL).

A Espectroscopia de Infravermelho (FTIR) foi conduzida em espectrômetro Shimadzu IR Prestige-21 ($4.000\text{--}500 \text{ cm}^{-1}$), na Central Analítica do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL (IQB/UFAL). As análises térmicas (TGA) foram realizadas no analisador Shimadzu TGA 60/60H (até $900 \text{ }^\circ\text{C}$, taxa $10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, atmosfera de ar sintético), no Laboratório de Terras Raras (BSTR/dQF/UFPE).

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), e o EDX em espectrômetro Shimadzu EDX-7000, ambos utilizados para caracterização morfológica e composição

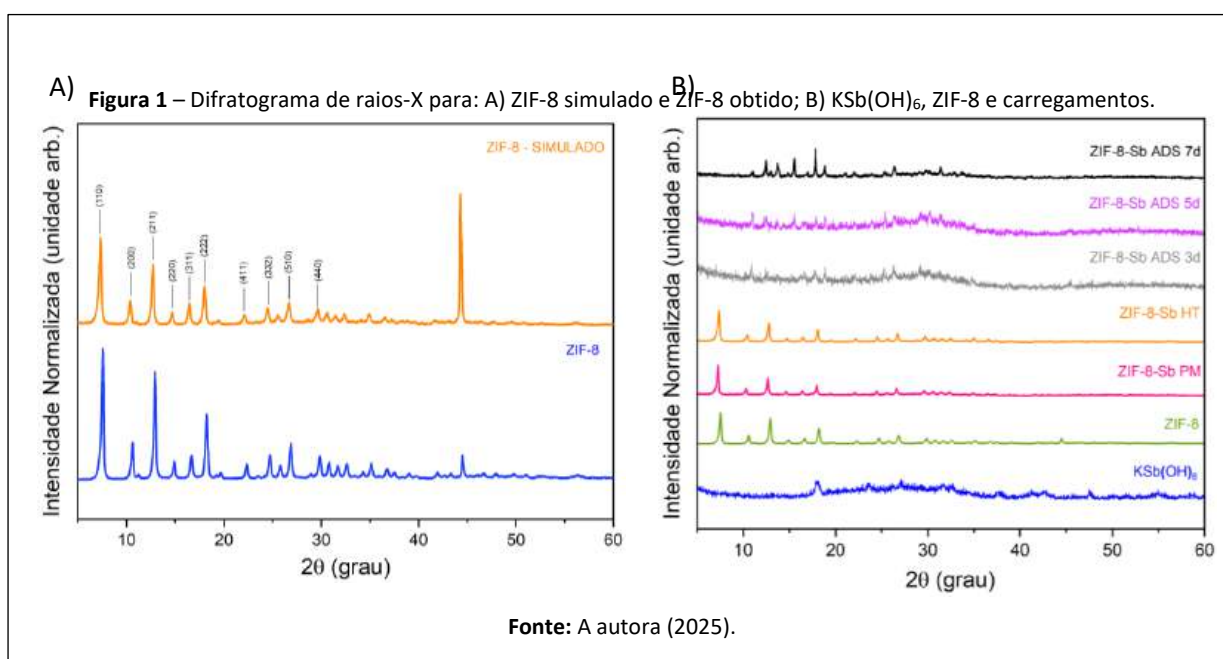


elementar. A determinação do Sb total foi realizada por Espectrometria de Fluorescência Atômica com Geração de Hidretos (HG-AFS), em parceria com o Laboratório de Instrumentação e Desenvolvimento em Química Analítica (Central Analítica/UFAL), empregando o modelo Millennium Excalibur (PS Analytical).

As análises envolveram digestão ácida assistida por micro-ondas (Milestone Ethos Lean), preparo de soluções redutoras ($\text{NaBH}_4/\text{NaOH}$) e pré-redutoras (KI/ácido ascórbico), e determinação de Sb(V) e Sb(III) conforme equação redox $\text{SbO}_4^{3-} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{SbO}_3^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ ($E^\circ = +0,69 \text{ V}$). Os dados obtidos foram tratados com o software OriginPro para cálculos estruturais e gráficos analíticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estrutural do ZIF-8, obtida por difração de raios X (DRX), confirmou a formação da estrutura cristalina característica do material, com picos de difração compatíveis com o padrão da literatura, ver Figura 1 (A autora, 2025), (Yin et al., 2021). O material apresentou topologia do tipo sodalita (SOD) e grupo espacial I43m (Hu et al., 2013), evidenciando alta cristalinidade e estabilidade estrutural.



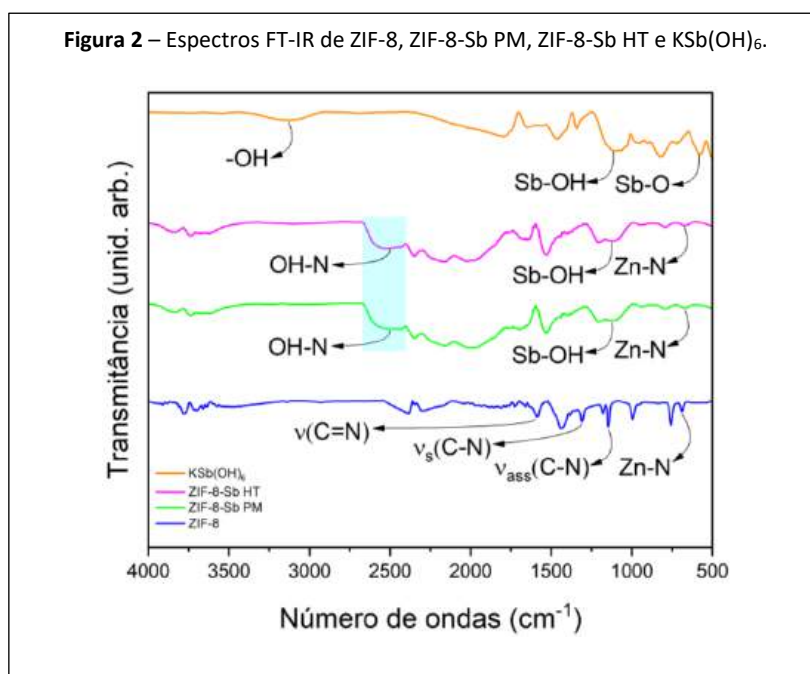
Após o carregamento com antimônio (Sb), as amostras obtidas por mistura física (ZIF-8-Sb PM) e aquecimento (ZIF-8-Sb HT) mantiveram o perfil cristalino do ZIF-8, enquanto as preparadas por adsorção perderam a ordenação. O método térmico mostrou-se mais eficiente, preservando a integridade da estrutura e indicando reorganizações internas que favoreceram a



incorporação do Sb. Entre os parâmetros obtidos, o ZIF-8 apresentou cristalinidade de 81% e cristallitos de 315 nm; o ZIF-8-Sb PM manteve valores próximos, e o ZIF-8-Sb HT mostrou leve redução da cristalinidade (77%) e tamanho médio de 297 nm, possivelmente devido a modificações induzidas pelo aquecimento.

A análise elementar por EDX confirmou a presença de Zn, K e Sb nas amostras modificadas, validando a incorporação do composto antimônio. As proporções obtidas demonstraram pequena variação entre os métodos: o ZIF-8-Sb PM apresentou 42,9% de Zn, 19,7% de K e 37,4% de Sb, enquanto o ZIF-8-Sb HT apresentou 43,6% de Zn, 18,9% de K e 37,5% de Sb. A ligeira redução de K na amostra aquecida sugere redistribuição estrutural e maior estabilidade térmica (Wang et al., 2020).

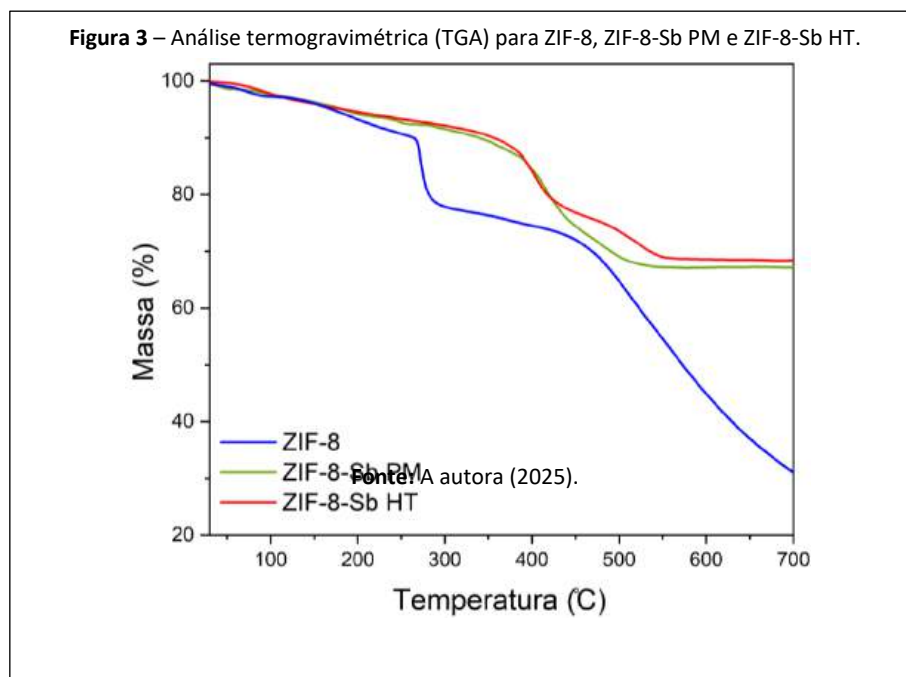
Os espectros de FTIR, ver Figura 2 (A autora, 2025), evidenciaram bandas típicas do ZIF-8, como o estiramento C–N em 1146 cm^{-1} , a vibração Zn–N em 423 cm^{-1} e a deformação C=N em 1585 cm^{-1} (Zhang et al., 2018). Nas amostras contendo Sb foram identificadas bandas correspondentes ao grupo Sb–OH (578 cm^{-1} e 1115 cm^{-1}) e à hidroxila em 3169 cm^{-1} , além de uma nova banda entre $2500\text{--}2400\text{ cm}^{-1}$, atribuída à ligação de hidrogênio O–H...N entre o KSb(OH)_6 e o 2-metilimidazol (Barczyński et al., 2011). Essas evidências confirmam a interação química entre o composto antimônio e o ZIF-8.



A análise termogravimétrica (TGA), ver Figura 3 (A autora, 2025), indicou que o ZIF-8 puro é estável até cerca de $350\text{ }^\circ\text{C}$, com decomposição gradual do ligante orgânico acima de



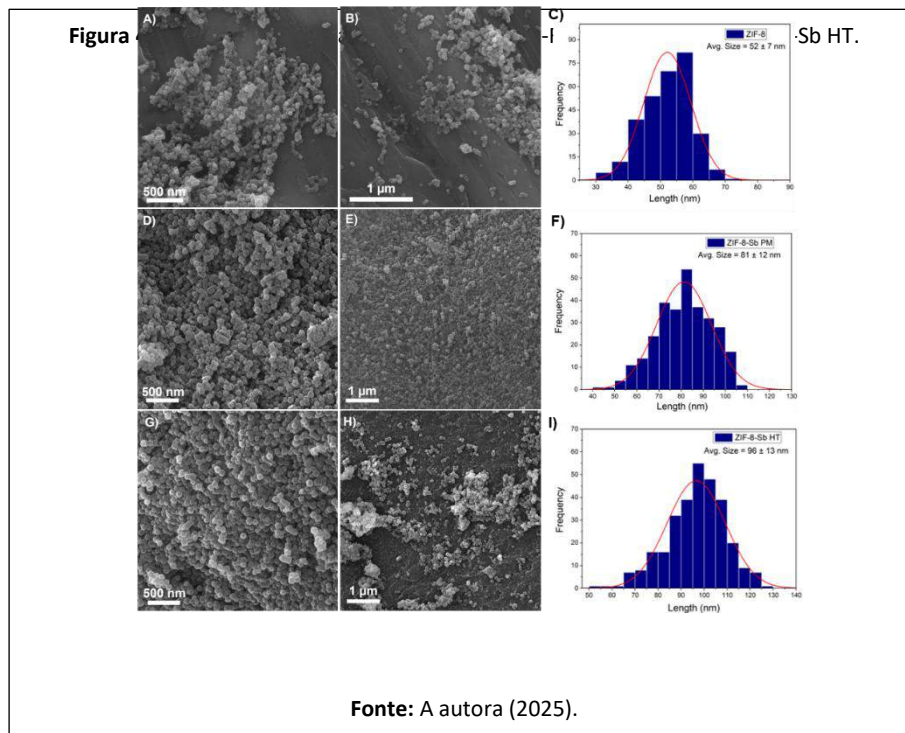
400 °C e formação de ZnO como produto final (Misran et al., 2018; Alowasheer et al., 2024). As amostras ZIF-8-Sb PM e ZIF-8-Sb HT apresentaram comportamento térmico semelhante, embora o material obtido por aquecimento tenha mantido maior resíduo final, evidenciando melhor estabilidade térmica e incorporação mais eficiente do Sb.



A quantificação do Sb foi realizada em 20mg total da amostra e foi notado valores médios de 3,30 mg para o sistema por mistura física e 2,89 mg para o obtido por aquecimento. Embora o primeiro apresente maior teor de Sb, o método térmico mostrou resultados mais homogêneos e reprodutíveis, sugerindo incorporação mais profunda e estável do antimônio nos poros do ZIF-8 (Xu et al., 2020).

As micrografias obtidas por MEV, ver Figura 4 (A autora, 2025), indicaram partículas com morfologia regular e tamanhos médios entre 50 e 80 nm, mantendo-se dentro da faixa ideal para aplicação em nanossistemas carreadores (Hong et al., 2023; Matsumura e Maeda, 1986).





Em síntese, os resultados demonstram que o ZIF-8 manteve sua integridade estrutural e térmica após a incorporação do composto $\text{KSb}(\text{OH})_6$, e que o método de aquecimento se destaca por promover maior uniformidade e estabilidade do sistema. Assim, o ZIF-8-Sb HT se mostra um nanocarreador promissor para aplicações em liberação controlada de compostos à base de antimônio.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi realizada a síntese e caracterização do material ZIF-8, pertencente à classe das Estruturas Metal-Orgânicas do tipo Zeolitic Imidazolate Frameworks, com o propósito de avaliar sua eficiência como nanocarreador para o composto antimônio contendo antimônio (Sb). O processo de incorporação da substância ativa foi conduzido por três rotas distintas — mistura física, aquecimento e adsorção — a fim de identificar o método mais adequado para preservar as propriedades estruturais do material.

A análise por difração de raios X (DRX) confirmou a formação e a estabilidade da estrutura cristalina do ZIF-8, indicando que o método de aquecimento manteve melhor a cristalinidade do material após o carregamento. Os espectros obtidos por FTIR revelaram bandas características das ligações metal-ligante (Zn–N), além de novas bandas associadas à

interação entre o grupo hidroxila do composto antimonial e o nitrogênio do 2-metilimidazol, confirmando a incorporação do Sb. A análise termogravimétrica (TGA) demonstrou que o material manteve elevada estabilidade térmica mesmo após o processo de carregamento.

As micrografias obtidas por MEV evidenciaram partículas com morfologia uniforme e tamanho dentro da faixa adequada para aplicações em sistemas nanométricos. A análise por EDX validaram a presença de Zn, N e Sb nas amostras modificadas, comprovando a incorporação efetiva do antimônio. A quantificação do teor de Sb reforçou a eficiência do método térmico, que apresentou resultados mais homogêneos e reprodutíveis.

Dessa forma, conclui-se que o ZIF-8 foi sintetizado com sucesso, preservando suas características estruturais e físico-químicas essenciais, e demonstrou potencial promissor como sistema de liberação controlada de compostos ativos. O carregamento eficiente do antimônio por meio do aquecimento confirma a aplicabilidade do ZIF-8 como nanocarreador funcional, abrindo perspectivas para futuras pesquisas voltadas ao desenvolvimento de formulações mais seguras e eficazes baseadas em estruturas metal-orgânicas (MOFs).

REFERÊNCIAS

ALOWASHEER, Azhar et al. Synthesis of millimeter-scale ZIF-8 single crystals and their reversible crystal structure changes. *Science and Technology of Advanced Materials*, v. 25, n. 1, p. 2292485, 2024.

BARCZYŃSKI, P. et al. OH...O and OH...N hydrogen bonds in the complex of DABCO mono-betaine with p-hydroxybenzoic acid studied by X-ray diffraction, DFT calculations and spectroscopic methods. *Journal of Molecular Structure*, v. 1000, n. 1–3, p. 127-134, 2011.

COOPER, Ross G.; HARRISON, Adrian P. The exposure to and health effects of antimony. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 13, n. 1, p. 3-10, 2009.

CRAVILLON, Janosch et al. Controlling zeolitic imidazolate framework nano- and microcrystal formation: insight into crystal growth by time-resolved in situ static light scattering. *Chemistry of Materials*, v. 23, n. 8, p. 2130-2141, 2011.

DA SILVA NASCIMENTO, D. D. S. et al. ZIF-8 as a Promising Drug Delivery System for Benzimidazole: Development, Characterization. *Vitro Dialysis Release and Cytotoxicity*. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 16815, 2020.

DA SILVA, Kleyton Ritomar Monteiro et al. Plate-like CDots/EuBDC nanocomposite for ratiometric luminescence thermometry. *Journal of Materials Chemistry C*, v. 10, n. 32, p. 11614-11624, 2022.

FRÉZARD, Frédéric; DEMICHELI, Cynthia; RIBEIRO, Raul R. Pentavalent antimonials: new perspectives for old drugs. *Molecules*, v. 14, n. 7, p. 2317-2336, 2009.



HONG, Liquan et al. Nanoparticle-based drug delivery systems targeting cancer cell surfaces. *RSC Advances*, v. 13, n. 31, p. 21365-21382, 2023.

HU, Yue et al. Evidence of pressure enhanced CO₂ storage in ZIF-8 probed by FTIR spectroscopy. *Journal of the American Chemical Society*, v. 135, n. 25, p. 9287-9290, 2013.

KATO, Kelly C. et al. Hepatotoxicity of pentavalent antimonial drug: possible role of residual Sb (III) and protective effect of ascorbic acid. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 58, n. 1, p. 481-488, 2014.

LI, Yahong et al. Drug-delivery nanoplatform with synergistic regulation of angiogenesis–osteogenesis coupling for promoting vascularized bone regeneration. *ACS Applied Materials & Interfaces*, v. 15, n. 14, p. 17543-17561, 2023.

LI, Zhixin et al. Zeolitic imidazolate framework-8: a versatile nanoplatform for tissue regeneration. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 12, p. 1386534, 2024.

MA, Aiqing; ZHANG, Rui. Facile synthesis of redox-responsive paclitaxel drug release platform using metal-organic frameworks (ZIF-8) for gastric cancer treatment. *Materials Research Express*, v. 7, n. 9, p. 095402, 2020.

MASAI, Hirokazu et al. Photoluminescent properties of Sb-doped phosphate glass. *Journal of the American Ceramic Society*, v. 95, n. 3, p. 862-865, 2012.

MATSUMURA, Yasuhiro; MAEDA, Hiroshi. A new concept for macromolecular therapeutics in cancer chemotherapy: mechanism of tumorotropic accumulation of proteins and the antitumor agent smancs. *Cancer Research*, v. 46, n. 12_Part_1, p. 6387-6392, 1986.

MISRAN, Halina et al. Room temperature synthesis and characterizations of ZIF-8 formation at water-fatty alcohols interface. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2018, p. 012046.

PERIFERAKIS, Argyrios et al. Availability, toxicology and medical significance of antimony. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 8, p. 4669, 2022.

RODINA, Anfisa A. et al. Layered Gadolinium-Europium-Terbium Hydroxides Sensitised with 4-Sulfobenzoate as All Solid-State Luminescent Thermometers. *Inorganics*, v. 10, n. 12, p. 233, 2022.

SILVA, J. Y. R. et al. MAG Filho, SA Junior, TA Soares and RL Longo. *Materials Science and Engineering C*, v. 102, p. 578-588, 2019.

WANG, Qiuxiang et al. Synthesis and modification of ZIF-8 and its application in drug delivery and tumor therapy. *RSC Advances*, v. 10, n. 62, p. 37600-37620, 2020.

WANG, Yuhan et al. Recent advances in zeolitic imidazolate frameworks as drug delivery systems for cancer therapy. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, p. 101017, 2025.



XU, Xinyu et al. Synthesis of surfactant-modified ZIF-8 with controllable microstructures and their drug loading and sustained release behaviour. *IET Nanobiotechnology*, v. 14, n. 7, p. 595-601, 2020.

YIN, Jiulong et al. Application of ZIF-67 as a crosslinker to prepare sulfonated polysulfone mixed-matrix membranes for enhanced water permeability and separation properties. *Water Science and Technology*, v. 84, n. 1, p. 144-158, 2021.

YU, Chanjong et al. ZIF-L to ZIF-8 transformation: morphology and structure controls. *Nanomaterials*, v. 12, n. 23, p. 4224, 2022.

ZHANG, Yongyong et al. Influence of the 2-methylimidazole/zinc nitrate hexahydrate molar ratio on the synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 crystals at room temperature. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, p. 9597, 2018.

