

The background features a blue-to-white gradient with faint molecular structures at the top. In the foreground, several test tubes are arranged in a row, and a pipette is shown dripping a drop of liquid into one of them.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022



O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



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

Gabriel Motomu Teshima

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-Não-Derivativos 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



O papel fundamental da química entre as ciências naturais

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais /
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 978-65-5983-950-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.506222202>

1. Química. 2. Ciências naturais. 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



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

O e-book: “O papel fundamental da química entre as ciências naturais” apresenta vinte e sete capítulos de livros que foram organizados em quatro temáticas: *i)* química e sociedade: em busca da ressignificação e contextualização do processo de ensino-aprendizagem; *ii)* química orgânica e de produtos naturais; *iii)* síntese, caracterização e avaliação de materiais nanoestruturados e *iv)* química e remediação ambiental.

O primeiro tema é constituído por doze capítulos que procuraram avaliar o processo de ressignificação e contextualização do ensino de química a partir: *i)* da percepção dos estudantes em relação ao consumo de água; *ii)* o ensino de química por meio de projetos; *iii)* a visão do aluno em relação ao processo de aprendizagem; *iv)* utilização de recursos tecnológicos e midiáticos como ferramentas facilitadoras no processo de aprendizagem; e *v)* utilização de materiais alternativos para a experimentação no ensino de química.

O segundo tema possui seis capítulos que procuraram avaliar o desempenho de novas substâncias químicas com inúmeras propriedades biológicas, entre as quais: a redução do número de larvas do mosquito *Aedes Aegypti*, bem como propriedades anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras de interesse biológica. O terceiro tema é constituído por três capítulos que investigaram a síntese de nanopartículas de polianilina para composição de tintas utilizadas na impressão e do mineral hidroxiapatita. Por fim, o último tema é composto por seis capítulos que investigaram a remediação ambiental que se utilizou de resíduos de biomassa para remoção de metais pesados, a síntese de nanopartículas de sílica para a remoção de Ba^{2+} em matrizes aquosas, remediação de efluente contaminado com cádmio e chumbo e a aplicação de diferentes Processos Oxidativos Avançados para remoção de contaminantes.

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, capítulos de livros e artigos que são disponibilizados de forma gratuita no site da Editora e em outras plataformas digitais.


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

QUÍMICA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOBRE O LIXO


Kalebe Pinheiro Ramos
Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Fabricia Oliveira da Silva
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222021>

CAPÍTULO 2..... 10

CARACTERIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NA CONCEPÇÃO DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA QUE DIFICULTAM O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO PROFISSIONAL DOCENTE


Graziele Borges de Oliveira Pena
Nyuara Araújo da Silva Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222022>

CAPÍTULO 3..... 34

A QUÍMICA E O USO CONSCIENTE DA ÁGUA: PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DE ESCOLA DA REDE PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA - MG


Luísa Resende Lobato de Almeida
Carlos Alexandre Vieira
Alexandre Fernando da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222023>

CAPÍTULO 4..... 42

CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS NO ENSINO DE QUÍMICA


Luiz Gabriel Araújo da Fonseca
Maria Fabiana Sousa Rosa
Ronilson Freitas de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222024>

CAPÍTULO 5..... 52

ENSINO DE QUÍMICA: INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE APRENDIZADO SEGUNDO A VISÃO DOS ALUNOS


Alan Stampini Benhame de Castro
Hauster Maximiler Campos de Paula
Cristiana Resende Marcelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222025>

CAPÍTULO 6..... 70

**CONSTRUÇÃO DE JOGOS LÚDICOS E BRINQUEDOS A PARTIR DE GARRAFAS PET'S:
UM PROJETO DE AÇÃO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE PARINTINS, AM**


Clailson Lopes dos Santos
Gabriela Rodrigues Conceição
Ivan Souza Tavares
Pedro Campelo de Assis Junior
Raymara Fonseca dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222026>

CAPÍTULO 7..... 80

CONSTRUÇÃO DE UM KIT ALTERNATIVO PARA TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE


Adriano Olímpio da Silva
Regiane Auzier Coelho
Valeria Lopes Amorim
Luciane Lasle Cordeiro da Silva
Rosângela da Silva Lopes
Aline Alves dos Santos Naujorks

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222027>

CAPÍTULO 8..... 89

**INSTRUMENTOS ALTERNATIVOS PARA AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA NO ENSINO
REMOTO**


Alcy Favacho Ribeiro
Anderson Rogério Beltrão Franco
Geane da Silva de Souza
Karla do Socorro Ramos Gatinho
Natasha de Jesus Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222028>

CAPÍTULO 9..... 100

**APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DE RADIOATIVIDADE E SUA INTERDISCIPLINARIDADE
ATRAVÉS DE UM JOGO LÚDICO NO ENSINO REMOTO**

Celine Eveli Teixeira de Barros
Yasmim dos Santos Barros
Alexsandro Sozar Martins
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte
Kelly das Graças Fernandes Dantas


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222029>

CAPÍTULO 10..... 107

**O USO DE MÁSCARAS COMO TEMA PARA AULA DE GASES E DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19**

Igor Andrade Ribeiro
Poliane Moreira Pereira
André Luigi Soares de Souza
Matheus Conceição Jacaúna

Rosenir Xavier Tavares
Jackson Guerreiro de Almeida
Crisquelen Guimarães de Souza
José Nilton Almeida da Silva Filho
Alex Izuka Zanelato
Ataiany dos Santos Veloso Marques

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220210>

CAPÍTULO 11..... 111

O ENSINO DE CHUVA ÁCIDA POR MEIO DE MÍDIAS DIGITAIS


Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Fabricia Oliveira da Silva
Kalebe Pinheiro Ramos
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220211>

CAPÍTULO 12..... 119

O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE JOGOS E SIMULADORES DIGITAIS

Fabricia Oliveira da Silva
Alice Pantoja Trindade
Brennda Monteiro Gama
Kalebe Pinheiro Ramos
Laura Cristina Ponte Moraes
Mateus de Jesus Silva Matos
Ruan Brandão Quintela
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos
Filipe dos Anjos Queiroz
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220212>

CAPÍTULO 13..... 126

DESENVOLVIMENTO DE UM CARBOIDRATO CONTENDO UMA UNIDADE ACEPTORA DE MICHAEL APLICADO NO COMBATE ÀS LARVAS DO MOSQUITO AEDES AEGYPTI


Herbert Igor Rodrigues de Medeiros
Rodrigo Ribeiro Alves Caiana
Rayane de Oliveira Silva
Jonh Anderson Macêdo Santos
Cláudia Laís Araújo Almeida Santos
Juliano Carlo Rufino de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220213>

CAPÍTULO 14..... 138

MOLECULAR INTERACTION PROFILES OF SOLIDAGENONE WITH INFLAMMATORY MARKERS


Simone Sacramento Valverde
Bruna Celeida Silva Santos
Temistocles Barroso de Oliveira
Orlando Vieira de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220214>

CAPÍTULO 15..... 146

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *Usnea steineri* FRENTE A FITOPATÓGENOS

Lucas Silva Cintra
Marcos Gomide Tozatti
Maria Anita Lemos Vasconcelos
Carlos Henrique Gomes Martins
Márcio Luis Andrade e Silva
Ana Helena Januário
Patricia Mendonça Pauletti
Wilson Roberto Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220215>

CAPÍTULO 16..... 160

USO DE PROCESSOS MULTICOMPONENTES NA SÍNTESE DE NOVOS PEPTOIDES DE INTERESSE BIOLÓGICO


Paulo Marcos Donate
Mike Gustavo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220216>

CAPÍTULO 17..... 172

REAÇÃO DE DEBUS-RADZISZEWSKI – RELEVANTE METODOLOGIA PARA A SÍNTESE DE 1,3-IMIDAZÓIS E 1,3-OXAZÓIS

Sidney Silva Simplicio
Victória Laysna dos Anjos Santos
Cristiane Costa Lima
Matheus Vieira Castro
Arlan de Assis Gonsalves
Cleônia Roberta Melo Araújo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220217>

CAPÍTULO 18..... 189

ATUAÇÃO DOS NEUROTRANSMISSORES NO COMBATE À ANSIEDADE NO CENÁRIO DA PANDEMIA

Wallyson Oliveira de Sousa
Danilo Batistuta da Silva Lopes
Alexsandro Sozar Martins
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220218>

CAPÍTULO 19..... 196

ANÁLISE DE FATORES QUE MELHORAM O ÍNDICE DE FLUIDEZ EM POLIPROPILENO

Juliano Antonio Frizzo

Andrei Goldbach

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220219>


CAPÍTULO 20..... 204

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE POLIANILINA PARA USO EM TINTAS DE IMPRESSÃO

Cristiane Krause Santin

Manuela Arend Prediger

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220220>


CAPÍTULO 21..... 211

AVALIAÇÃO DA ROTA DE SÍNTESE PARA OBTENÇÃO DE HIDROXIAPATITA NANOESTRUTURADA

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damião Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220221>


CAPÍTULO 22..... 218

MONITORAMENTO DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE PRODUZIDOS EM SERGIPE E COMERCIALIZADO NA CIDADE DE ARACAJU

Gislaine Santos Santana Leal

Adalberto Menezes Filho

Antônio Sérgio Oliveira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220222>

CAPÍTULO 23..... 228

REMOÇÃO DE METAL PESADO POR BIOMASSA OBTIDA A PARTIR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL

Helder Lopes Vasconcelos


Isamara Godoi

Divair Christ

Débora Danielle Virginio Silva

Maria das Graças Almeida Felipe

Luciane Sene

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220223>

CAPÍTULO 24..... 239

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SÍLICA


MESOPOROSA PARA REMOÇÃO DE Ba²⁺ DE MEIO AQUOSO

Daniel Walker Tondo

Caroline Mayara Meurer Reolon

Renata Mello Giona

Alessandro Bail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220224>

CAPÍTULO 25.....252

REMEDIAÇÃO DE EFLUENTE CONTAMINADO COM CÁDMIO E CHUMBO: UMA ABORDAGEM ECO AMIGÁVEL

Ana Lúcia Eufrazio Romão


Katiany do Vale Abreu

Dalila Maria Barbosa Davi

Maria Roniele Félix Oliveira

Carlos Emanuel Carvalho Magalhães


Carlucio Roberto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220225>

CAPÍTULO 26.....265

DETECÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO EMPREGANDO DIFERENTES PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA REMOÇÃO DOS FÁRMACOS GEMFIBROZIL, HIDROCLOROTIAZIDA E NAPROXENO EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220226>

CAPÍTULO 27.....280

PROCESSO FOTO-FENTON E FOTO-FENTON SOLAR: FUNDAMENTOS, APLICAÇÃO E PANORAMA CIENTÍFICO

Aline Aparecida Carvalho França

Carlos Ernando da Silva

Leonardo Madeira Martins

Ludyane Nascimento Costa

Gabriel e Silva Sales


Felipe Pereira da Silva Santos

Ana Karina Borges Costa

Kerlane Alves Fernandes

José Milton Elias de Matos

José Luiz Silva Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220227>

SOBRE O ORGANIZADOR.....295

ÍNDICE REMISSIVO.....296

DESENVOLVIMENTO DE UM CARBOIDRATO CONTENDO UMA UNIDADE ACCEPTORA DE MICHAEL APLICADO NO COMBATE ÀS LARVAS DO MOSQUITO *Aedes aegypti*

Data de aceite: 01/02/2022

Data de Submissão: 08/11/2021.

Herbert Igor Rodrigues de Medeiros

Universidade Federal da Paraíba,
João Pessoa-PB
<http://lattes.cnpq.br/1046723167683891>

Rodrigo Ribeiro Alves Caiana

Universidade Federal de Campina Grande,
Centro de Educação e Saúde,
Cuité -PB
<http://lattes.cnpq.br/2044550367458726>

Rayane de Oliveira Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife- PE
<http://lattes.cnpq.br/7091152951812117>

Jonh Anderson Macêdo Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco, Barreiros-PE
<http://lattes.cnpq.br/4352755253464410>

Cláudia Laís Araújo Almeida Santos

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Química Fundamental,
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/4352755253464410>

Juliano Carlo Rufino de Freitas

Universidade Federal de Campina Grande,
Centro de Educação e Saúde,
Cuité -PB
<http://lattes.cnpq.br/6552913556583647>

interesse em diversos segmentos científicos, principalmente na área da química sintética, que objetivam, através de modificações estruturais, potencializar uma atividade biológica ou descobrir um novo composto. Neste sentido, uma modificação que merece destaque é a introdução do grupo acceptor de Michael no combate às larvas do mosquito *Aedes aegypti*, vetor das principais arboviroses que vem mobilizando os órgãos públicos de saúde. Diante do exposto, a presente pesquisa visou a síntese do cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose, composto **5**, bem como avaliar suas propriedades larvicidas frente o *Aedes aegypti*. Assim, realizou-se diversas modificações na estrutura do 3,4,6-tri-*O*-acetil-D-glucal, a fim de obter o composto **5** com rendimento global após 73%, após três etapas de reação. As estruturas de todos os compostos foram confirmadas por técnicas espectroscópicas, comprovando o sucesso das metodologias empregadas, e posteriormente foram realizados os testes larvicidas frente as larvas no estágio L-4 do *Aedes aegypti*. O composto **5** mostrou-se inativo contra as larvas do *Aedes aegypti*, uma vez que sua CL₅₀ foi maior que 100 ppm, não apresentando toxicidade frente as mesmas. Com isso, é necessário o desenvolvimento de outros estudos que objetivem evidenciar e potencializar as possíveis atividades farmacológicas desta molécula e seus derivados, uma vez que os carboidratos desempenham papéis primordiais na luta contra diversas patologias.

PALAVRAS-CHAVE: Carboidratos, Aceptor de Michael, *Aedes aegypti*.

RESUMO: Os carboidratos despertam

DEVELOPMENT OF CARBOHYDRATES CONTAINING A MICHAEL ACCEPTING UNIT APPLIED IN THE FIGHT AGAINST MOSQUITO Aedes Aegypti LARVES

ABSTRACT: Carbohydrates arouse interest in several scientific segments, especially in the area of synthetic chemistry, which aim, through structural modifications, to enhance a biological activity or discover a new compound. Thus, a modification that deserves to be highlighted is the introduction of Michael's acceptor group in the fight against *Aedes aegypti* mosquito larvae, vector of the main arboviruses that have been mobilizing public health agencies. Given the above, this research aimed at the synthesis of cyclohexyl 2,3-dideoxy-2-eneopyranosid-4-ulose, compound **5**, as well as evaluating its larvicidal properties against *Aedes aegypti*. Thus, several modifications were carried out in the structure of 3,4,6-tri-O-acetyl-D-glucal, in order to obtain compound **5** with an overall yield after 73%, after three reaction steps. The structures of all compounds were confirmed by spectroscopic techniques, proving the success of the methodologies employed, and later larvicidal tests were carried out against the L-4 stage larvae of the *Aedes aegypti*. Compound **5** was shown to be inactive against *Aedes aegypti* larvae, as its LC_{50} was greater than 100 ppm, with no toxicity against them. Thus, it is necessary to develop other studies that aim to highlight and enhance the possible pharmacological activities of this molecule and its derivatives, since carbohydrates play key roles in the fight against various pathologies.

KEYWORDS: Carbohydrates, Michael's Acceptor, *Aedes aegypti*.

1 | INTRODUÇÃO

Os carboidratos são biomoléculas polifuncionais e pertencem ao grupo de compostos mais abundante encontrados na natureza (BANDERA, et al., 2014). Além de seu papel bem conhecido no metabolismo energético, participam de uma diversidade de eventos fisiológicos e biológicos, que vão desde o transporte e armazenamento de energia através da Adenosina Trifosfato (WU, et al., 2015;), até funções complexas de reconhecimento molecular realizada por glicoconjugados presentes na superfície celular (BONDUELLE; LECOMMANDOUX, 2013).

Estas biomoléculas estabelecem ligações de hidrogênio, característica que as tornam componentes cruciais para os sistemas biológicos, uma vez que regulam diversos processos bioquímicos, como a proliferação celular, diferenciação e resposta imunológica (DELBIANCO et al., 2016). Adicionalmente, elas desempenham importantes ações que, juntamente com as proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, proporcionam a integridade celular e uma homeostasia nos processos fisiológicos e genéticos dos organismos vivos (AGIRRE, et al., 2017; DELBIANCO et al., 2016). A literatura relata diversas atividades farmacológicas dos carboidratos, como: ação inseticida, antiprotozoária, anti-inflamatória, antineoplásica, antibiótica, antiviral, antitrombótica, dentre outras (NOGUEIRA, et al., 2009; ALMEIDA, 2015).

Devido a uma crescente valorização dos importantes papéis biológicos e do potencial terapêutico dos carboidratos, é justificável o amplo interesse da comunidade científica por

essas biomoléculas. Especificamente, o interesse dos químicos sintéticos pela química dos carboidratos está focado nas modificações estruturais destes compostos, visando simular as atividades biológicas previamente descritas, como consequência, os carboidratos têm sido submetidos a diferentes tipos de transformações (NIGUDKAR, DEEMCHENKO, 2015).

Visando contornar problemas de citotoxicidade, a introdução de grupamentos farmacofóricos para alcançar uma determinada ação farmacológica consiste numa importante estratégia de modificação estrutural, pois assim pode proporcionar uma diminuição da agressão à homeostasia. Diante disto, o essencial seria a realização de modificações em substâncias biocompatíveis nos sistemas biológicos (DELBIANCO et al., 2016).

Uma modificação que merece destaque é a incorporação de um fragmento molecular denominado de acceptor de Michael, ou seja, um grupo farmacofórico que apresenta a conjugação $-(C=C)_n-R$, onde R pode ser um carbonil, ciano, imina, imínio, sulfonila ou nitro (AHN; SOK, 1996; MATTOS; MARZORATI, 1999). Os aceptores de Michel mais conhecidos e importantes são as cetonas α,β -insaturadas, pois são uma das unidades farmacofóricas mais ativas contra diversas linhagens de células tumorais (KARPAVICIENE; CIKOTIENE, PADRÓN, 2013).

Menezes e colaboradores (2015) descreveram a síntese de diferentes compostos contendo um grupo acceptor de Michael aplicados no combate às larvas do *Aedes aegypti*. O *Aedes aegypti* é originário da África, sendo um mosquito de hábitos diurnos, agindo ao amanhecer e no fim da tarde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018). Este é o vetor das quatro principais arboviroses (dengue, febre amarela, Zika Vírus e Chikungunya) que vem mobilizando os principais órgãos públicos de saúde no combate a sua reprodução e disseminação.

Devido a isso, torna-se necessário promover a erradicação do vetor através de campanhas de conscientização pública e do desenvolvimento de compostos que atuem como larvicidas e que não interfiram no meio ambiente (MENEZES et al, 2015).

Diante do exposto e levando em consideração todos esses argumentos, o trabalho visou o desenvolvimento do cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose, denominando de composto **6**, um derivado sintético da D-glicose contendo em sua arquitetura molecular um grupo acceptor de Michael, bem como avaliar sua atividade frente as larvas do mosquito *Aedes aegypti*.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Locais da pesquisa

Os processos de síntese e purificação de todos os compostos foram realizados no Laboratório de Síntese Orgânica (LASO), localizado no Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande – *Campus Cuité*. Contudo, o bioensaio

larvicida, bem como os espectros de infravermelho (IV) e ressonância magnética nuclear (RMN) de hidrogênio (^1H) e carbono (^{13}C) dos compostos sintetizados foram realizados na Central Analítica da Universidade Federal de Pernambuco – *Campus Recife*.

2.2 Equipamentos, materiais, solventes e reagentes

As análises de ressonância magnética nuclear (RMN) foram realizadas em um espectrômetro *VARIAN®* modelo *Unity Plus-300* utilizando como solvente o clorofórmio deuterado (CDCl_3). A calibração deste equipamento utilizou o tetrametilsilano (0,00 ppm) como referência interna para os núcleos de ^1H e ^{13}C , e todas as constantes de acoplamento (J) foram descritas em hertz (Hz). O espectro de infravermelho (IV) foi registrado em um espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier no *Spectrum 400 FT-IR/FT-NIR Spectrometer* modelo *PerkinElmer*, sendo as amostras preparada em pastilhas de KBr. A rotação específica foi determinada em um polarímetro digital da marca *JASCO®* *P-2000* equipado com a luz de sódio em comprimento de onda 589 nm. A amostra foi preparada em concentração de 1 m/v % (em MeOH) em uma cubeta de 1 mL. A chapa de agitação com aquecimento e a manta aquecedora foram da marca Visaton modelo 754A e 102E, respectivamente. O solvente foi removido utilizando um evaporador rotativo da Büchi Rotavapor modelo R-114 conectado a uma bomba de vácuo modelo KNF Neuberger, e o solvente remanescente foi removido utilizando uma bomba de alto vácuo da Edwards modelo RV3.

O acompanhamento das reações foi realizado através da cromatografia em camada delgada (CCD) utilizando placas de sílica-gel, contendo indicador fluorescente F_{254} da empresa Merck e para a visualização, as placas foram colocadas em solução ácida ($\text{EtOH}/\text{H}_2\text{SO}_4$, 95:5). A purificação foi através da cromatografia em coluna de vidro, utilizando a sílica-gel 60 (Merck, 70-230 mesh) como fase estacionária, e diferentes proporções de sistemas eluentes de Hexano:Acetato de etila como fase móvel. Os solventes comerciais foram purificados de acordo com os protocolos descritos na literatura (PERRIN; AMAREGO, 1996). O álcool ciclohexílico foi adquirido da empresa *Sigma Aldrich*.

2.3 Síntese do cicloexil 4,6-DI-O-ACETIL-2,3-DIDESOXI-A-D-ERITRO-HEX-2-ENOPIRANOSÍDEO (3)

O cicloexil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (3) foi obtido através do protocolo de Toshima e colaboradores (1995), com algumas modificações. Deste modo, em um balão de fundo redondo com capacidade de 50 mL foram adicionados o 3,4,6-tri-*O*-acetil-D-glucal (1; 0,27 g; 1 mmol), o álcool ciclohexílico (2) e diclorometano seco (20 mL). Em seguida, o balão foi resfriado a 0°C e mantido sob agitação por 5 minutos. Após este intervalo de tempo foi adicionado montmorillonita K-10 (0,27 g; 100% M/M) e um sistema de refluxo foi acoplado ao balão. A mistura reacional foi mantida sob agitação e aquecimento ($50\pm 5^\circ\text{C}$) por cerca de 30 minutos. Após este intervalo de tempo

o aquecimento foi interrompido e o término da reação foi verificado por cromatografia de camada delgada (CCD). Em seguida, a solução contida no balão foi filtrada e o solvente foi removido sob pressão reduzida utilizando evaporador rotativo. O produto bruto foi purificado em coluna cromatográfica utilizando inicialmente hexano e terminando com um sistema de hexano:acetato de etila na proporção de 9:1.

O composto foi então caracterizado, apresentando os seguintes dados espectrais: Cicloexil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**3**): (0,265 g, 85%); óleo incolor; $[\alpha]_D^{20} +103,8$ (c 1,00; MeOH); IV (filme) n_{\max} 2933, 2858, 2659, 2134, 1747, 1450, 1370, 1233, 1187, 1036 cm^{-1} ; RMN ^1H (300 MHz, CDCl_3) δ 5,86 (*dl*, 1H, $J = 10,5$ Hz, H-3), 5,77 (*dt*, 1H, $J_{2,3} = 10,5$ Hz, $J_{2,1} = J_{2,1} = 1,5$ Hz, H-2), 5,13 (*dl*, 1H, H-1), 4,23-4,09 (*m*, 3H, H-5, H-6, H-6'), 3,65-3,56 (*m*, 1H, $\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$), 2,05 (*s*, 3H, OAc), 2,04 (*s*, 3H, H-5, OAc), 1,93-1,83 (*m*, 2H, $\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$), 1,71-1,69 (*m*, 2H, $\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$), 1,52-1,49 (*m*, 1H, $\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$), 1,38-1,16 (*m*, 5H, $-\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$); RMN ^{13}C (75 MHz, CDCl_3) δ 170,6; 170,2; 128,6; 128,4; 92,6; 76,6; 66,6; 65,2; 63,0; 33,6; 32,0; 25,4; 24,3; 20,9; 20,6.

2.4 Síntese do cicloexil 2,3-DIDESOXI-A-D-ERITRO-HEX-2-ENOPIRANOSÍDEO (4)

O cicloexil 2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**4**) foi sintetizado a partir da hidrólise em meio básico dos grupos acetila presentes no composto **3**, através do protocolo de Santos e colaboradores (2017), com algumas modificações. Desta forma, em um tubo de ensaio, o composto **3** (0,25 mmol) foi dissolvido em metanol (1,0 mL). A esta solução foi adicionado o sal básico K_2CO_3 (0,5 mmol) e então, a água (0,3 mL). O sistema reacional foi mantido sob agitação durante 5 minutos sob temperatura ambiente ($28 \pm 2^\circ$). Após o término da reação, a mistura reacional foi transferida para um balão e evaporado sob pressão reduzida. Na sequência, a mistura reacional foi seca com sulfato de sódio anidro e extraída com acetato de etila. Em seguida foi realizada uma filtração simples e o filtrado foi coletado em um segundo balão, o qual foi evaporado sob pressão reduzida para retirada do solvente. O cicloexil 2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**4**) foi purificado em coluna cromatográfica utilizando inicialmente hexano e terminando com um sistema de hexano:acetato de etila na proporção de 6:4.

O composto foi então caracterizado, apresentando os seguintes dados espectrais: cicloexil 2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**4**): (50,2 mg, 88%); $[\alpha]_D^{25} + 57,6$ (c 1,0, MeOH); RMN ^1H (300 Hz, CDCl_3) δ 5,93 (*dl*, 1H, $J_{3,2} = 9,9$ Hz, H-3), 5,71 (*dt*, 1H, $J = 10,5$ Hz, $J = 2,4$ Hz, H-2), 5,11 (*sl*, 1H, H-1), 4,19 (*dl*, 1H, H-4), 3,84 (*d*, 2H, $J = 4,2$ Hz, H-6), 3,72 (*dd*, 1H, $J = 4,8$, $J = 4,2$ Hz, H-5), 3,61 (*s*, 1H, $J = 5,1$ Hz, $\text{OCH}(\text{CH}_2)_5$), 2,22 (*sl*, 2H, OH), 1,93-1,14 (*m*, 10H, 4CH_2); RMN ^{13}C (75 MHz, CDCl_3) δ 133,2; 126,9; 92,5; 71,3; 64,2; 62,7; 33,9; 32,1; 25,5; 24,4; 24,2.

2.5 Síntese do CICLOEXIL 2,3-DIDESOXI-2-ENOPIRANOSID-4-ULOSE (5)

O cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (**5**), foi sintetizado a partir da oxidação do glicosídeo hidrolisado (composto **4**) através do protocolo de Fraser-Reid e colaboradores (1970), com algumas modificações. Em um balão de fundo redondo foi adicionado 1,0 mmol do composto **4**, 10 mL de diclorometano e 25 mmol equivalentes do óxido de manganês. A reação foi realizada em temperatura ambiente e sob agitação contínua. O término da reação foi verificado por CCD. Uma vez comprovada a total conversão do reagente, a mistura reacional foi filtrada em sílica para retirada do óxido de manganês e o produto foi concentrado sob pressão reduzida. O cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (**5**) foi purificado em coluna cromatográfica utilizando inicialmente hexano e terminando com um sistema de hexano:acetato de etila na proporção de 7:3.

O composto foi então caracterizado, apresentando os seguintes dados espectrais: cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (**5**): (0,199 g, 88%); sólido amorfo; $[\alpha]_D^{25} - 3,08^\circ$ (c 1,00, CHCl_3); RMN ^1H (300 Hz, CDCl_3): δ 6,87 (*dd*, 1H, $J_{3,2} = 10,5$ Hz, $J_{2,1} = 3,6$ Hz, H-2), 6,10 (*d*, 1H, $J_{2,3} = 10,5$, H-3), 5,41 (*d*, 1H, $J_{1,2} = 3,6$ Hz, H-1), 4,52 (*t*, 1H, $J_{5,6} = 4,5$ Hz, H-5), 4,05-3,88 (*m*, 2H, H-6 e H-6'), 3,74-3,68 (*m*, 1H, OCH), 2,26 (*t*, 1H, $J = 6,0$ Hz, OH), 1,95-1,21 (*m*, 10H, 5CH_2); RMN ^{13}C (75 MHz, CDCl_3): δ 196,2; 144,9; 127,5; 91,4; 76,6; 74,0; 61,7; 33,4; 31,9; 25,4; 24,2; 24,0.

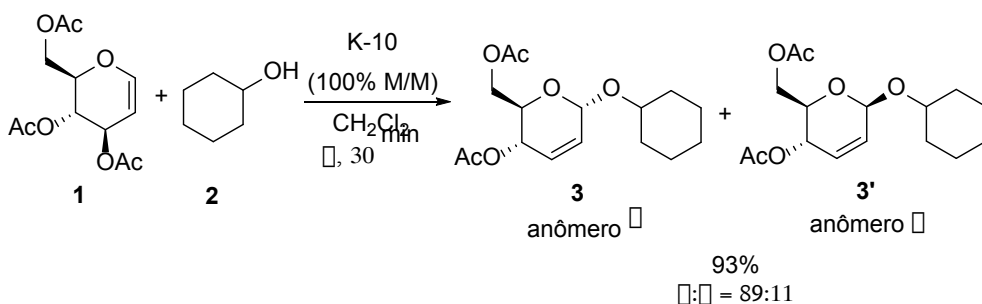
2.6 Procedimento geral para os bioensaios larvicidas

As larvas utilizadas foram da colônia do *A. aegypti* Linneaus (cepa Rockefeller) do insetário do Laboratório de Ecologia Química da UFPE. O insetário foi mantido à temperatura constante de 28°C, umidade relativa de 58% e fotoperíodo de 14D:10N. A princípio, realizou-se um teste de solubilidade, afim de selecionar o co-solvente mais apropriado. Os co-solventes mais utilizados são: tween 80, etanol, DMSO, cetona, para cada substância-teste para melhor solubilizá-las em água. Posteriormente, preparou-se em um béquer, uma solução estoque do cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (**5**) na concentração igual a 100 ppm (partes por milhão), dissolvendo 5,0 mg do composto a ser testado em um volume adequado em um co-solvente. A solução foi então transferida do béquer para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com água destilada. Os testes larvicidas preliminares foram realizados em concentrações de 10, 50 e 100 ppm, objetivando-se conhecer a faixa de concentração onde o composto é mais ativo, já que sua toxicidade frente ao *Aedes aegypti* é desconhecida. Os experimentos foram realizados em triplicatas e, em cada réplica, foram utilizadas 20 larvas de *A. aegypti* e a atividade larvicida foi observada após 24 e 48 horas. Os controles negativos (solução contendo apenas o co-solvente e água destilada) foram realizados simultaneamente aos testes. As larvas eram consideradas mortas quando não respondessem ao estímulo ou não emergissem à superfície da solução. Para a determinação da concentração letal para matar

50% das larvas (CL₅₀), trataram-se os dados obtidos usando-se o software Probit com o programa estatístico StatPlus Pro 6.2.5.0 a um nível de confiança de 95%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi realizada a síntese do intermediário acetilado, o cicloexil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**3**), utilizando o protocolo de Toshima e colaboradores (1995) modificado. O composto **3** foi obtido em bom rendimento e com bom excesso enantiomérico (Esquema 1).



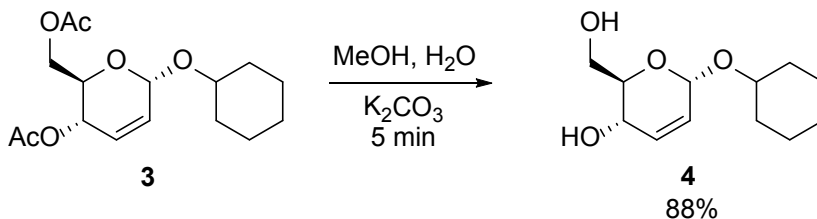
Esquema 1: Síntese do cicloexil 4,6-di-*O*-acetil-2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**3**).

Fonte: Próprio autor.

De acordo com esquema 1, constatou-se que o anômero alfa (**3**) foi obtido como produto majoritário da reação, demonstrando que a reação foi estereosseletiva. Além disso, as modificações na metodologia de Toshima e colaboradores (1995) implicaram na redução do tempo reacional de 60 para 30 minutos. Cabe ressaltar que os resultados obtidos estão semelhantes aos descritos nos trabalhos de Oliveira (2002) e Melo (2007). A caracterização dos glicosídeos **3** está sumarizada na seção experimental.

Analisando os valores das bandas de vibração e deslocamento químicos do glicosídeo **3** (seção experimental), constatou-se que o composto de interesse foi sintetizado com sucesso. No mais, os valores obtidos estão semelhantes aos descritos por Regueira e colaboradores (2016).

Os glicosídeos acetilados (**3**) foram então submetidos à reação de hidrólise a fim de levar ao glicosídeo hidrolisado cicloexil 2,3-didesoxi- α -D-*eritro*-hex-2-enopiranosídeo (**4**). O tempo reacional da hidrólise foi de apenas 5 minutos (Esquema 2).

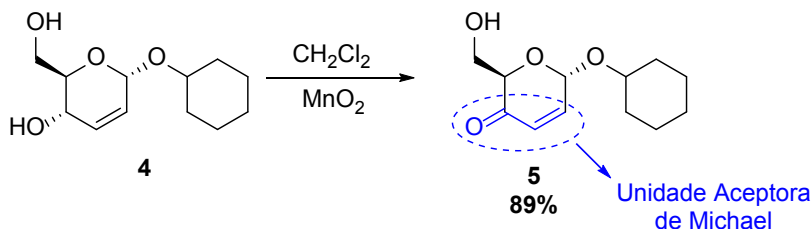


Esquema 2: Síntese do cicloexil 2,3-didesoxi- α -D-eritro-hex-2-enopiranosídeo (4).

Fonte: Próprio autor.

O glicosídeo hidrolisado (4), após purificação em coluna, foi obtido em excelente rendimento, demonstrando um valor de 88%. A caracterização do glicosídeo hidrolisado (4) encontra-se sumarizada no procedimento experimental.

Uma vez sintetizado o glicosídeo hidrolisado (4), partiu-se para o estudo da reação de oxidação para a obtenção do composto almejado no presente estudo, o Cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (5), o qual contém em sua estrutura uma unidade aceptora de Michael (Esquema 3).

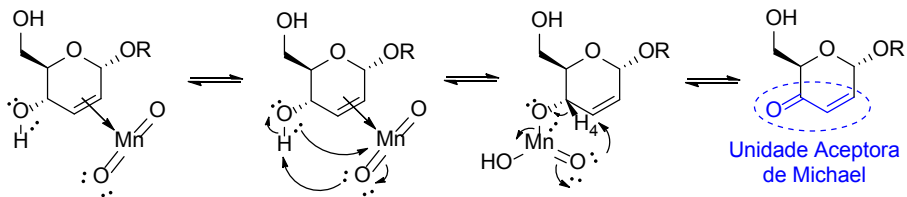


Esquema 3: Reação de oxidação para obtenção do cicloexil 2,3-didesoxi-2-enopiranosid-4-ulose (5).

Fonte: Próprio autor.

Embora a literatura descreva o uso de outros agentes oxidantes na oxidação de álcoois, tais como: CrO_3 , K_2CrO_7 , clorocromato de piridínio (PCC), dicromato de piridínio (PDC), iodo hipervalente, KMnO_4 , AgCO_3 e oxidante de Swern (SOUZA, 2010), a escolha pelo dióxido de manganês levou em consideração algumas características, como seletividade, fácil manuseio, estabilidade, eficiência e principalmente a utilização de condições suaves. Diante desses pressupostos, a oxidação do composto 5 foi realizada com MnO_2 em CH_2Cl_2 , de acordo com protocolo de Fraser-Reid e colaboradores (1970) modificado.

De acordo com o esquema 3, o composto 5 foi obtido em 3,0 h e com bom rendimento (89%). Essa oxidação é conhecida como oxidação alílica e só acontece quando o grupo hidroxila está no carbono β da dupla ligação. Uma proposta mecanística segue no esquema 5.



Esquema 5. Proposta mecanística da reação de oxidação.

Fonte: Próprio autor.

É importante um cuidado especial com o MnO_2 , uma vez que esse composto pode ter sua atividade alterada por diversos eventos, conseqüentemente diminuindo sua atividade frente à reação de oxidação. Uma vez que o óxido disponível estava com a atividade comprometida, a qual não foi restaurada após diversos tratamentos, tivemos que realizar a síntese do MnO_2 empregado na oxidação.

O composto **5** foi submetido às últimas análises espectroscópicas para ser avaliado contra as larvas do *Aedes aegypti*. Menezes e colaboradores (2015) descreveram a atividade larvicida de algumas d-lactona a,b-insaturada, essas apresentando em sua estrutura molecular uma unidade aceptora de Michael, onde postularam que a hipótese dessa atividade está associada aos grupos farmacofóricos presentes nas suas estruturas. Assim, aumentou a expectativa da realização dos testes de atividade larvicida frente às larvas do mosquito *Aedes aegypti* com o composto **5**, devido à associação da estrutura das a-lactonas com compostos sintetizados, pois ambos apresentam em sua estrutura molecular uma unidade aceptora de Michael.

Os testes foram realizados com as larvas no estágio L-4, pois neste estágio elas se alimentam principalmente de matéria orgânica. As larvas no estágio L-4 ficaram por 24 e 48 horas em temperatura constante de $28^\circ C$, nas soluções do composto **5** com concentrações de 10, 50 e 100ppm e na solução controle. Os resultados estão postos na Tabela 2.

Composto	Concentrações Preliminares					
	10 ppm		50 ppm		100 ppm	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h
<p style="text-align: center;">5</p>	5%	5%	10%	10%	10%	10%

Tabela 2. Resultados dos testes larvicidas frente as larvas do mosquito *Aedes aegypti* no estágio L-4.

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a Tabela 2, o composto **5** não apresentou toxicidade significativa. Segundo Menezes e colaboradores (2015), os compostos com atividade larvívica interromperam a atividade de enzimas digestivas das larvas do mosquito *Aedes aegypti* no estágio L-4. As larvas nesse estágio, produzem enzimas semelhantes a tripsina, que são essenciais para o processo digestivo, nutricional e do desenvolvimento. Com isso, o composto **5** não inibiu a atividade da tripsina de todas as larvas. A literatura cita que os óleos essenciais ou extratos de plantas só são considerados como agentes larvívicos ativos quando apresentarem valores de CL_{50} inferiores a 100 ppm e altamente ativos quando as CL_{50} forem inferiores a 50 ppm (Cheng, et al., 2003).

Neste sentido, o composto **5** foi classificado como inativo frente a atividade larvívica, uma vez que sua CL_{50} foi maior que 100 ppm. Adicionalmente, no teste controle não foi observado à mortalidade, o que demonstra que o solvente usado não interferiu nos resultados, assim a atividade corresponde apenas aos compostos testes.

4 | CONCLUSÃO

As reações empregadas para a obtenção do composto contendo o grupo aceptor de Michael mostraram-se simples, com rendimentos bastante satisfatórios a cada etapa, sendo as estruturas moleculares confirmadas por técnicas espectroscópicas, evidenciando o sucesso de cada metodologia empregada.

Esse grupo de moléculas mostra-se bastante promissor, uma vez que combina a capacidade do grupo aceptor de Michael agir como grupo farmacofórico, e conferir atividade a diversas outras moléculas, com a expectativa de apresentar compatibilidade biológica, já que uma forma de se reduzir a citotoxicidade consiste na utilização de substratos que apresentam compatibilidade com os sistemas biológicos.

Os carboidratos possuem pouca toxicidade aos humanos, o que os tornam ideais para serem ativos contra as larvas. No entanto, o composto **5** testado contra as larvas do mosquito *Aedes aegypti* no estágio L-4, não apresentou atividade larvívica, demonstrando uma CL_{50} superior a 100 ppm, não inibindo a atividade da tripsina de todas as larvas. A atividade larvívica está associada às características de determinados grupos químicos estruturais desses compostos ou a combinação entre eles podem conferir aumento ou redução da atividade larvívica.

Diante disso, fomenta-se o desenvolvimento de outros estudos que visem evidenciar as possíveis características farmacológicas desta molécula e seus possíveis derivados, bem como entender suas condições de uso seguro, possibilitando assim sua utilização nas mais diversas áreas da saúde e tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do CNPq, a Capes, e a FACEPE.

REFERÊNCIAS

AGIRRE, J.; DAVIES, G.J.; WILSON, K.S.; COWTAN, K.D. **Carbohydrate structure: the rocky road to automation**. *Current Opinion in Structural Biology*, 44, 39, 2017.

AHN, B.Z.; SOK, D.E. **Michael Acceptors as a Tool for Anticancer Drug Design**. *Current Pharmaceutical Design*, 2, 247, 1999.

ALMEIDA, C. L. A. **Planejamento sintético e avaliação antitumoral de carboidratos enônicos**. Monografia (Licenciatura em química) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, Cuité. 2015.

BANDERA, D.; SAPKOTA, J.; JOSSET, S.; WEDER, C.; TINGAUT, P.; GAO, X.; FOSTER, E. J.; ZIMMERMANN, T. **Influence of mechanical treatments on the properties of cellulose nanofibers isolated from microcrystalline cellulose**. *Reactive & Functional Polymers*, 85, 134, 2014.

BONDUELLE, C.; LECOMMANDOUX, S. **Biomacromolecules**. American Chemical Society, 2013.

CHENG, S. S.; CHANG, H. T.; CHANG, S. T.; TSAI, K. H.; CHEN, W. J. **Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae**. *Bioresource Technology*, 89, 99, 2003.

DELBIANCO, M.; BHARATE, P.; VARELA-ARAMBURU, S.; SEEBERGER, P. H. **Carbohydrates in Supramolecular Chemistry**. *Chemical Reviews*. 116, 4, 1693, 2016.

FRASER-REID, B.; MCLEAN, A.; USHERWOOD, E. W.; YUNKER, M. **Pyranosiduloses. II. The synthesis and properties of some alkyl 2,3-dideoxy-2-enopyranosid-4-ulosos**. *Canadian Journal of Chemistry*, 48, 2877, 1970.

KARPAVICIENE, L.; CIKOTIENE, I.; PADRÓN, J.M. **Synthesis and antiproliferative activity of α -branched α,β -unsaturated ketones**. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 70, 568, 2013.

MATTOS, M.C.; MARZORATI, L. **Aspectos mecanísticos da adição de Michael**. *Química Nova*, 22, 5, 1999.

MELO, A. C. N. **Síntese e avaliação farmacológica de O-Glicosídeos 2,3-insaturados**. Dissertação (mestrado em química) – Universidade federal de Pernambuco, Recife. 2007.

MENEZES, P. H.; BARROS, M. E. S. B.; FREITAS, J. C. R.; SANTOS, G. K. N.; SILVA, R. C. S.; PONTUAL, E. V.; PAIVA, P. M. G.; NAPOLEÃO, T. H.; NAVARRO, D. M. A. F. **Effects of α,β -unsaturated Lactones on Larval Survival and Gut Trypsinas Well as Oviposition Response of *Aedes aegypti***. *Experimental Parasitology*, 156, 37, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – **Combate à Dengue**. Disponível em: <<http://www.combateadengue.com.br/mosquito.da.dengue/>>. Acessado em: 30/07/2021.

NIGUDKAR, S. S.; DEMCHENKO, A. V. **Stereocontrolled 1,2- cis glycosylation as the driving force of progress in synthetic carbohydrate chemistry.** Chemical Science, 6, 5, 2687, 2015.

NOGUEIRA, C.M; PARMANHAN, B.R; FARIAS, P.P; CORRÊ, A.G. **A importância Crescente dos Carboidratos em Química Medicinal.** Revista Virtual de Química, 1, 2, 149, 2009.

OLIVEIRA, R. N. **Síntese mediada por microondas de glicosídeos contendo diversas agliconas e de 1,2,4-Oxadiazóis.** Dissertação (mestrado em química) – Universidade federal de Pernambuco, Recife. 2002.

PERRIN, D. D.; AMAREGO, W. L. F. **Purification of Laboratory Chemicals**, 3^a ed., Pergamon Press: Oxford, 1996.

REGUEIRA, J.L.L.F.; FREITAS, J.J.R.; FILHO, J.R. **Preparação De 1,2,4-Oxadiazol: Sequência Didática Aplicada Em Disciplina De Síntese Orgânica Na Graduação.** Química Nova, 39, 8, 1019, 2016.

SANTOS, J. A. M.; SANTOS, C. S.; ALMEIDA, C. L. A.; SILVA, T. D. S.; FREITAS FILHO, J. R.; MILITÃO, G. C. G.; DA SILVA, T. G.; DA CRUZ, C. H. B.; FREITAS, J. C. R.; MENEZES, P. H. **Structure-based design, synthesis and antitumoral evaluation of enulosides.** European Journal of Medicinal Chemistry, 128, 192, 2017.

SOUZA, B. M. de. **Avaliação de processos oxidativos avançados acoplados com carvão ativado granulado com biofilme para reuso de efluentes de refinaria de petróleo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

TOSHIMA, K.; ISHIZUKA, T.; MATSUO, G.; NAKATA, M. **Practical glycosidation method of glycals Montmorillonite K-10 as an environmentally acceptable and inexpensive industrial calayst.** Chemical Reviews, 4, 306, 1995.

WU, J.; KWON, B.; LIU, W.; ANSLYN, E. V.; WANG, P.; KIM, J. S. **Chromogenic/Fluorogenic Ensemble Chemosensing Systems.** Chemical Reviews, 115,15, 7893, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aedes aegypti 2, 5, 126, 127, 128, 131, 134, 135, 136

Águas 35, 65, 88, 118, 240, 250, 253, 262, 266, 277, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 291, 292, 293, 294, 295

Análise termogravimétrica (TGA) 243

Ansiedade 6, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Antibióticos 7, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 287

Antifitopatogênico 146

Antifúngica 146, 155, 156, 157, 158, 159, 177, 263

Antimicrobiana 2, 6, 146, 149, 150, 154, 155

Atividades experimentais 46, 68, 82, 89, 91

B

Base nacional curricular comum (BNCC) 43

Biocompatibilidade 211, 212

Bioetanol 7, 228

Biomassa 2, 7, 228, 252, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 262

Biomateriais 211, 217

Biorreativas 160

Biossorção 228, 252, 263

Biossorvente 228, 252, 262

Biota aquática 265

C

Cálculos estequiométricos 55, 66, 67, 119, 121, 122, 124

Carboidratos 126, 127, 128, 135, 136, 137, 219

Chuva ácida 5, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118

Clerodanos 138

Compartimentos aquáticos 265, 267, 273

Compostos-alvos 265, 273

Conhecimento químico 11, 52, 82

D

Diterpenos 138

Dopagem 205, 207, 209

E

Educação ambiental 2, 34, 35, 36, 40, 41, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 295

Efeitos deletérios 265

Efluentes industriais 280, 282, 291, 292

Ensino-aprendizagem 2, 2, 8, 12, 27, 42, 43, 46, 49, 69, 89, 91, 94, 95, 98, 100, 113, 120, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Ensino remoto 4, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 117

Epistemológicos 3, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31

Escola 3, 4, 3, 5, 6, 8, 25, 30, 32, 34, 36, 39, 41, 46, 50, 51, 52, 56, 60, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82, 84, 87, 90, 91, 98, 106, 107, 108, 111, 114, 118, 119, 121, 122, 190, 204, 210, 211

F

Fármaco 138, 151, 176, 270, 272, 273

Flavonoides 138, 145

Formação docente 10, 14, 26, 30

Foto-fenton 8, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294

Fungo 147, 148, 155, 157, 158

G

Gastroprotetor 138

Gemfibrozil 8, 265, 266, 268, 269, 274, 275, 276, 277

Google meet 4, 89, 91, 101, 111, 112, 114, 119, 120, 122, 191

H

Hidroclorotiazida 8, 265, 270, 277, 278

Hidroxiapatita 2, 7, 211, 212, 215, 216, 217

I

Impactos ambientais 3, 263, 267, 280, 291

In vitro 160, 163, 167, 168, 169, 170

Isotermas 239, 241, 242, 244, 245, 252, 255, 256, 259, 260

J

Jogo lúdico 4, 100, 101, 103, 105

L

Labdanos 138

Laboratórios 91, 94, 98, 150, 263, 295

Larvicidas 126, 128, 131, 134, 135

Leite 7, 41, 101, 189, 191, 211, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Letramento digital 119

Lignina 228

Lixo 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 265, 267

M

Materiais alternativos 2, 80, 82, 87, 88, 89

Matrizes aquosas 2, 8, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 277

Metais pesados 2, 252, 253, 254, 263, 289

Metodologias ativas 42, 43, 48, 50, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Microscopia eletrônica de transmissão (MET) 239, 242, 246

Mídias digitais 5, 1, 3, 111, 113

Monômero 196, 198, 206

N

Nanopartículas 2, 7, 204, 205, 206, 239, 240, 241, 250

Naproxeno 8, 265, 269, 271, 277

Neurotransmissores 6, 189, 190, 191, 193, 194

P

Pedagogical Knowledge of Chemistry Content (PCKC) 10

Plásticos 4, 6, 196, 198

Poluentes 113, 240, 250, 253, 280, 281, 282, 284, 285, 292

Práticas inovadoras 42, 43

Processos convencionais de tratamento 265, 266

Processos oxidativos avançados 2, 8, 137, 265, 268, 280, 281, 282, 291, 293, 294, 295

Protagonistas 46, 80, 98

R

Radical hidroxila 280, 288

Radioatividade 4, 45, 100, 101, 102, 103

Reação de Debus-Radziszewski 6, 172, 177, 179, 180, 187

Recalcitrantes 280, 282

Reciclagem 2, 9, 70, 71, 72, 74, 79

Recursos didáticos 52, 99

Recursos midiáticos 111, 114, 116, 117

Remediação 2, 8, 252, 253, 280, 283, 294, 295

Reutilização 3, 38, 40, 41, 70, 71, 74, 77, 283, 295

S

Síntese orgânica 128, 137, 160, 163, 173

T

Tecnologias avançadas de tratamento 265

Titulação 4, 80, 82, 85, 86, 87, 88

Toxicidade 126, 131, 135, 157, 163, 273, 282, 283, 287


U

Usnea steineri 6, 146, 147, 149, 150, 152, 153, 158




O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br


 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

