

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA
(ORGANIZADORES)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

AMÉRICO JUNIOR NUNES DA SILVA
ANDRÉ RICARDO LUCAS VIEIRA
(ORGANIZADORES)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Américo Junior Nunes da Silva, André Ricardo Lucas Vieira. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-177-0 DOI 10.22533/at.ed.770201407</p> <p>1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia. I. Silva, Américo Junior Nunes da. II. Vieira, André Ricardo Lucas CDD 500</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, refletindo em mudanças nos níveis econômico, político e social. É comum considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem.

Sendo assim, precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico–tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e os outros.

Hoje, estamos vivendo um período, por conta do contexto da Pandemia provocada pelo Novo Coronavírus, onde os olhares se voltam a Ciência e a Tecnologia. Antes de tudo isso acontecer os conhecimentos produzidos em espaços acadêmicos, centros de pesquisa e laboratórios, por exemplo, tem buscado resposta para problemas cotidianos, em busca de melhorar a vida da população de uma forma geral.

É nesse ínterim que este livro, intitulado “Ciências Tecnológicas, Exatas e da Terra e seu Alto Grau de Aplicabilidade”, em seu segundo volume, reúne trabalhos de pesquisa e experiências em diversos espaços, como a escola, por exemplo, com o intuito de promover um amplo debate acerca das diversas áreas que o compõe.

Por fim, ao levar em consideração todos esses elementos, a importância desta obra, que aborda de forma interdisciplinar pesquisas, relatos de casos e/ou revisões, reflete-se nas evidências que emergem de suas páginas através de diversos temas evidenciando-se não apenas bases teóricas, mas a aplicação prática dessas pesquisas.

Nesse sentido, desejamos uma boa leitura a todos e a todas.

Américo Junior Nunes da Silva

André Ricardo Lucas Vieira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SERIAM AS FORÇAS FUNDAMENTAIS A ORIGEM DA BIOQUIRALIDADE MOLECULAR?	
Alana Carolina Lima dos Santos Celio Rodrigues Muniz Leonardo Tavares de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7702014071	
CAPÍTULO 2	18
MODELAGEM DAS EQUAÇÕES DO PÊNDULO SIMPLES ATRAVÉS DO SOFTWARE MODELLUS	
Gabriel Freitas Cesarino dos Santos José Hugo de Aguiar Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.7702014072	
CAPÍTULO 3	25
ABORDAGEM TERMODINÂMICA DA REAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO COM ÁGUA SUPERCRÍTICA DO GLICEROL UTILIZANDO SUPERFÍCIES DE RESPOSTA	
Julles Mitoura dos Santos Junior Annamaria Doria Souza Vidotti Reginaldo Guirardello Antônio Carlos Daltro de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.7702014073	
CAPÍTULO 4	39
PRODUÇÃO E FÍSICO-QUÍMICA DE AGUARDENTE DE MANDIOCA (TIQUIRA) POR VIA ENZIMÁTICA	
Thercia Gabrielle Teixeira Martins Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Rafael Gustavo de Oliveira Carvalho Júnior Danielly Fonseca Dorileia Pereira do Nascimento Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7702014074	
CAPÍTULO 5	46
ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DO GENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Ana Carolina da Silva Renata Nazaré Vilas Bôas Marcos Antonio da Silva Costa Marisa Fernandes Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.7702014075	

CAPÍTULO 6 58

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIACETILCOLINESTERASE E TOXICIDADE FRENTE À ARTEMIA SALINA DO EXTRATO ETANÓLICO DAS FOLHAS DA *MOMORDICA CHARANTIA L.*

Milena Lira Furtado
Sônia Maria Costa Siqueira
Antônia Fádia Valentim de Amorim
Selene Maia de Moraes
Jane Eire Silva Alencar de Menezes
Nádia Aguiar Portela Pinheiro
Otilia Alves de Alcântara
Luan Rodrigues Olinda Mendonça
Renato Almeida Montes
Artur Moura Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.7702014076

CAPÍTULO 7 64

CORRELAÇÃO PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA NORMAL DE EBULIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS GRAXAS

Pedro Mendes Corrêa Daud
Marina Curi Schabbach
Joaquín Ariel Morón-Villarreyes
Filipe Velho Costa

DOI 10.22533/at.ed.7702014077

CAPÍTULO 8 73

TINGIMENTO DE TECIDOS DE ALGGODÃO E VISCOSE COM CORANTE ANÁLOGO DO FENOL

Katiany do Vale Abreu
Stéphany Swellen Vasconcelos Maia
Maria Roniele Felix Oliveira
Ana Luiza Beserra da Silva
Sara Natasha Luna de Lima
Maria Tais Da Silva Sousa
Carlucio Roberto Alves

DOI 10.22533/at.ed.7702014078

CAPÍTULO 9 79

PROPOSTA DE RETOMADA E EXPANSÃO PARA UMA MINA DE CALCÁRIO UTILIZANDO EQUIPAMENTO LASER SCANNER TERRESTRE

Tatiane Fortes Pereira
Luciana Arnt Abichequer
Luis Eduardo de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7702014079

CAPÍTULO 10 91

DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE INFLAMABILIDADE DE HIDROCARBONETOS POR MEIO DO CÁLCULO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

Jéssica Ribeiro Galdini
Luciana Yumi Akisawa Silva

DOI 10.22533/at.ed.77020140710

CAPÍTULO 11	100
ANÁLISE DO DESEMPENHO DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO UTILIZANDO ALCANOS	
Gabriela Azevedo de Moraes Matheus Ivan Hummel Silva Luciana Yumi Akisawa Silva	
DOI 10.22533/at.ed.77020140711	
CAPÍTULO 12	110
POLIURETANA À BASE DE ÓLEO VEGETAL COM APLICAÇÃO EM REPOSIÇÃO ÓSSEA	
Amanda Furtado Luna Fernando da Silva Reis José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.77020140712	
CAPÍTULO 13	123
PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA CASCA DE SEMENTES DE PINHÃO da <i>Araucária angustifolia</i>	
Alessandra Stevanato Elizabeth Mello Nebes Murari Elizabeth Mie Hashimoto Cristiana da Silva Délia do Carmo Vieira Janksyn Bertozzi	
DOI 10.22533/at.ed.77020140713	
CAPÍTULO 14	141
NÚCLEO ATÔMICO E A ENERGIA NUCLEAR: O USO DOS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA	
Gilvana Pereira Siqueira José Antônio de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.77020140714	
CAPÍTULO 15	148
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, TOXICIDADE E POTENCIAL MOLUSCICIDA DOS ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	
Gustavo Oliveira Everton Paulo Victor Serra Rosa Ana Patrícia Matos Pereira Danielly Fonseca Fernanda Manuela Regina do Lago Valle Lauriane dos Santos Souza Hildelene Amélia de Araújo Dantas Laiane Araújo da Silva Souto Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.77020140715	

CAPÍTULO 16	159
ATIVIDADE LARVICIDA E TOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume frente ao <i>Aedes aegypti</i>	
Ana Beatriz da Silva dos Santos	
Gustavo Oliveira Everton	
Paulo Victor Serra Rosa	
Ana Patrícia Matos Pereira	
Jean Carlos Rodrigues da Cunha	
Fernanda Manuela Regina do Lago Valle	
Laiane Araújo da Silva Souto	
Victor Elias Mouchrek Filho	
DOI 10.22533/at.ed.77020140716	
CAPÍTULO 17	169
CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE UM SENSOR DE PH USANDO UM TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO COM GATE ESTENDIDO	
Ernando Silva Ferreira	
William Max dos Santos Silva Silva	
DOI 10.22533/at.ed.77020140717	
CAPÍTULO 18	176
OFICINA PEDAGÓGICA DE ELETROQUÍMICA: COMPREENDENDO CONCEITOS ABSTRATOS ATRAVÉS DA PRÁTICA	
João Pedro de Carvalho Silva	
Gilvana Pereira Siqueira	
Rafael Wendel Rodrigues Santana	
Matheus Barros Garcez	
DOI 10.22533/at.ed.77020140718	
SOBRE OS ORGANIZADORES	183
ÍNDICE REMISSIVO	184

SERIAM AS FORÇAS FUNDAMENTAIS A ORIGEM DA BIOQUIRALIDADE MOLECULAR?

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 28/03/2020

Alana Carolina Lima dos Santos

Universidade Estadual do Ceará

Iguatu – Ceará

<http://lattes.cnpq.br/8648391903740552>

Celio Rodrigues Muniz

Universidade Estadual do Ceará

Iguatu – Ceará

<http://lattes.cnpq.br/0312455874275375>

Leonardo Tavares de Oliveira

Universidade Estadual do Ceará

Iguatu – Ceará

<http://lattes.cnpq.br/3778267163242363>

RESUMO: Na primeira metade do século XIX, através das experiências de E. Mitscherlic foi constatado que o ácido tartárico apresentava atividade óptica, ao passo que o ácido racêmico ou paratartárico não apresentava, embora ambos fossem isômeros. Mais tarde, Louis Pasteur observou que o ácido racêmico era composto por iguais quantidades de moléculas espelhadas, onde uma parte girava o plano de polarização da luz para a direita (dextrógira), semelhante ao ácido tartárico, e a outra para a esquerda (levógira), levando-o a afirmar ser

essa a razão da sua inatividade óptica. Em seguida, Pasteur percebeu que a natureza prioriza a produção de uma determinada forma enantiomérica das moléculas orgânicas. Por exemplo, existe apenas a forma levógira dos aminoácidos nas proteínas e a forma dextrógira dos açúcares nos ácidos nucleicos (DNA e RNA). Ainda hoje, essa “preferência” pela quiralidade das moléculas da vida é incompreendida. Propostas foram lançadas para explicar a origem dessa homoquiralidade, dentre elas, contribuições das violações de paridade em forças fundamentais na Física. Nesse sentido, a interação fraca, que comprovadamente viola a simetria de paridade, entre núcleons e o elétron, e entre estes e os neutrinos ou mesmo WIMPs (*Weakly Interagent Massive Particles*) apresenta uma pequena diferença de energia na violação da paridade (DEVP), o que levaria a uma pequena diferença de energia na produção do enantiômero dextrógiro ou levógiro, com processos de autocatálise levando à homoquiralidade. Por outro lado, propostas de teorias quânticas da gravitação (Chern-Simons e Gravidade Quântica em *Loop*) e o potencial newtoniano modificado de Leitner e Okubo apresentam uma DEVP para a interação gravitacional, uma vez que contêm termos que violam a simetria de paridade. Sendo assim,

este trabalho visa analisar as diversas contribuições teóricas para a DEVP em moléculas orgânicas, investigando o papel das forças fundamentais na bioquiralidade molecular.

PALAVRAS-CHAVE: Interações Fundamentais. Diferença de Energia em Violações de Paridade. Bioquiralidade.

ARE THE FUNDAMENTAL FORCES THE ORIGIN OF MOLECULAR BIOCHIRALITY?

ABSTRACT: In the first half of the nineteenth century, through the experiments of E. Mitscherlic, it was found that tartaric acid had optical activity, whereas racemic or paratartaric acid did not, in despite both are isomers. Louis Pasteur later noted that racemic acid was composed of equal amounts of mirrored molecules, where one part rotated the plane of polarization of light to the right, similar to tartaric acid, and the other to the left, leading him to claim that this is the reason for his optical inactivity. Next, Pasteur realized that, at given times, nature prioritizes the production of a particular enantiomeric form of organic molecules. For example, there is only the left form of amino acids in proteins and the right form of sugars in nucleic acids (DNA and RNA). Even today, this “preference” for the chirality of life’s molecules is misunderstood. However, proposals were launched to explain the origin of this homochirality, among which contributions from parity violations in fundamental forces in physics. In this sense, the weak interaction between nucleons and the electron, which demonstrably violates the parity symmetry, has a small energy difference in parity violation (PVED), which would induce a slight energy difference in the production of the left or right enantiomer, with processes of autocatalysis leading to the homochirality. Still within the weak interaction, the electron-neutrino and Weakly Interagent Massive Particles (WIMPs) interactions also have a PVED, whereas supernova neutrinos have a higher PVED in relation to cosmological neutrinos or WIMPs. On the other hand, proposals for quantum theories of gravity (Chern-Simons and LQG - Loop Quantum Gravity), and the modified Newtonian potential of Leitner and Okubo (1964), present a DEVP for gravitational interaction, since they contain terms that violate the symmetry of parity. Thus, this work aims to analyze the various theoretical contributions to the PVED of organic molecules, thereby investigating the role of the fundamental forces in the molecular biochirality.

KEYWORDS: Fundamental Interactions. Energy Difference in Parity Violation. Biochirality.

1 | INTRODUÇÃO

Em meados do século XIX, Eilhard Mitscherlic constatou que os cristais do ácido tartárico (AT), atualmente chamado de ácido dextro-tartárico, possuíam atividade óptica e eram dextrógiros. Em outras palavras, rotacionavam para a direita o plano de polarização da luz que sobre eles incidia, com relação à direção de propagação do feixe luminoso. Contudo, os cristais de ácido racêmico (AR) ou paratartárico (APT), atualmente denominado como ácido racêmico tartárico, eram opticamente inativos. Um fato intrigante, visto que

esses ácidos, ambos vindos do processo de fermentação da uva, eram isômeros, isto é, estruturalmente constituídos dos mesmos elementos químicos (GAL, 2011).

Posteriormente, Louis Pasteur constatou que o ácido racêmico era formado por um aglomerado de cristais enantiomorfos, ou seja, cristais que eram imagens especulares não superponíveis (GAL, 2008). Ao separá-los, verificou que um girava o plano de polarização da luz para a esquerda (levógiro) e o outro para a direita (dextrógiro). Concluiu, assim, ser essa a razão para a inatividade óptica do ácido racêmico, uma vez que ambas as contribuições para a mudança na polarização da luz se anulavam. Com o decorrer de suas pesquisas, Pasteur reparou uma “preferência” pela quiralidade, (forma dextrógira ou levógira) das moléculas, quando estas são produzidas no metabolismo biológico, afirmação que foi levada ao limite em sua conjectura “O Universo é dissimétrico” (BASSALO; CATTANI, 1995).

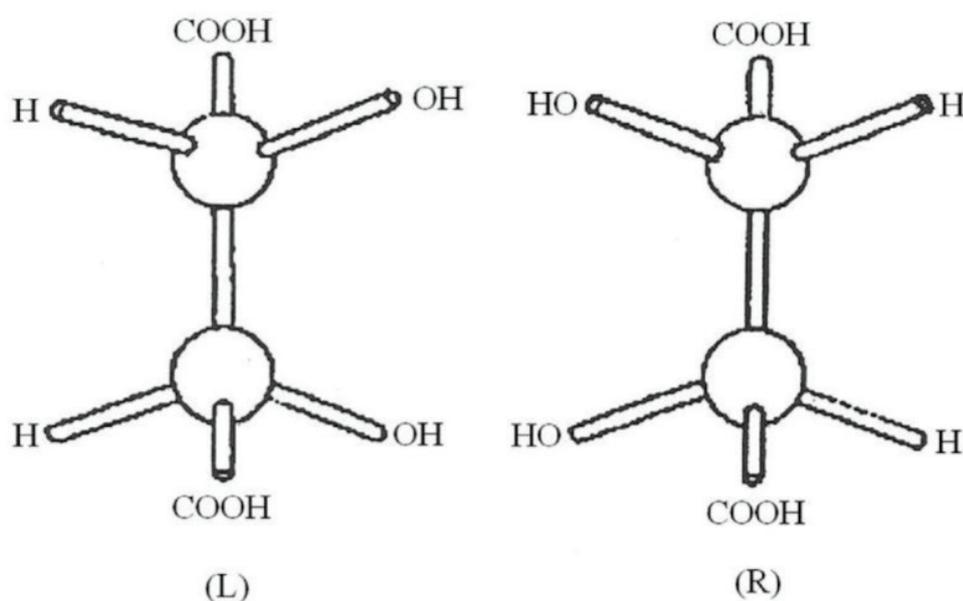


Figura 1: Formas estruturais dissimétricas L e R do ácido tartárico ($C_4H_6O_6$)

Fonte: Adaptada do artigo da Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 3, 3304 de Cattani e Bassalo (2009).

Essa proposta foi confirmada com o passar dos anos e tal dissimetria está presente, inclusive, em moléculas cruciais para a vida. Existem apenas, praticamente, L – aminoácidos nas proteínas e D – açúcares no DNA (ácido desoxirribonucleico) e RNA (ácido ribonucleico), o que configura a chamada homoquiralidade biológica (DORTA-URRA; BARGUEÑO, 2019). A compreensão desses conceitos e suas consequências é fundamental, por exemplo, na fabricação de fármacos na indústria farmacêutica (NÚÑEZ *et al.*, 2009) (PETERSEN; SAUTER, 1999). A quiralidade molecular, uma característica microscópica, pode, ainda, influenciar bottom-up aspectos macroscópicos como, por exemplo, lateralidade funcional do cérebro, comportamento, psiquiatria e natureza da cognição (DYAKIN *et al.*, 2017).

Nesse sentido, este trabalho visa apresentar supostas contribuições de forças físicas fundamentais, como a gravitacional e a nuclear (eletro)fraca, para a origem da bioquiralidade apresentada. Todavia, é válido ressaltar que essas influências ainda não foram comprovadas e a origem da quiralidade da vida ainda é uma questão em aberto (TAKAHASHI; KOBAYASHI, 2019).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, tentaremos compreender os processos físicos fundamentais hipoteticamente responsáveis pela quiralidade observada nas moléculas que estão na base da vida, como os aminoácidos, constituintes das proteínas, e as desoxirriboses, formadores do DNA e RNA, processos que estão relacionados às interações gravitacional e nuclear fraca.

A formulação teórica da interação gravitacional, uma das quatro forças fundamentais da natureza, foi feita inicialmente por Isaac Newton, baseado nas observações de Tycho Brahe e Johannes Kepler, em sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* (NEWTON, 1687). A Gravitação Universal Newtoniana unificou a descrição dos movimentos terrestres e celestes, apresentando, ainda, uma compatibilidade impressionante com as observações astronômicas por cerca de 300 anos. Contudo, devido a inconsistências com o eletromagnetismo e a termodinâmica no final do século XIX, em 1905, Albert Einstein e, simultaneamente, Poincaré e Lorentz definiram os postulados da Teoria da Relatividade Restrita: a invariabilidade da velocidade da luz e o princípio da relatividade em referenciais inerciais (EINSTEIN, 1905). Em 1915, Albert Einstein concluiu o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral, generalizando a descrição para referenciais acelerados, tornando indistinguíveis da gravidade as forças inerciais presentes nesses referenciais (EINSTEIN, 1916).

Por sua vez, a descrição teórica da interação nuclear fraca, outra força fundamental, foi formulada pela primeira vez por Enrico Fermi, em 1934, ao estudar o fenômeno do decaimento β , na qual um nêutron decai em um próton, emitindo um elétron com energia da ordem de unidades de MeV (chamado de raio β por ocasião da descoberta do fenômeno). Wolfgang Pauli complementou essa descrição, em 1931, ao sugerir que outra partícula, neutra e com uma massa pequena, bem menor que a do nêutron, também era emitida, sendo por essa razão batizada de *neutrino* por Fermi (CLOSE, 1983).

Essa força, da qual participam todos os Léptons e Quarks - as partículas elementares que formam a matéria - tem como partículas mediadoras os chamados bósons vetoriais carregados W^+ e W^- e o bóson vetorial neutro Z^0 , todos consideravelmente massivos (BASSALO; CATTANI, 1995). Inclusive, este é o motivo para o curto alcance da interação fraca, a qual exerce sua influência apenas no âmbito nuclear, diferentemente das interações

gravitacional e eletromagnética, que envolvem bósons mediadores de massa nula - o gráviton e o fóton, respectivamente - e que são, por isso, de alcance virtualmente infinito.

Um episódio importante a ser mencionado foi a realização do experimento que identificou a quebra da simetria de paridade em interações fracas, em 1956, por Wu, Lee e Yang. O experimento consistia na observação do decaimento beta em isótopos radioativos de Cobalto (Co^{60}), fenômeno que é, como vimos, controlado pela interação fraca. Verificou-se que os elétrons eram expelidos dos átomos de Cobalto numa determinada direção em um número consideravelmente maior do que o daqueles que saíam na direção oposta, confirmando a violação da simetria de paridade associada àquela interação, visto que, caso não fosse violada, a probabilidade de ser emitido um elétron numa direção seria igual àquela de emissão na direção oposta, e seus números não difeririam apreciavelmente (vide Figura 2). Até o momento, a interação fraca é a única, comprovadamente, entre as forças fundamentais, que viola a referida simetria (RAJASEKARAN, 2014).

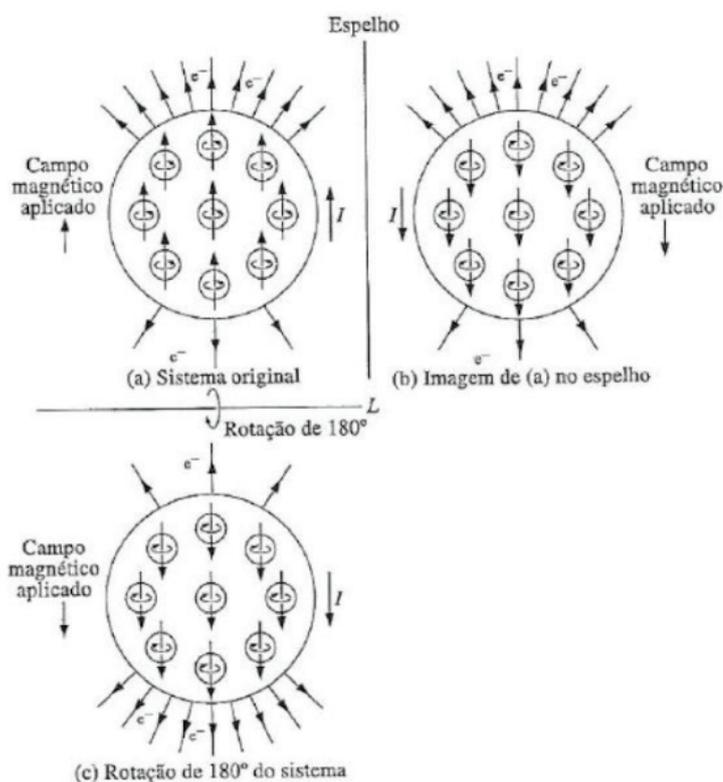


Figura 2: Representação dos átomos de Co^{60} no experimento de Wu *et al.*, emitindo, por decaimento beta, mais elétrons na direção oposta à do campo magnético aplicado e do spin nuclear do que na direção contrária, e sua versão espelhada, como deveria ser se a simetria de paridade fosse respeitada. A inversão do campo magnético e do spin nuclear, entretanto, inverteu também a configuração da emissão beta, comprovando a violação dessa simetria.

Fonte: Adaptado do livro Física de Alonso, M. e Finn, E. J. (1992).

Apesar de ter sido encontrada uma forte correlação entre a interação eletromagnética e a interação nuclear fraca em abordagens anteriores, foi Sheldon Lee Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam, paralelamente, que unificaram as duas forças de forma

matematicamente consistente, as quais são entendidas agora como os desdobramentos de um mesmo processo físico, a chamada interação (teoria) eletrofraca, tendo o fóton e os bósons vetoriais como suas partículas mediadoras (CLOSE, 1983).

Retornando à gravidade, inspirados na aparente conexão entre simetria e força - tendo em vista que a força gravitacional possui a menor intensidade relativa dentre todas as interações fundamentais e que, similarmente, a interação fraca é a de menor intensidade no contexto do Modelo Padrão das Partículas Elementares, a qual, como vimos, não respeita a simetria de paridade - em 1964, Leitner e Okubo propuseram potenciais gravitacionais modificados em relação ao newtoniano, na aproximação de campo fraco da Relatividade Geral. Os potenciais propostos apresentam termos que violam a mencionada simetria, além da temporal ou de (iso)spin, na interação gravitacional (LEITNER; OKUBO, 1964). Por outro lado, considerando-se a teoria de Chern-Simons do Eletromagnetismo, em 2009 foi proposto um modelo que a estende para a Relatividade Geral e que apresenta violação de paridade (ALEXANDER; YUNES, 2009). Por fim, esta também surge numa das teorias que unificam a mecânica quântica e a Relatividade Geral em escalas muito pequenas, comparáveis à escala de Planck ($\approx 10^{19}$ GeV), na chamada LQG (*Loop Quantum Gravity*) (FREIDEL *et al.*, 2005).

É válido ressaltar que o conceito de simetria, em Física, significa realizar uma determinada transformação no sistema considerado e a descrição do mesmo permanecer igual. Assim sendo, a simetria de paridade é discreta, isto é, não envolve transformações contínuas, como rotações e dilatações, constituindo-se na substituição das coordenadas espaciais, x , y e z por $-x$, $-y$ e $-z$, com isso encontrando-se a mesma formulação matemática do processo físico envolvido. Essa simetria, ou sua ruptura, é essencial para o entendimento de como a interação (el)trofraca e/ou a gravidade modificada poderiam ser as responsáveis, em última instância, pela quiralidade das moléculas da vida. É conveniente, ainda, distinguir os conceitos de quiralidade verdadeira e quiralidade falsa, uma vez que ambas apresentam diferentes propriedades físicas; assim, dentro de um sistema em equilíbrio, a quiralidade falsa não pode iniciar a enantioseleção absoluta (BARRON, 1986b; BARRON, 1986a; BARRON, 1987).

A quiralidade verdadeira é exibida por sistemas que existem em dois estados enantioméricos distintos que são interconvertidos por inversão espacial (paridade P), mas não por reversão do tempo (T) combinadas com qualquer rotação espacial adequada. Suporta observáveis pseudoescalares, mesmo no tempo, quebrando P, mas não T. Como discutido mais adiante, uma vez que levanta a degeneração de verdadeiros enantiômeros quirais, uma influência verdadeiramente quiral pode induzir enantioseleção em todas as circunstâncias. Quiralidade falsa é exibida por sistemas que existem em dois estados enantioméricos distintos que são interconvertidos pela reversão temporal, bem como inversão de espaço. Ele suporta pseudoescalares ímpares com relação ao tempo, quebrando P e T separadamente, mas sendo invariante em relação a PT (BARRON, 2013).

3 | METODOLOGIA

Hari Dass, em 1976, embasado nos potenciais gravitacionais de Leitner e Okubo definiu uma correção ao potencial newtoniano através do qual uma partícula responderia à ação gravitacional não apenas por sua massa μ , mas também por outra propriedade intrínseca sua - o spin, s , o que permitiu calcular uma DEVP associada à partícula quando atraída por uma massa macroscópica M (DASS, 1976; BARGUEÑO; TUDELA, 2008),

$$\Delta U(r) = \alpha_1 \frac{GM}{c} \frac{\mathbf{s} \cdot \mathbf{r}}{r^3} + \alpha_2 \frac{GM}{c^2} \frac{\mathbf{s} \cdot \mathbf{v}}{r^2} + \alpha_3 \frac{GM}{c^2} \frac{\mathbf{s} \times \mathbf{r} \cdot \mathbf{v}}{r^3} + \alpha_4 \frac{GM}{c^3} \frac{\mathbf{s} \cdot \mathbf{a}}{r}, \quad (1)$$

onde \mathbf{r} , \mathbf{v} e \mathbf{a} são, respectivamente, os vetores posição, velocidade e aceleração da partícula em relação ao centro da massa atratora. O quarto termo é proposto por nós, considerando que a aceleração é uma grandeza dinâmica tão legítima quanto as outras, e terá, ademais, uma característica de invariância em relação a todos os referenciais inerciais. A dependência com a distância r entre as partículas interagentes e com a velocidade da luz, c , pode ser encontrada por simples análise dimensional.

Quanto à contribuição da teoria de Chern-Simons, a violação da simetria de paridade pode ser descrita teoricamente através do lagrangeano

$$\mathcal{L}_{CS} = k\varphi(x) R^{\alpha\beta\gamma\delta} \epsilon_{\alpha\beta\mu\nu} R^{\mu\nu}_{\gamma\delta}, \quad (2)$$

onde $R^{\alpha\beta\gamma\delta}$ é o tensor de curvatura de Riemann, que depende das derivadas segundas da métrica com respeito ao tempo e ao espaço, objeto que descreve o campo gravitacional segundo a Teoria da Relatividade Geral de Einstein. O símbolo $\epsilon_{\alpha\beta\mu\nu}$ é o tensor completamente antissimétrico quadridimensional de Levi-Civita e k uma constante de proporcionalidade. Notar que empregamos, como usual, a convenção soma de Einstein - índices repetidos devem ser somados de 0 a 3. É interessante comparar essa teoria de CS com a sua contraparte descrita pela eletrodinâmica de Carrol-Field-Jackiw, em que o lagrangeano eletromagnético usual é acrescentado pelo termo

$$\mathcal{L} = kB^\mu A^\nu \epsilon_{\mu\nu\rho\sigma} F^{\rho\sigma}, \quad (3)$$

B^μ é um quadrivetor constante, A^ν é o quadripotencial eletromagnético e $F^{\rho\sigma} = \partial^\rho A^\sigma - \partial^\sigma A^\rho$ o tensor de Faraday. Cabe destacar que a presença de B^μ em (3), por fixar uma direção privilegiada no espaço-tempo, estabelece a quebra da simetria de Lorentz da teoria, além da violação da simetria de paridade que o termo como um todo comporta.

Por sua vez, na teoria *Loop Quantum Gravity*, a lagrangeana efetiva - dependente da

constante de acoplamento não-mínimo de férmions à gravidade ($\alpha \neq 0$) e na presença de torção, apresenta uma violação de paridade na interação vetor direto-vetor axial (a exemplo de momento-spin), semelhante a equação da violação de paridade entre elétron-núcleon que ocorre interação (eletro)fraca. Para o acoplamento mínimo de férmions, situação em que $\alpha = 0$, a lagrangeana não possui quebra de simetria de paridade, voltando ao caso da interação vetor axialaxial (como spin-spin) (FREIDEL *et al.*, 2005; BARGUEÑO, 2015). Para ambos os casos, o parâmetro de Immirzi que caracteriza a LQG deve ser não nulo.

Por outro lado, através do potencial de violação da paridade na interação (eletro)fraca entre elétron-núcleon, dentro de uma aproximação não-relativística, ocorre uma DEVP, de modo que o operador de helicidade ($h = \mathbf{s} \cdot \mathbf{p}$) estabelece, segundo a definição anteriormente apresentada, uma quiralidade verdadeira (DORTA-URRA; BARGUEÑO, 2019).

A interação elétron – neutrino, por meio de correntes neutras fracas, produz diferença de energia entre os enantiômeros, onde um único elétron produziria cerca de 10^{-26} eV, sendo ampliado, posteriormente, pela soma da contribuição de todos os elétrons e de outros processos (BARGUEÑO; GONZALO, 2006), enquanto neutrinos provenientes de Supernova ocasionam uma DEVP da ordem de 10^{-5} eV (BARGUEÑO; TUDELA, 2007). Essas moléculas em quantidades enantioméricas desiguais podem ter sido formadas em nuvens moleculares e conduzidas para a Terra em meteoritos ou adicionados nos compostos que constituíram a Terra durante a sua formação (BOYD *et al.*, 2011). Ou, ainda, no campo magnético de uma estrela de nêutrons (FAMIANO *et al.*, 2014).

Por sua vez, a DEVP encontrada na interação elétron-WIMPS é consideravelmente pequena, tornando-o uma candidata improvável a induzir a bioquiralidade molecular (BARGUEÑO *et al.*, 2008).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, ressaltamos que, com relação à teoria gravitacional modificada que leva em conta o spin da partícula atraída por uma massa M , conforme apresentado em (BARGUEÑO; TUDELA, 2008), temos que o termo de α_1 no potencial da Eq. (1) viola separadamente as simetrias de P e T, mas preserva PT, constituindo, portanto, uma quiralidade falsa. O termo com α_2 viola P mas não T, logo não é invariante PT, sendo assim, de quiralidade verdadeira. Já a parcela com α_3 não viola P e nem T. Finalmente, o termo sugerido com α_4 , que depende do acoplamento do spin da partícula com sua aceleração, viola separadamente as simetrias de paridade e de inversão temporal, conservando, não obstante, a simetria PT, o que caracterizaria novamente uma quiralidade falsa.

Enfatizamos que, ainda com respeito ao termo que inclui α_4 e já empregado em outros cenários (BINI *et al.*, 2004), é possível calcular um limite superior (*bound*) fenomenológico para essa constante adimensional, baseado na incerteza da medida da equivalência entre

as massas inercial e gravitacional de uma partícula, dada em (COLELLA; OVERHAUSER, 1980). Esse valor é $(\Delta\mu_{eq} / \mu_{eq}) \approx 10^{-12}$. Assim, tomando-se o referido termo na Eq. (1) juntamente com o potencial newtoniano usual, e, desprezando-se os demais termos, podemos calcular a diferença relativa teórica entre os potenciais gravitacionais corrigidos e o newtoniano, na forma

$$\frac{\Delta U(r)}{U(r)} = \frac{\frac{GM\mu_{eq}}{r} \left(1 + \alpha_4 \frac{sg}{c^3 \mu_{eq}}\right) - \frac{GM\mu_{eq}}{r}}{\frac{GM\mu_{eq}}{r}} = \left(\frac{\Delta\mu_{eq}}{\mu_{eq}}\right)_{teor.}, \quad (4)$$

onde consideramos o alinhamento ente o spin da partícula e a sua aceleração, a qual será tomada como sendo igual à da superfície da Terra, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Assim, impondo que $(\Delta\mu_{eq} / \mu_{eq})_{teor.} \leq 10^{-12}$, encontramos $\alpha_4 \leq 10^{18}$, ao fazermos $\mu_{eq} \approx 10^{-28} \text{ kg}$ (massa de um núcleon) e $s = \hbar/2$.

Fazemos notar que esse limite para α_4 é compatível com os valores fornecidos para as outras constantes α_1 e α_2 (BARGUEÑO; TUDELA, 2008). Apesar dessa notável restrição nos valores que aquela constante pode assumir, destacamos que, em princípio, o termo com α_4 não desempenha nenhum papel na geração da bioquiralidade molecular, uma vez que, apesar de violar a simetria de paridade, preserva a simetria PT.

Como já havíamos notado, o único termo do potencial dado pela Eq. (1) que constitui uma quiralidade verdadeira é aquele que contém α_2 . Grosso modo, a DEVP entre aminoácidos enantioméricos pode ser encontrada, a partir do referido termo, por

$$\Delta E = 2\alpha_2 \frac{GM}{r^2} \frac{\mathbf{s} \cdot \mathbf{v}}{c^2}, \quad (5)$$

o qual pode ser calculado classicamente uma vez que os termos do potencial de Leitner-Okubo são apenas correções ao potencial gravitacional newtoniano, não sendo quânticos (note que não há dependência explícita com a constante de Planck, apenas com G e c). Com efeito, uma correção quântica teria de levar em conta os valores esperados do operador potencial, calculados relativamente aos estados levógiros e dextrógiros dos enantiômeros. Uma estimativa para o valor máximo da DEVP correspondente pode ser feita a partir do deslocamento de matéria em nebulosas planetárias expelida em alta velocidade, em direções opostas, a partir das camadas exteriores daquilo que um dia foi uma estrela gigante vermelha. Usaremos o exemplo da NGC 2346, a Nebulosa da Borboleta, onde a massa remanescente do objeto central - uma anã branca - é de cerca de 0.64 massas solares, conforme a Figura 3.



Figura 3: Fotografia da nebulosa planetária NGC 2346, dita “da Borboleta”.

Fonte: <https://hubblesite.org/contents/media/images/1999/35/906-Image.html>

A distância das regiões mais externas é de cerca de 0.3 anos-luz até o centro da nebulosa e o valor da velocidade de afastamento está entre 6 e 16 km/s (ARIAS *et al.*, 2007) (consideraremos neste trabalho um valor intermediário, 10 km/s). Levaremos em conta um valor máximo para $\alpha_2 < 10^{17}$ (DORTA-URRA; BARGUEÑO, 2019) e o spin das moléculas de aminoácidos de cerca de $10 \hbar$, as quais consideraremos presentes nos lados simetricamente opostos da nuvem planetária, resultando na referida DEVP, uma vez que em ambas as regiões teremos aminoácidos enantiômeros, inicialmente em quantidades iguais, alinhados paralela e antiparalelamente ao campo de velocidades da nuvem molecular. Substituindo, assim, os parâmetros acima em (5), temos que $\Delta E \leq 10^{-21}$ eV, o que é compatível com os valores apresentados em (BARGUEÑO; GONZALO, 2006) e (BARGUEÑO; TUDELA, 2007).

Ainda com relação ao termo de α_2 na proposta de Leitner-Okubo, cabe destacar que ele é proporcional à chamada helicidade das partículas envolvidas ($h = \mathbf{s} \cdot \mathbf{p}$, onde \mathbf{p} é o momento linear), a qual, para o caso de uma partícula sem massa ou massiva com velocidades ultrarrelativísticas ($pc \gg mc^2$), é um invariante de Lorentz. Os neutrinos, em suas três espécies (tipos elétron, múon e tau), se enquadram em tais partículas, sendo observado que eles apresentam helicidade negativa (spin orientado antiparalelamente ao momento), enquanto que os antineutrinos correspondentes apresentam helicidade positiva, orientando-se paralelamente à sua velocidade. Tal aspecto pode ter alguma influência na produção de quiralidade molecular ao interagirem com os elétrons que

são responsáveis pelas ligações químicas, através da reação puramente leptônica de espalhamento elétron-neutrino $e^- + \nu_e \rightarrow e^- + \nu_e$, a qual é mediada pela interação fraca por meio das chamadas correntes neutras fracas, que envolvem a troca do bóson Z^0 (GOTTFRIED; WEISSKOPF, 1986). Tais neutrinos podem ser astrofísicos, provenientes de explosões de Supernovas, ou cosmológicos, oriundos da fase quente e densa que prevaleceu no Universo primordial.

Com relação à teoria de Chern-Simons gravitacional, descrita através da Eq. (2), como o tensor de Riemann é antissimétrico nos dois primeiros índices e considerando-se $\phi(x)$ um campo escalar ordinário, L_{CS} quebra a simetria de paridade do campo gravitacional, não o fazendo se for um pseudo-escalar (que inverte o sinal por uma operação de paridade, como no caso de uma teoria que inclui os chamados áxions). É importante frisar que, de forma semelhante à birrefringência que ocorre na teoria de Chern-Simons do eletromagnetismo, a teoria de CS da gravidade prevê a ampliação ou extinção de ondas gravitacionais, polarizadas à esquerda ou à direita, no decorrer de propagação (ALEXANDER; MARTIN, 2005). “Portanto, pode-se dizer que a gravidade CS prefere uma quiralidade, já que certos modos de polarização serão aniquilados” (BARGUEÑO, 2015, p. 377).

Já explicamos como diferentes mecanismos dentro das interações, gravitacional e nuclear fraca apresentam uma violação na simetria de paridade e, conseqüentemente, uma DEVP de moléculas enantioméricas. Contudo, como mencionado anteriormente, essas diferenças de energia ainda não foram medidas por serem extremamente pequenas. Mas, ao longo dos anos, diversos experimentos estão sendo sugeridos para este fim (BUSCHMANN *et al.*, 2000). Relembramos que as DEVP's previstas a partir da influência das interações fundamentais da natureza são propostas para a origem da bioquiralidade molecular, não podendo ser responsáveis pela homoquiralidade, ou seja, pela predominância de uma forma enantiomérica em detrimento da outra. Nesse sentido, é válido ressaltar que existem outras sugestões para a origem e amplificação da bioquiralidade das moléculas orgânicas em termos de suas quantidades relativas, das quais destacamos algumas.

A seleção quiral através de mecanismos ópticos consiste no fato de que a luz do Sol, ao ser polarizada circularmente em uma direção e colidindo com aminoácidos, induziria uma quiralidade ao suprimir desproporcionalmente uma das formas enantioméricas (BAILEY *et al.*, 1998). O mecanismo de autocatálise, desenvolvido na década de 50 do século passado por F. Frank (FRANK, 1953), traduz-se em um modelo teórico (matemático) de um processo de reação autocatalítica que explicaria a evolução da bioquiralidade para a homoquiralidade, no qual uma substância desempenha o papel de autocatalisador em sua produção, anulando, simultaneamente, a criação de seu enantiômero especular, o que implica no desenvolvimento de moléculas enantiopuras de uma mistura, originalmente racêmica (BLACKMOND, 2011). Tal processo tem sua evolução descrita por equações

diferenciais não lineares, uma vez que diferenças mínimas nas quantidades relativas de enantiômeros devem ser, com isso, fortemente ampliadas.

Atualmente, os campos de possibilidades existentes se dividem em dois ramos: criação de aminoácidos no meio terrestre, influenciados pelo mecanismo evidenciado no famoso experimento de Miller–Urey (MILLER; UREY, 1959) - para um maior aprofundamento sugerimos ao leitor (WACHTERSHAUSER, 1988; WACHTERSHAUSER, 1992) – e a criação de aminoácidos extra-terrestres, instigados pela descoberta de bioquiralidade molecular presente no meteorito Murchison (KVENVOLDEN *et al.*, 1970; CRONIN; PIZZARELLO, 1997; GLAVIN; DWORKIN, 2009), possuindo ainda elementos fundamentais para a vida, assim como outros meteoritos (MARTINS *et al.*, 2008; CALLAHAN *et al.*, 2011).

As características encontradas no meteorito Murchison reforçam o pensamento proposto já na Grécia Antiga por Anexágoras e, com algumas modificações, por diversos outros pensadores e cientistas ao longo da história, chamado de *panspermia*, segundo o qual a vida não surgiu na Terra. (BOYD, 2012). Ela pode ter sido originada em outro lugar do Universo e para cá transportada, com os mecanismos usuais da seleção natural entrando em ação a seguir.

Dessa forma, o Universo apresenta uma considerável abundância em ambientes propícios ao surgimento da vida. A Terra, mais especificamente seus mares e oceanos, para onde os modelos de autoctonismo relativamente recentes apontam a origem de nossa biologia, seria apenas uma ínfima parcela na vasta gama de sítios onde a vida pode, com toda a probabilidade, brotar e deles, então, espalhar-se por todo o Cosmos.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacamos, neste trabalho, que o estudo da bioquiralidade e homoquiralidade molecular está diretamente ligado ao estudo da origem da vida. Ao sintetizarmos os principais mecanismos sugeridos para essas características da natureza, com enfoque na contribuição de forças fundamentais, pretendemos compartilhar com os diferentes públicos uma questão fascinante, ainda incompreendida, e que reúne diferentes áreas do conhecimento. Contudo, é válido ressaltar que necessitamos colocar em segundo plano o detalhamento de todos os aspectos envolvidos; porém, um leitor interessado em uma maior abrangência e aprofundamento sobre o tema pode consultar nossas referências. A título de síntese, apresentamos, na Figura 4, as principais ideias discutidas no presente artigo.

Assinalamos, em primeiro lugar, a investigação do papel da interação (eletro)fraca na indução da bioquiralidade molecular, considerando as interações elétron-neutrino, neutrino-núcleon, elétron-núcleon e elétron-WIMP, todas mediadas pelos chamados bósons vetoriais carregados (W^\pm) e neutro (Z^0). Em especial, o fato de os neutrinos e antineutrinos carregarem uma helicidade definida, independente do referencial, propiciaria

a mencionada indução de quiralidade nas biomoléculas, ao interagirem com os elétrons responsáveis por suas ligações químicas. O que nos leva a especular que a sopa racêmica pré-orgânica contida nos charcos efervescentes da Terra primordial possa ter sido intensamente bombardeada por neutrinos provenientes de alguma explosão de Supernova ocorrida em nosso quarteirão cósmico, desencadeando o processo de enantioseleção molecular, completado por outros mecanismos como autocatálise química e ulterior seleção darwiniana.

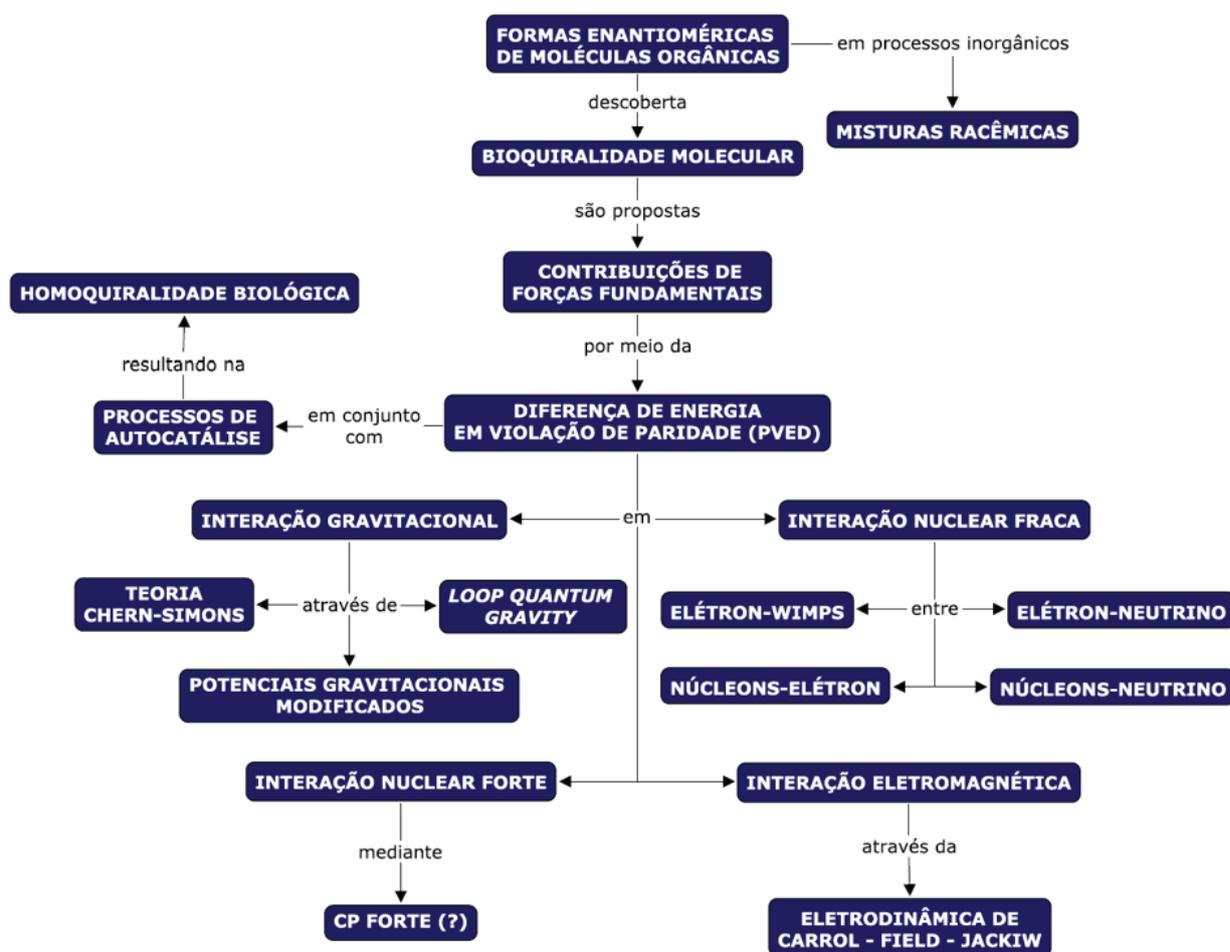


Figura 4: Síntese das principais propostas abordadas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, discutimos processos dependentes da interação gravitacional e sua influência na bioquiralidade, notadamente o papel de teorias como as de Chern-Simons gravitacional e *Loop Quantum Gravity*, assim como a do potencial newtoniano modificado de Leitner-Okubo. Adicionalmente, propusemos um termo de correção neste último, que daria conta do acoplamento do spin da partícula com a sua aceleração, e encontramos um limite superior para o valor do parâmetro adimensional que caracterizaria essa correção, compatível com o associado aos parâmetros dos outros termos. No entanto, notamos que aquele termo quebra conjuntamente as simetrias de paridade e de reversão temporal, não

desempenhando, portanto, qualquer papel na produção de bioquiralidade molecular. Ainda nesse contexto, calculamos, com base no modelo de expansão de nuvens moleculares na nebulosa planetária NGC 2346, um limite superior fenomenológico para a DEVP associada ao termo que depende da helicidade da molécula (acoplamento spin-momento linear), resultando estar dentro da faixa de valores reportada na literatura.

Como uma perspectiva futura, visamos analisar a possível contribuição da interação eletromagnética para a bioquiralidade molecular, em uma teoria 4-D de Chern-Simons, especificamente na eletrodinâmica de Carroll-Field-Jackiw, a qual não possui simetria de paridade. Tal teoria deve implicar uma DEVP na produção de enantiômeros tanto quanto a sua correlata gravitacional, que discutimos neste trabalho. Diferentemente desta última e de sua contraparte em 3-D (planar), a teoria eletromagnética 4-D de CS implica a existência de um campo vetorial de fundo que permearia todo o Universo, o qual violaria, além da paridade, a simetria de Lorentz, contribuindo assim para a quiralidade molecular da vida.

Outro futuro desdobramento do presente trabalho deve enfatizar também possíveis contribuições da interação nuclear forte - que aglutina quarks e glúons no interior de hádrons e estes entre si para formar os núcleos atômicos - para a bioquiralidade molecular, a partir da necessidade de se introduzir, por consistência, um termo na lagrangeana da QCD (*Quantum Chromodynamics*), semelhante aos de Chern-Simons eletromagnético e gravitacional, o qual viola a simetria CP, violação que, não obstante, nunca foi observada experimentalmente, constituindo o chamado *problema CP forte*, ainda em aberto.

Por fim, fechamos o artigo com as palavras visionárias do consagrado autor de obras de ficção e divulgação científica estadunidense de origem russa, Isaac Asimov, escritas no longínquo ano de 1953 e contidas no terceiro volume da trilogia “Fundação”, as quais expressam bem a filosofia deste trabalho (grifo em negrito nosso):

Através do desenvolvimento da matemática necessária para entender os fatos da fisiologia neural e da eletroquímica do sistema nervoso, **os quais eles próprios tinham que ser, tinham que ser, rastreados até as forças nucleares**, primeiro tornou-se possível desenvolver verdadeiramente a psicologia. E através da generalização do conhecimento psicológico do indivíduo para o grupo, a sociologia foi matematizada (ASIMOV, 2009).

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, S.; MARTIN, J. **Birefringent gravitational waves and the consistency check of inflation**. *Physical Review*, v. 71, p. 063526, 2005.

ALEXANDER, S.; YUNES, N. **Chern–simons modified general relativity**. *Physics Reports*, v. 480, p. 1–55, 2009.

ARIAS, L. *et al.* **Kinematics of the molecular hydrogen from the planetary nebula ngc 2346**. *Astronomical Journal*, v. 122, p. 3293–3304, 2007.

ASIMOV, I. **Segunda Fundação**. São Paulo: Aleph, 2009. 240 p.

BAILEY, J. *et al.* **Circular polarization in star-formation regions: Implications for biomolecular homochirality.** *Science*, v. 281, p. 672–674, 1998.

BARGUEÑO, P. **Chirality and gravitational parity violation.** *Chirality*, v. 27, p. 375–381, 2015.

BARGUEÑO, P.; GONZALO, I. **Effect of cosmological neutrinos on discrimination between the two enantiomers of a chiral molecule.** *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, v. 36, p. 171–176, 2006.

BARGUEÑO, P. *et al.* **Could dark matter or neutrinos discriminate between the enantiomers of a chiral molecule?** *Europhysics Letters*, v. 82, p. 13002, 2008.

BARGUEÑO, P.; TUDELA, R. P. **The role of supernova neutrinos on molecular homochirality.** *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, v. 37, p. 253–257, 2007.

_____. **Constraining long-range parity violation in gravitation using high resolution spectroscopy of chiral molecules.** *Physical Review*, v. 78, p. 102004, 2008.

BARRON, L. D. **Symmetry and molecular chirality.** *Chemical Society Reviews*, v. 15, p. 189–223, 1986.

_____. **True and false chirality and absolute asymmetric synthesis.** *Journal of the American Chemical Society*, v. 108, p. 5539–5542, 1986.

_____. **Reactions of chiral molecules in the presence of a time-non-invariant enantiomorphous influence: a new kinetic principle based on the breakdown of microscopic reversibility.** *Chemical Physics Letters*, v. 135, p. 1–8, 1987.

_____. **True and false chirality and absolute enantioselection.** *Rendiconti Lincei*, v. 24, p. 179–189, 2013.

BASSALO, J. M. F.; CATTANI, M. S. D. **A interação eletrofraca e a bioquímica quiral.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 17, n. 3, p. 224–232, 1995.

BINI, D. *et al.* **Spin, acceleration and gravity.** *Classical and Quantum Gravity*, v. 21, p. 3893–3908, 2004.

BLACKMOND, D. G. **The origin of biological homochirality.** *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v. 366, p. 2878–2884, 2011.

BOYD, R. N. *Stardust, Supernovae and the Molecules of Life: Might We All Be Aliens?* New York: Springer, 2012. 109 p.

BOYD, R. N. *et al.* **Supernovae, neutrinos and the chirality of amino acids.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 12, p. 3432–3444, 2011.

BUSCHMANN, H. *et al.* **New developments in the origins of the homochirality of biologically relevant molecules.** *Angewandte Chemie International Edition*, v. 39, p. 4033 – 4036, 2000.

CLOSE, F. **A cebola cósmica.** Lisboa: Edições 70, 1983. 43 p.

COLELLA, R.; OVERHAUSER, A. W. **Neutrons, gravity, and quantum mechanics.** *American Scientist*, v. 68, p. 70–75, 1980.

CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. **Enantiomeric excesses in meteoritic amino acids.** *Sciences*, v. 275, p. 951–955, 1997.

- DASS, N. D. H. **Test for c, p, and t nonconservation in gravitation.** *Physical Review Letters*, v. 36, p. 393 – 395, 1976.
- DORTA-URRA, A.; BARGUEÑO, P. **Homochirality: A perspective from fundamental physics.** *Symmetry*, v. 11, p. 1–9, 2019.
- DYAKIN, V. V. *et al.* **The chain of chirality transfer as determinant of brain functional laterality.** *Neurology and Neuroscience Research*, v. 1, p. 1–12, 2017.
- EINSTEIN, A. **Zur Elektrodynamik bewegter Körper.** *Annalen der Physik*, n. 17, p. 891–921, 1905.
- _____. **Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie.** *Annalen der Physik*, n. 49, p. 769–822, 1916.
- FAMIANO, M. *et al.* **Determining amino acid chirality in the supernova neutrino processing model.** *Symmetry*, v. 6, p. 909–925, 2014.
- FRANK, F. C. **On spontaneous asymmetric synthesis.** *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 11, p. 459–463, 1953.
- FREIDEL, L. *et al.* **Quantum gravity, torsion, parity violation, and all that.** *Physical Review*, v. 72, p. 104002, 2005.
- GAL, J. **The discovery of biological enantioselectivity: Louis pasteur and the fermentation of tartaric acid, 1857—a review and analysis 150 yr later.** *Chirality*, v. 20, p. 5–19, 2008.
- _____. **Louis pasteur, language, and molecular chirality. i. background and Dissymmetry.** *Chirality*, v. 23, p. 1–16, 2011.
- GLAVIN, D. P.; DWORKIN, J. P. **Enrichment of the amino acid I isovaline by aqueous alteration on ci and cm meteorite parent bodies.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, p. 5487–5492, 2009.
- GOTTFRIED, K.; WEISSKOPF, V. F. **Concepts of Particle Physics**, Vol. 1. Oxford: Oxford University Press, 1986. 189 p.
- KVENVOLDEN, K. *et al.* **Evidence for extraterrestrial amino-acids and hydrocarbons in the murchison meteorite.** *Nature*, v. 228, p. 923–926, 1970.
- LEITNER, J.; OKUBO, S. **Parity, charge conjugation, and time reversal in the gravitational interaction.** *Physical Review*, v. 136, p. 1542–1546, 1964.
- MILLER, S. L.; UREY, H. C. **Organic compound synthesis on the primitive earth.** *Science*, v. 130, p. 245–251, 1959.
- NEWTON, I. **Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica.** 3. ed. Londres: Royal Society e Typis Streater, 1687.
- NÚÑEZ, M. C. *et al.* **Homochiral drugs: A demanding tendency of the pharmaceutical industry.** *Current Medicinal Chemistry*, v. 16, p. 2064–2074, 2009.
- PETERSEN, M.; SAUTER, M. **Biotechnology in the fine-chemicals industry: Cyclic amino acids by enantioselective biocatalysis.** *Chimia*, v. 53, p. 608–612, 1999.
- RAJASEKARAN, G. **Fermi and the theory of weak interactions.** *Resonance*, v. 19, p. 18–44, 2014.

TAKAHASHI, J.; KOBAYASHI, K. **Origin of terrestrial biorganic homochirality and symmetry breaking in the universe.** *Symmetry*, v. 11, p. 1–11, 2019.

WACHTERSHAUSER, G. **Before enzymes and templates: Theory of surface metabolism.** *Microbiological Reviews*, v. 52, p. 452–484, 1988.

_____. **Groundworks for an evolutionary biochemistry: The iron-sulphur world.** *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, v. 58, p. 85–201, 1992.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem Termodinâmica 25, 26

Ácidos Graxos 27, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 111, 112, 115, 116, 117

Adsorção 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139

Aguardente 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Alaranjado de Metila 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Antiacetilcolinesterase 58, 59, 61, 62, 63

Artemia Salina 58, 59, 60, 62, 63, 149, 151, 155, 156, 160, 163, 164, 165

Azo-Composto 73, 74, 75

B

Bioquiralidade 1, 2, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 14

C

Canela 159, 160, 165, 167

Carvão Ativado 48, 49, 56, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 137, 138, 139

Casca da Semente de Pinhão 124, 129, 131, 137

Ciclo de Refrigeração Por Absorção 100, 101, 102, 103, 104, 107, 108

Citrus Sinensis 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158

Coefficiente de Desempenho 100, 101, 103

Combustão 91, 92, 93, 94, 96, 97

Corante 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 73, 74, 137

D

Delineamento Fatorial 124, 130

E

Egfet 169, 170, 171, 172, 174, 175

Eletroquímica 14, 176, 177, 178, 179, 180, 182

Energia 1, 2, 4, 8, 11, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 50, 51, 54, 70, 91, 93, 94, 101, 103, 107, 127, 141, 143, 144, 145, 146, 177, 178, 180

Energia Nuclear 141, 143, 145, 146

Equilíbrio Químico 30, 91, 93, 98

F

Fécula 40, 41

Fermentação 3, 39, 40, 42, 43, 44, 45

G

Gengibre 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Glicerol 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 111, 112, 113, 116

I

Interações Fundamentais 2, 6, 11

L

Larvicida 155, 157, 159, 160, 162, 163, 165, 166, 167, 168

Laser Scanner Terrestre 79, 80

Limites de Inflamabilidade 91, 92, 93, 97, 98

M

Maximização de Entropia 25, 26, 29, 32

Medicina Nuclear 141, 143, 145, 146, 147

Modellus 18, 19, 20, 21, 22

Modelo Geológico 79, 81, 85

Momordica Charantia 58, 59, 63

N

N-Butano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108

N-Octano 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109

Núcleo Atômico 141, 143, 145, 146

O

Oficina Pedagógica 176, 177

Óleo Essencial 46, 48, 57, 148, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 162, 167

Óleo Vegetal 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119

P

Pêndulo Simples 18, 19, 20, 21

Ph 169

Planejamento Mineiro 79, 84

Poliuretana 110, 117, 118

R

Radioisótopos 141, 142, 143, 144, 145, 146

Reposição Óssea 110, 117

S

Sacarificação 40, 42, 44

Sensor De 169, 170

T

Temperatura 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 42, 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 151, 153, 156

Temperatura Adiabática da Chama 91, 93, 94, 95, 97, 98

Temperatura Normal de Ebulição 64, 65, 67, 68, 69, 70

Termodinâmica Química 64

Toxicidade 58, 59, 60, 61, 62, 75, 100, 102, 111, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020