



Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País

Júlio César Ribeiro
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020



Ciências Exatas e da Terra:
Conhecimentos
Estratégicos para o
Desenvolvimento do País

Júlio César Ribeiro
(Organizador)

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: Karine de Lima

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 Internazionale delle Figlie di 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 exatas e da terra [recurso eletrônico] : conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-160-2 DOI 10.22533/at.ed.602200207</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia e inovação. I. Ribeiro, Júlio César.</p> <p style="text-align: right;">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 socioeconômico do País está assentado primordialmente na inovação baseada no seu desenvolvimento científico e tecnológico.

É notado, principalmente nos últimos anos, que há grande necessidade de fortalecimento e expansão da capacidade de pesquisa e de inovação, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade.

Neste contexto, o E-book “Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País” foi composto por uma coletânea de trabalhos relacionados às Ciências Exatas e da Terra que contemplam os mais variados temas ligados ao desenvolvimento.

Os 20 capítulos que constituem a presente obra, elaborados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, permitem aos leitores analisar e discutir assuntos tais como: importância das ondas eletromagnéticas e transmissão na camada da ionosfera, produção de filmes de polímeros a partir de diferentes complexos para aplicação em células solares, estudo de diferentes metodologias na caracterização de material polimérico, utilização de modelagem numérica na investigação da dispersão de plumas poluentes, aplicação de malhas computacionais para a verificação do transporte de doenças de plantas pelo ar, dentre outros assuntos de relevância para as Ciências Exatas e da Terra.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, esperamos que este E-book possa proporcionar reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Júlio César Ribeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS ORIENTAÇÕES DE COMO DEMARCAR A IMAGINÁRIA LINHA DE PREAMAR MÉDIA DE 1831	
Flavio Boscatto Cesar Rogério Cabral Everton da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6022002071	
CAPÍTULO 2	13
NUMERICAL MODELING OF SEWAGE OUTFALLS PLUMES IN THE COAST OF THE STATE OF PARANÁ – BRAZIL	
Paola Galluzzi Polesi Joseph Harari Tiago Cortez Samuel Hora Yang	
DOI 10.22533/at.ed.6022002072	
CAPÍTULO 3	30
APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD E ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO ESTUDO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO EM ARACAJU/SE	
José Batista Siqueira Thomaz Oliveira Teixeira Samiramisthaís Souza Linhares Luiz Alberto Vedana Paulo Henrique Stefano	
DOI 10.22533/at.ed.6022002073	
CAPÍTULO 4	43
ANÁLISES DE GERAÇÃO DE MALHA NA MODELAGEM NUMÉRICA DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR	
Michel Kepes Rodrigues Jairo Valões de Alencar Ramalho Ruth da Silva Brum Luiz Alberto Oliveira Rocha Elizaldo Domingues dos Santos Liércio André Isoldi	
DOI 10.22533/at.ed.6022002074	
CAPÍTULO 5	55
AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E APLICAÇÃO NA TRANSMISSÃO NA CAMADA DA IONOSFERA	
José Augusto dos Santos Cardoso Wendel Correa dos Santos José Francisco da Silva Costa Antonio Maia de Jesus Chaves Neto Sebastião Gomes Silva Manuel de Jesus dos Santos Costa Alessandre Sampaio Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6022002075	

CAPÍTULO 6 76

DECIFRANDO O ARCO-ÍRIS E O EFEITO GLÓRIA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO SISTEMAS DINÂMICOS

Janaína Dias da Silva

Alberto Tufaile

DOI 10.22533/at.ed.6022002076

CAPÍTULO 7 88

MAGIC: INTERAÇÃO ENTRE HOBBY E LUCRO

Victor Ferreira da Silva

Édipo Menezes da Silva

Kelly Pereira de Lima

João Domingos Scalon

DOI 10.22533/at.ed.6022002077

CAPÍTULO 8 93

A SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E O LIXO ELETRÔNICO: DESAFIOS, REFLEXÕES E OPORTUNIDADES

Fábio Henrique Angelo dos Santos

Luana Maia Woida

DOI 10.22533/at.ed.6022002078

CAPÍTULO 9 109

APLICAÇÃO SIMULTÂNEA DE CALOR E MASSA NO PROCESSO DE SECAGEM DO ABIU

Nathalia Cristina Ramos Lima

Julles Mitoura dos Santos Junior

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho

Ronaldo Maison Martins Costa

Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.6022002079

CAPÍTULO 10 119

BIOCONTROLE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORIGANUM VULGARE FRENTE ÀS LARVAS DE *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Juliana de Sousa Figuerêdo

Felipe Pereira da Silva Santos

Matheus Oliveira do Nascimento

Patrícia e Silva Alves

Lucas Mendes Feitosa Dias

Layana Karine Farias Lima

Aline Aparecida Carvalho França

Edymilaís da Silva Sousa

Pedro Vitor Oliveira Silva Furtado

Veruska Cavalcanti Barros

José Luíz Silva Sá

Chistiane Mendes Feitosa

DOI 10.22533/at.ed.60220020710

CAPÍTULO 11 133

COMPLEXOS B-DICETONATOS LUMINESCENTES BASEADOS EM ÍONS TERRAS RARAS DISPERSOS EM POLÍMEROS TRANSPARENTES PARA APLICAÇÕES EM CÉLULAS SOLARES

Gabriel de Moraes Rodrigues

Ivan Guide Nunes da Silva

Danilo Mustafa

DOI 10.22533/at.ed.60220020711

CAPÍTULO 12 146

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES DAS PENEIRAS MOLECULARES: SBA-16, FDU-12, SBA-15 E MCM-41

Mayara Resende Alves
Mateus Freitas Paiva
Elon Ferreira de Freitas
Sílvia Cláudia Loureiro Dias
José Alves Dias

DOI 10.22533/at.ed.60220020712

CAPÍTULO 13 160

UMA EFICIENTE SÍNTESE DE DERIVADOS DE TRIARILMETANO

Shirley Muniz Machado Rodrigues
Giovanni Stoppa Baviera
Daniel Previdi
Alexandre de Almeida Matias
Paulo Marcos Donate

DOI 10.22533/at.ed.60220020713

CAPÍTULO 14 170

IDENTIFICAÇÃO NÃO INVASIVA DE MATERIAL POLIMÉRICO COM A TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA FTIR: BANCO DE DADOS DE REFERÊNCIA E APLICAÇÃO PRÁTICA

Fabrcio de Melo Rodrigues Barbosa
Mrcia de Almeida Rizzutto
Wanda Gabriel Pereira Engel

DOI 10.22533/at.ed.60220020714

CAPÍTULO 15 183

SOLOS DO BRASIL: GÊNESE, CLASSIFICAÇÃO E LIMITAÇÕES AO USO

Carlos Roberto Pinheiro Junior
Marcos Gervasio Pereira
Eduardo Carvalho da Silva Neto
Lcia Helena Cunha dos Anjos
Ademir Fontana

DOI 10.22533/at.ed.60220020715

CAPÍTULO 16 200

DETERMINAÇÃO DE HEXAZINONA EM AMOSTRAS DE SOLO POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

Auriléia Pereira da Silva
Lucina Rocha Sousa

DOI 10.22533/at.ed.60220020716

CAPÍTULO 17 225

GERAÇÃO DE MALHA PARA DESCREVER A DISPERSÃO DA FERRUGEM DA SOJA NO PARANÁ

Eduardo Oliveira Belinelli
Paulo Laerte Natti
Neyva Maria Lopes Romeiro
Eliandro Rodrigues Cirilo
Lucas Henrique Fantin
Karla Braga de Oliveira
Marcelo Giovanetti Canteri
Érica Regina Takano Natti

DOI 10.22533/at.ed.60220020717

CAPÍTULO 18	240
ESTUDO DA ARTE SOBRE A UTILIZAÇÃO DO ÓLEO FÚSEL A PARTIR DA PRODUÇÃO DE ETANOL DA CANA-DE-AÇÚCAR	
Raquel Santos da Silva	
Danielle Christine Almeida Jaguaribe	
Joelma Morais Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.60220020718	
CAPÍTULO 19	249
FORMAS ASSOCIATIVISTAS DA COMUNIDADE QUILOMBOLA NOSSA SENHORA DO LIVRAMENTO, IGARAPÉ-AÇU/PA	
Jéssica Vasconcelos Ferreira	
Raiana Rocha Pereira	
Francisco Laurimar do Nascimento Andrade	
Fabiana Mar dos Santos	
Nayra Silva do Vale	
Luiz Cláudio Moreira Melo Júnior	
Eleci Teresinha Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.60220020719	
CAPÍTULO 20	259
ESTUDO DO EFEITO MEMÓRIA E FOTOLUMINESCÊNCIA EM HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES (HDL)	
Alexandre Candido Teixeira	
Alysson Ferreira Morais	
Ivan Guide Nunes da Silva	
Danilo Mustafa	
DOI 10.22533/at.ed.60220020720	
SOBRE O ORGANIZADOR	273
ÍNDICE REMISSIVO	274

DECIFRANDO O ARCO-ÍRIS E O EFEITO GLÓRIA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO SISTEMAS DINÂMICOS

Data de aceite: 24/06/2020

Data de submissão: 06/03/2020

Janaína Dias da Silva

Escola de Artes, Ciências e Humanidades da
Universidade de São Paulo,
São Paulo – SP.

<http://lattes.cnpq.br/6655193769169425>

Alberto Tufaile

Escola de Artes, Ciências e Humanidades da
Universidade de São Paulo,
São Paulo – SP.

<http://lattes.cnpq.br/0074061092302125>

RESUMO: Este artigo refere-se ao desenvolvimento de dois sistemas ópticos para estudar e reproduzir algumas características de dois fenômenos atmosféricos: O Arco-íris e o Efeito Glória, a fim de explorar e explicar as propriedades da óptica geométrica e de onda em cada caso, para serem utilizados no ensino de estudantes em nível médio. Para tanto, propusemos experimentações práticas de visualização, sendo o fenômeno do arco-íris relacionado com a incidência de um feixe de luz monocromática sobre um cilindro, e o efeito glória relacionado com o fenômeno de interferência, elucidado por um filme fino. Analisamos os resultados obtidos em acordo com os cálculos físico-matemáticos de

aproximação com os fenômenos atmosféricos.

PALAVRAS-CHAVE: Estudo do arco-íris, efeito glória, física óptica, cáustica, interferência ondulatória.

UNVEILING THE RAINBOW AND THE GLORY EFFECT: AN APPROACH USING DYNAMICAL SYSTEMS

ABSTRACT: This article refers to the development of two optical systems to study and reproduce some characteristics of two atmospheric phenomena: The Rainbow and the Glory Effect, in order to explore and explain the properties of geometric and wave optics in each case, for be used in teaching high school students. For this we proposed practical visualization experiments, the rainbow phenomenon being related to the incidence of a monochromatic light beam on a cylinder, and the glory effect related to the interference phenomenon, elucidated by a thin film. We analyzed the results obtained in according to the physical-mathematical calculations of approximation with atmospheric phenomena.

KEYWORDS: rainbow study, glory effect, optical physics, caustic, wave interference.

1 | INTRODUÇÃO

O arco-íris que durante milênios despertou a curiosidade e apreciação de pessoas no mundo todo, é envolto hoje no consenso de que sua causa não é mais do que um fenômeno físico de separação da luz solar na atmosfera, apesar disso, explicações simples e coerentes não são encontradas de modo facilitado, por isso, pesquisamos sobre o comportamento da luz na umidade presente na atmosfera, correlacionando com o experimento de um feixe de luz monocromática (laser) incidente em um cilindro. Uma das principais características do arco-íris é que o processo de separação de cores (dispersão) que vemos está baseado no fato de que o arco-íris é uma cáustica, ou seja, para cada cor, os raios luminosos separados por difração se localizam em ângulos bem definidos. Nesta cáustica ocorre um processo de sobreposição dos raios luminosos semelhantes a uma “dobra”. Este trabalho visa a pesquisa exploratória no processo de “dobra” da luz em um sistema experimental análogo.

Diferente do fenômeno observado no arco-íris, o efeito glória é bastante conhecido por seus halos concêntricos que são vislumbrados ao redor da sombra do observador. No final do século XIX, o físico escocês Charles T.R Wilson ao se propor a reproduzir em experimento a atmosfera para estudo do efeito Glória desenvolveu a Câmara de nuvens, através dela foi possível detectar partículas de raios cósmicos com uma estrutura simples, consistindo em uma câmara com vapor de água em seu interior, que ao ser bombardeada com partículas oriundas de raios x ou gama, ionizam o vapor que será condensado.

Ao se visualizar a condensação, é possível reconhecer a passagem de partículas subatômicas. Apesar da notória contribuição científica de Wilson para a detecção de partículas que lhe rendeu um nobel em 1927, a experiência falhou na contribuição para a exploração do fenômeno que ainda hoje proporciona desacordos. De acordo com Nussenzveig (2012), o efeito glória envolve o conceito de tunelamento clássico, podendo ser simulado através de um dispositivo óptico que permite a observação de ondas luminosas de superfície. Através dele podemos reproduzir um sistema análogo ao fenômeno, onde é possível observar padrões de interferência característicos do processo de sobreposição de ondas eletromagnéticas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado através de pesquisa bibliográfica sobre o comportamento óptico da luz, concomitantemente com experiências que simulam o comportamento da luz no fenômeno do arco-íris e do efeito glória, em função de obter correlação dos dados obtidos experimentalmente com os dados encontrados na literatura. As equações e dados levantados foram equiparados ao levantamento bibliográficos a respeito das cáusticas enquanto cúspides ópticas, promovendo a experimentação física através de aparato que se encontra no laboratório de matéria mole da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.

Estudou-se a refração e reflexão múltipla em cilindro para a compreensão do

comportamento dos raios no fenômeno do arco-íris, distinguindo os diferentes raios de classe provenientes das reflexões internas. Obtendo-se a compreensão dos raios de classe, foi-se analisado o raio denominado “raio de classe 2”, que antecede o arco-íris primário, originado no raio denominado de “raio de classe 3”, bem como as condições necessárias para sua formação em função do parâmetro de impacto.

Em acordo com a metodologia empregada no estudo do fenômeno do arco-íris, a pesquisa sobre o fenômeno glória ocorreu concomitante com levantamento bibliográfico e simulação em laboratório. O padrão de interferência encontrado na película de sabão foi relacionado com a diferença de sua tensão superficial.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para reproduzir as reflexões e refrações observadas no estudo do comportamento da luz no fenômeno do arco-íris, elaborou-se um experimento em acordo com o levantamento bibliográfico (NUSSENZVEIG, 1977) do comportamento da luz geométrica na gota. O raio que originou o arco-íris primário foi o raio de classe 3, em função de ser o primeiro a ser refratado para a região exterior a gota após ter ocorrido reflexão interna, isto é, uma “dobra” na luz incidente, uma cáustica de cúspide (Figura 1).

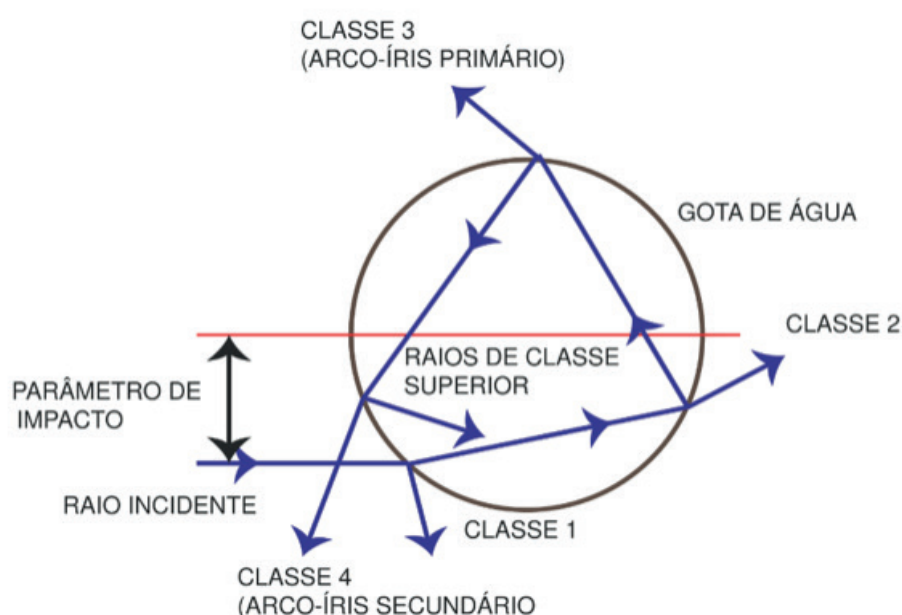


Figura 1. Ilustração da geometria do Arco-Íris na gota de água. Fonte: Autoria própria.

Através do experimento realizado (Figura 2), pude-se estabelecer correlação dos raios observados e suas respectivas ordens, ponderando sobre suas trajetórias individualmente. Para tanto, incidiu-se um feixe monocromático (laser) em um cilindro de 1mm e índice de refração de cerca de 1,5, a projeção da imagem foi observada em uma tela composta por uma folha de papel A4.

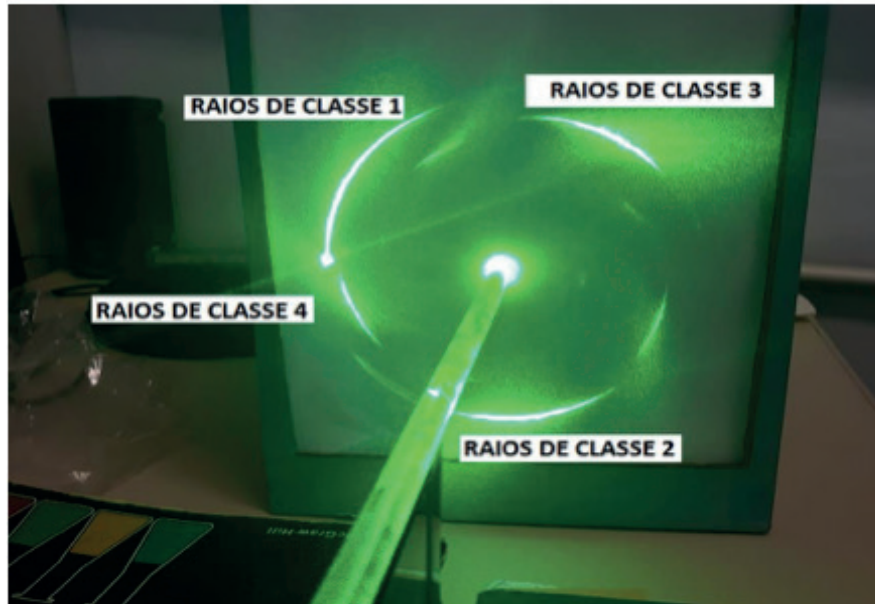


Figura 2. Fotografia do experimento realizado com o cilindro. Fonte: Autoria própria.

O raio de classe 3 que originou o Arco-íris é encontrado na literatura com o nome de *raio cartesiano*, isto é, o raio que possui o parâmetro de impacto de $7/8$ do raio da gota, medido do centro da gota ao raio incidente (ver Figura 1). Este raio possui o menor desvio de ângulo de entrada e saída em relação aos demais raios que atingem a gota.

Para a representação do raio cartesiano, propôs-se uma experimentação com o auxílio de materiais simples (Figura 3).



Figura 3. Fotografia do experimento realizado para observação do raio cartesiano. Fonte: Autoria própria.

O menor desvio foi obtido movimentando-se o feixe de luz, variando-se o seu parâmetro de impacto, onde verificou-se que, o raio refletido internamente que foi refratado se deslocou em função do raio incidente, alterando sua trajetória em sentido contrário, conforme ilustrado na Figura 4.

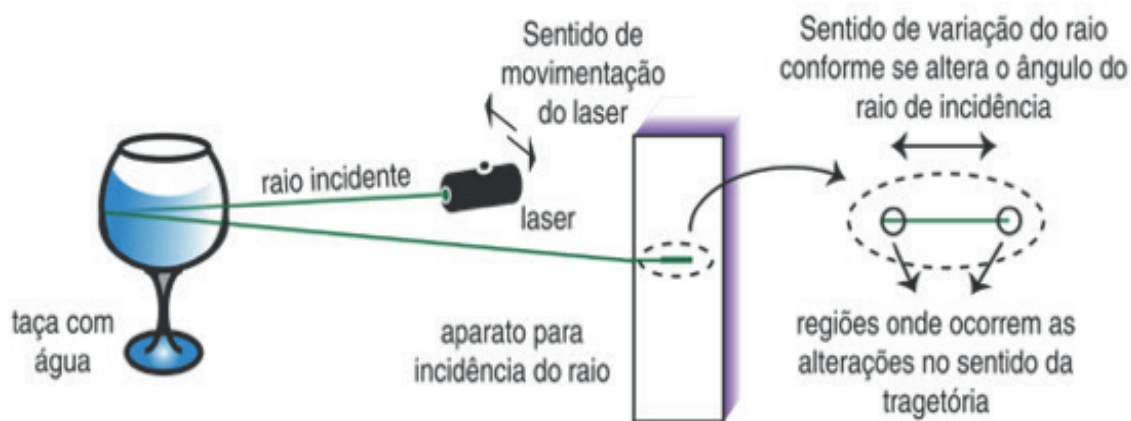


Figura 4. Ilustração do Experimento realizado para observação do raio cartesiano. Fonte: Autoria própria.

Através da variação do ângulo θ (ângulo de saída do raio da gota) em função do parâmetro de impacto h , obteremos o raio cartesiano $\frac{dr}{di}$. Assim, o raio cartesiano é dado pela relação: $\cos i = \sqrt{\frac{1}{3} - (n^2 - 1)}$.

As propriedades matemáticas da cáustica do arco-íris estão associadas com a teoria de catástrofe (TUFAILE e TUFAILE, 2019), sendo o arco-íris uma catástrofe de cúspide como está demonstrado na Figura 5. A função cúbica é responsável pela formação da cáustica, sendo esta a região em que é possível observar uma dobra na frente de onda, oriunda do raio cartesiano (Figura 6).

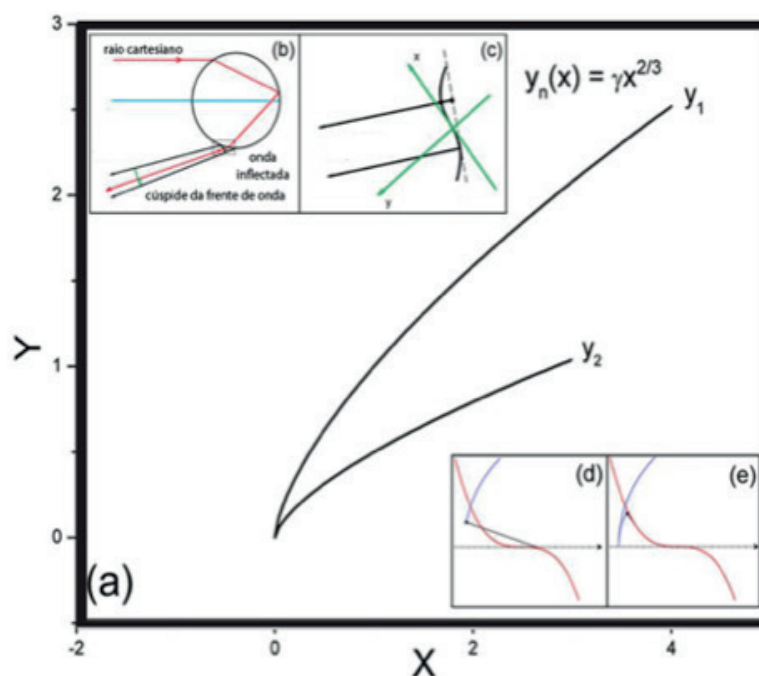


Figura 5. Representação da função cúbica e a cáustica de cúspide. Legenda: a) imagem dos raios projetados pela gota; b) diagrama de catástrofes na gota; c) dobra dos raios luminosos da gota; d) e e) formação de involuta utilizando uma função cúbica.

Fonte: TUFAILE, A.; TUFAILE, A. SILVA, J. Optical elements based in dynamical systems. 2019 in Washington, DC.

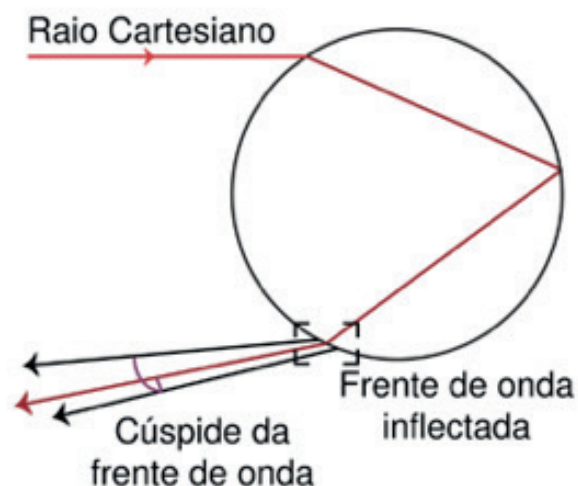


Figura 6. Representação da frente de onda inflectada. Fonte: TUFAILE, A.; TUFAILE, A. SILVA, J. Optical elements based in dynamical systems. 2019 in Washington, DC.

A experimentação proporcionou ainda, a visualização da medida de abertura do ângulo da cáustica diferente da observada no arco-íris (Figura 7).



Figura 7. Esquematização da cáustica formada na gota e no cilindro. Fonte: Autoria própria.

A Figura 8 refere-se a um registro fotográfico de cáusticas observadas no experimento com cilindro, sendo o aparato utilizado para a realização, o mesmo ilustrado na Figura 4.



Figura 8. Fotografia de cúspides. Fonte: Autoria própria.

Durante o registro da Figura 8, foi possível observar o fenômeno de interferência da sobreposição de ondas em uma cáustica, assunto que será discutido a seguir para o próximo experimento. O fenômeno foi registrado em fotografia (Figura 9).



Figura 9. Fotografia de interferência em sobreposição de ondas. Fonte: Autoria própria.

Diferente do fenômeno do arco-íris, o efeito Glória não pode ser elucidado através de teorias de reflexão e refração, uma vez em que o fenômeno presente nos Glórias é resultado de interferências eletromagnéticas, e para isso, é necessário analisar a luz enquanto onda eletromagnética. Isto é, a criação de um campo elétrico e um campo magnético, perpendiculares ao seu sentido de propagação (Figura 10).

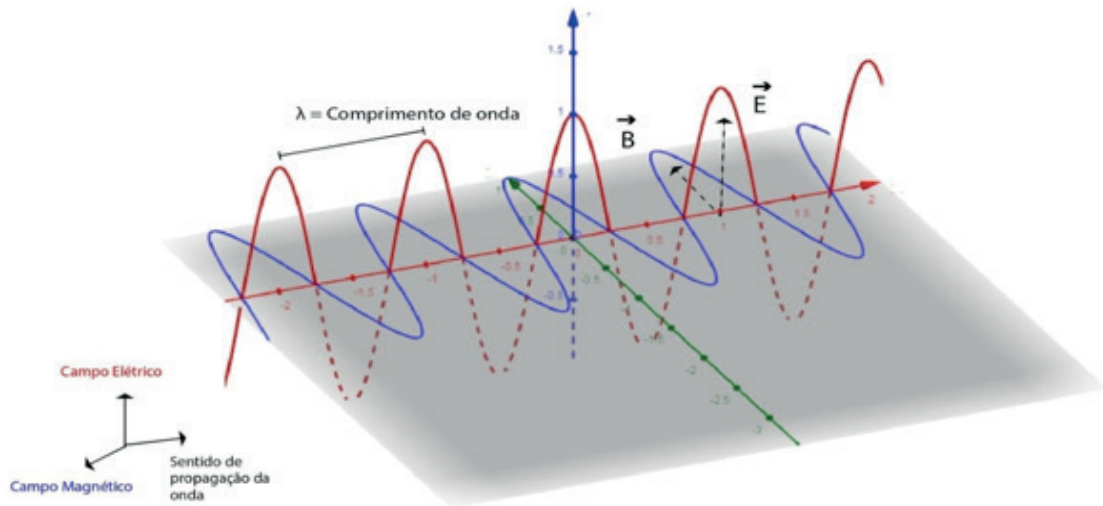


Figura 10. Ondas eletromagnéticas. Fonte: Autoria própria.

O comportamento ondulatório da luz produz um padrão de interferência denominado de “franjas de interferência”. As franjas são compostas por regiões escuras e claras que se alternam, em razão da diferença de fase entre os comprimentos de onda. Quando há a superposição de duas ondas em fase idêntica, será produzida uma onda de mesma frequência com o dobro da amplitude, responsável pela área brilhante das franjas. Quando as ondas se encontram em situação intermediária, fora de fase, haverá um cancelamento parcial. Caso estejam fora de fase com a diferença de meio comprimento de onda, irão se anular totalmente, surgindo então as áreas escuras da franja.

Em laboratório, realizamos um experimento para analisar filmes finos e seu padrão de interferência (Figura 11).

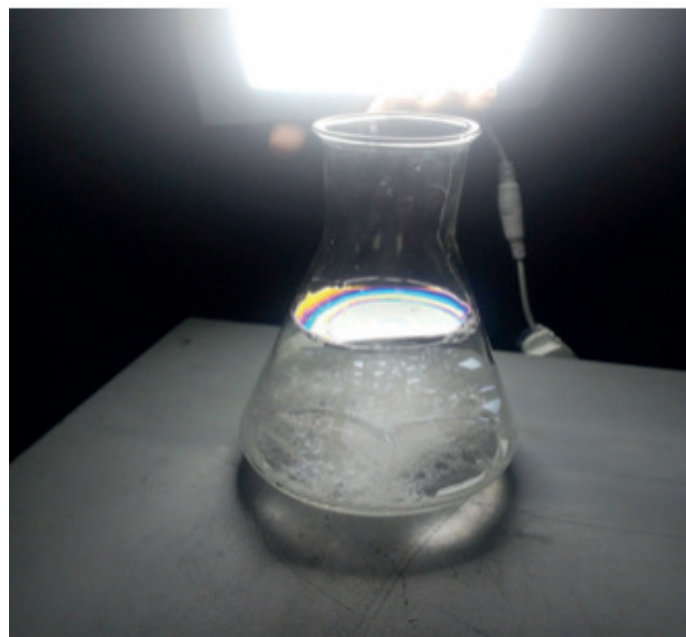


Figura 11. Fotografia do experimento com filmes finos. Fonte: Autoria própria.

Com o experimento foi possível observar a formação de uma película de filme fino com

padrões de interferência (Figura 12).

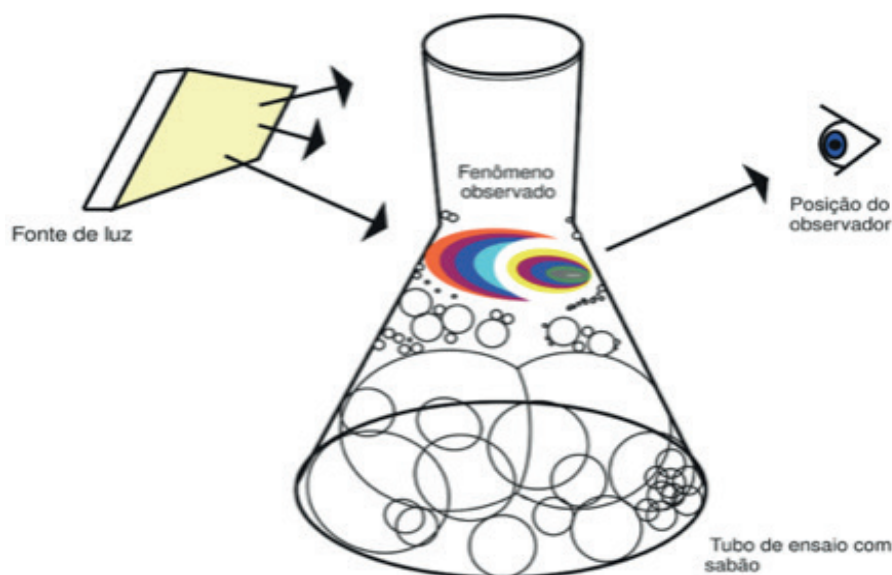


Figura 12. Ilustração do experimento realizado com filmes finos. Fonte - Autoria própria.

Note que a região central é mais curvada, isto ocorre em decorrência da ação da gravidade e da tensão superficial do sabão. A região de maior espessura de sabão alterna-se entre as cores verde e rosa, enquanto os demais padrões coloridos são encontrados nas extremidades em razão da menor espessura da película de sabão.

O padrão de interferência visualizado no experimento é demonstrado nas Figuras 13 e 14. A ordem das cores observadas é examinada em relação com o índice de birrefringência, dado pela diferença entre os valores máximos e mínimos do índice de refração de um material, em perspectiva sobre o filme fino de sabão, estando cada cor presente no filme de acordo com a espessura do filme e seu nível de birrefringência.

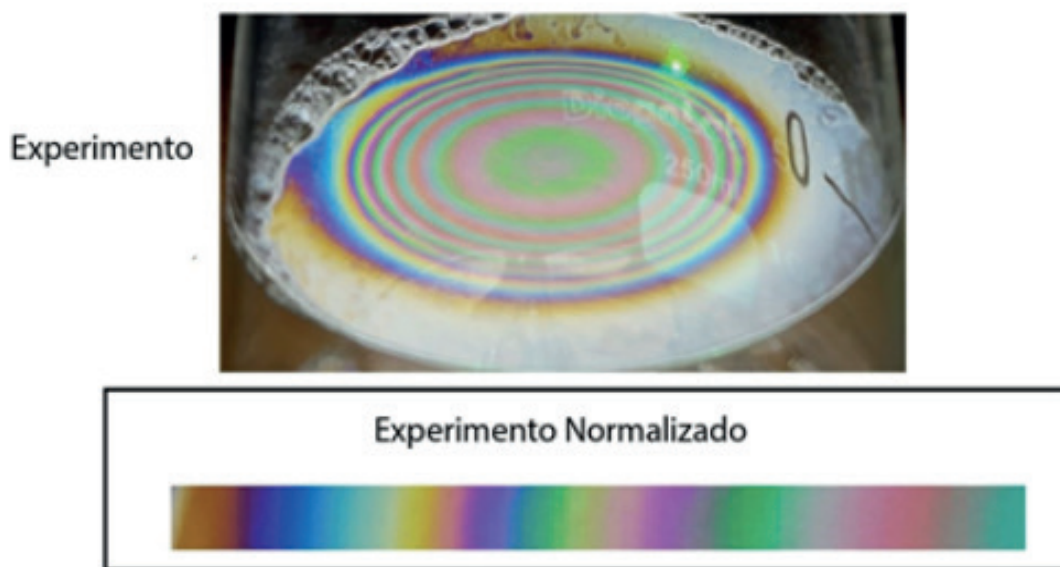


Figura 13. Fotografia representativa do experimento realizado. Fonte: Autoria própria.

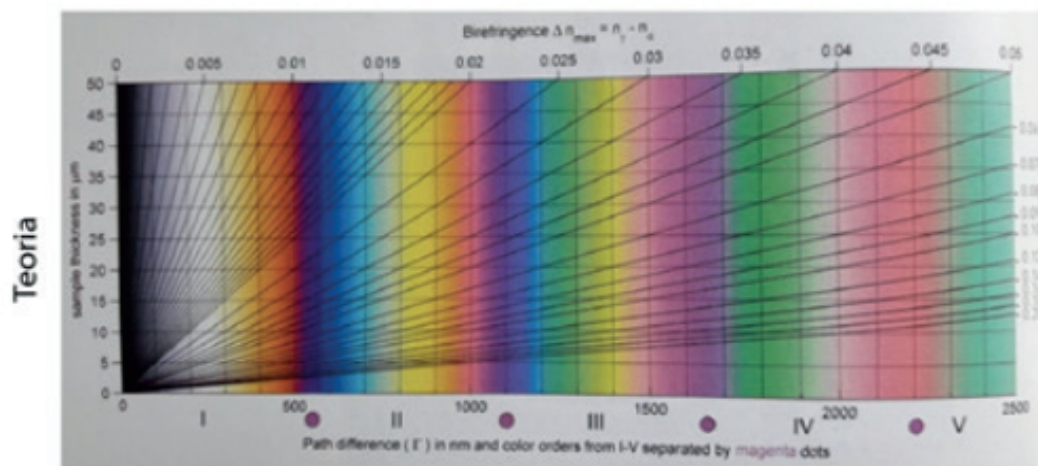


Figura 14. Tabela de correlação entre os níveis de birrefringência e espessura do filme. Fonte: Sørensen, Bjørn. (2013). A revised Michel-Lévy interference colour chart based on first-principles calculations. 2013.

O padrão de interferência no filme é passível de visualização apenas se a fonte de luz incidir primeiramente no filme, e posteriormente, nos olhos do observador. O efeito Glória para ser visualizado é necessário que haja um alinhamento entre o sol, o observador e a nuvem sobre a qual a sombra será projetada (Figura 15).



Figura 15. Ilustração do efeito glória na sombra de um observador. Fonte: Autoria própria.

Uma das primeiras teorias para a origem do efeito Glória (NUSSENZVEIG, 2012) propunha uma condição de comportamento na qual os raios de luz refratariam na medida em que adentrassem a gota, refletindo em seu interior e refletiriam novamente no mesmo sentido em que adentraram, porém, o índice de refração da água não seria suficiente para causar o desvio, retornando o raio na mesma direção. Uma segunda teoria propusera que os raios que beiravam a gota poderiam temporariamente a transformar em uma superfície

eletromagnética, ocorrendo em uma curta distância da superfície curva durante a entrada e saída do raio, dessa forma, a luz poderia sofrer desvio no ângulo necessário para retornar na mesma direção. Esse efeito pode ocorrer, mas com uma contribuição menor de energia global para o observável no efeito glória.

Posteriormente, uma teoria matemática foi postulada para estudar os glórias através de cálculos complexos, apesar da complexidade e ausência de informação acerca da física implícita, foi-se possível demonstrar que a maior parte da luz visualizada no fenômeno é oriunda da energia de tunelamento em gotas de água por raios que beiram a superfície da gota. O tunelamento é uma característica presente em ondas, estudado na física quântica e na física clássica (Figura 16).

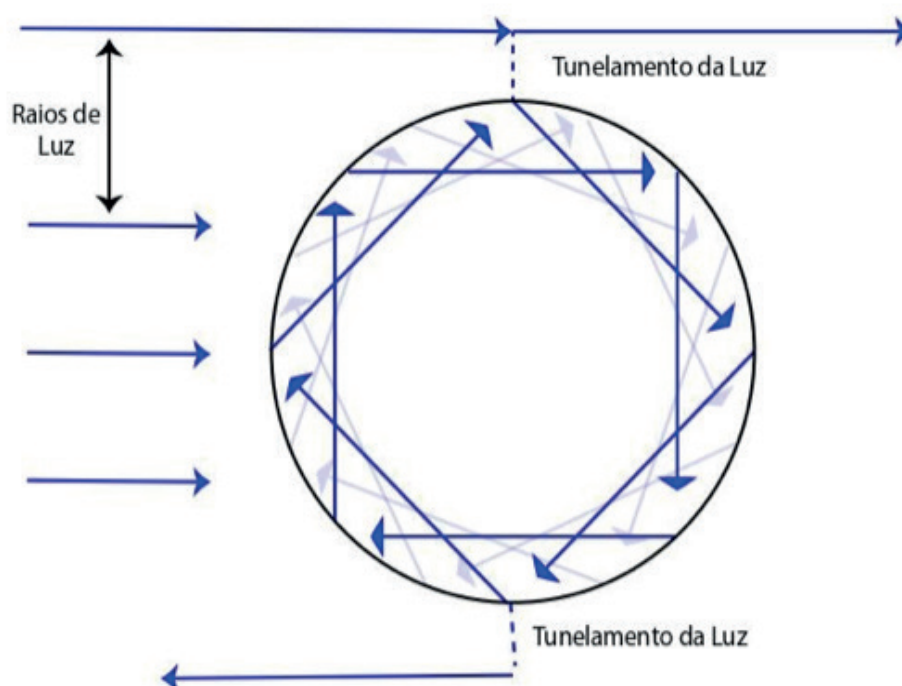


Figura 16. Esquematização do tunelamento da luz. Fonte: Nussenzveig, H. M. The science of the glory, Scientific American, January, 2012.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propriedades matemáticas da cáustica do arco-íris estão associadas com a teoria de catástrofe em função da não previsibilidade dos raios de classe superior que sofrem múltiplas reflexões internas na gota de água. Propôs-se estudar os raios de classe 3, responsáveis pelo surgimento do arco-íris primário em função da primeira reflexão interna, proveniente do raio cartesiano (NUSSENZVEIG 1977) de onde se emerge a cáustica, descrita pela função cúbica, região onde a onda sofre inflexão. Através do experimento com o cilindro, foi possível observar a medida de abertura do ângulo da onda inflectada diferente da observada no arco-íris, em virtude da não equivalência física e óptica dos materiais.

O padrão de interferência visualizado no experimento com o filme fino, dado pelo índice de birrefringência demonstrou ser satisfatório para o ensino de alunos em nível médio não

familiarizados com as propriedades eletromagnéticas da luz. Dessa forma, o estudo do fenômeno da interferência do filme fino propicia a compreensão do fenômeno que ocorre nos glórias, em ambos é necessária a aplicação da luz compreendida como onda eletromagnética, diferente do estudado no arco-íris, onde analisamos o comportamento geométrico da luz.

O experimento com o cilindro, aplicável no ensino do comportamento geométrico da luz enriquece o desenvolvimento no ensino dos fenômenos ópticos envolvidos no processo de formação do arco-íris. O segundo fenômeno atmosférico aqui levantado, não em sua totalidade elucidado cientificamente, é utilizado enquanto recurso para a apresentação das características eletromagnéticas da luz, intencionando ao estudante a aproximação com o conceito e sua experimentação prática. Propôs-se aqui o desenvolvimento de dois experimentos que visam ser trabalhados com os conceitos da Física Óptica e Propriedades da luz com estudantes do ensino médio, em uma abordagem com experimentos didáticos de material acessível e baixo custo.

REFERÊNCIAS

NUSSENZWEIG, H. M. **The science of the glory**. Scientific American, January, 2012.

NUSSENZWEIG, H. M. **The theory of the rainbow**. Scientific American, April, 116-127 (1977).

SØRENSEN, BJØRN. (2013). **A revised Michel-Lévy interference colour chart based on first-principles calculations**. European Journal of Mineralogy. 1. 10.1127/0935-1221/2013/0025-2252.

TUFAILE, A.; TUFAILE A. P. B, A. SILVA, J. **Optical elements based in dynamical systems**. In Frontiers in Optics + Laser Science. September, 2019 in Washington, DC.

TUFAILE, A.; TUFAILE. A. P. B. **Rainbows, Billiards and Chaos**. In Springer Nature Switzerland AG 2019, 11th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, Springer Proceedings in Complexity.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água Subterrânea 36, 39, 40, 41, 42, 202, 207
Aldeídos Aromáticos 160, 161, 167
Análise Numérica 44, 45, 51
Aquecimento 43, 101, 111, 115, 137, 138, 148, 149, 228
Aquífero 30, 31, 34, 35
Associativismo 249, 250, 251, 252, 253, 254, 257, 258

B

Biocontrole 119, 120

C

Cadastro Territorial 1, 3, 11
Células Solares 133, 137, 138, 143
Cinética de Secagem 109, 111, 112, 115, 116, 117
Classificação 32, 40, 152, 183, 184, 185, 186, 188, 192, 193, 197, 199
Comunidade 89, 137, 147, 162, 175, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258
Contaminação 29, 30, 32, 35, 37, 38, 39, 41, 201, 202, 227, 228, 231, 246
Correntes Atmosféricas 226, 227

D

Demarcação 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 256
Dispositivos Eletrônicos 93
Doença Fúngica 225, 227

E

Espectrofotometria 200, 202

F

Fenômeno Atmosférico 87, 227
Ferrugem Asiática 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 238, 239

H

Hidrodestilação 120, 122
Hidrogeologia 30, 32, 34, 42

I

Informação 31, 59, 60, 86, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 173, 179
Ionosfera 55, 56, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74, 75

L

Larvicida 120, 121, 123, 125, 126, 128
Linha de Preamar Média 1
Lixo Eletrônico 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107

M

Malha Computacional 43, 45, 49, 52, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 239
Marinha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Material Polimérico 170, 171, 177
Mercado Informal 88
Modelagem 13, 14, 28, 43, 45, 47, 52, 111, 117, 226
Modelagem Matemática 43, 47, 117, 226
Modelagem Numérica 13, 14, 28, 43
Multivariada 30, 31, 35, 39, 41, 200, 202

O

Óleo Essencial 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127, 128
Óleo Fúsel 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248
Onda Eletromagnética 55, 59, 61, 64, 70, 75, 82, 87

P

Pedogênese 183, 184, 186, 199
Peneiras Moleculares 146, 148
Plantas Daninhas 200, 201, 227, 246, 247
Plataforma Continental 13
Plumas de Emissários 13
Polímeros 133, 136, 138, 139, 141, 143, 144, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 261
Processamento 44, 45, 47, 48, 49, 52, 97, 109, 114, 137, 144, 181, 236, 241
Processo de Secagem 109, 110, 112, 114, 115
Processos Pedogenéticos 183, 185, 186, 191, 192, 194, 196, 199
Propriedades Medicinais 120

R

Reaproveitamento 105, 240, 246, 247
Região Costeira 13, 14

Resfriamento 43

Resíduos 47, 101, 103, 105, 106, 195, 240, 245, 273

S

Sílicas Mesoporosas 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158

Sistemas Dinâmicos 76

Sistemas Ópticos 76

Solventes Orgânicos 200, 202

T

Tecnologia 57, 60, 93, 95, 97, 99, 100, 104, 105, 106, 108, 239, 273

Terras Raras 133, 137, 138, 143, 259, 261, 262, 263, 268

Terrenos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12

U

Umidade 66, 77, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 197, 198

V

Variabilidade Ambiental 183, 184

Vulnerabilidade 11, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 41

 **Atena**
Editora

2 0 2 0