

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

2

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2021

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

2

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Física: o universo e os fenômenos naturais 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Sabrina Passoni Maravieski

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: o universo e os fenômenos naturais 2 / Organizadora Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-118-0
DOI 10.22533/at.ed.180212805

1. Física. I. Maravieski, Sabrina Passoni (Organizadora).
II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A obra “Física: O Universo e os Fenômenos Naturais 2” pertence a uma série de livros publicados pela Editora Atena, e neste 2º volume, composto de 6 capítulos, apresenta alguns estudos realizados sobre a prática do docente no ensino-aprendizagem da disciplina de Física desde o Ensino Fundamental até a formação docentes.

Com a introdução dos PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio em 1999, a presença do conhecimento da Física ganhou um novo sentido e tem como objetivo formar um cidadão contemporâneo e atuante na sociedade, pois a Física, lhe proporciona conhecimento para compreender, intervir e participar da realidade; independente de sua formação posterior ao Ensino Médio.

Por outro lado, na formação de docentes as práticas discursivas do Ensino de Física podem trazer uma ressignificação ao ato de transpor o conhecimento, de forma socialmente transformadora, em prol de uma educação autoemancipadora em todas as dimensões sociais da vida.

A Física estuda os fenômenos naturais e suas mais diversificadas manifestações na natureza, e nesta obra são apresentados algumas ações e reflexões acerca da compreensão humana nesta área em específico, pois a maneira de se abordar um conteúdo da grade curricular pode ser abordado de diversas maneiras.

Alguns conteúdos da grade curricular da disciplina de física são mais complexos de serem inseridos no ensino-aprendizagem desta, pois acredita-se que ainda hoje, o nosso pensamento seja do tipo Aristotélico na compreensão dos fenômenos. Para o rompimento desta forma de pensar, novos conceitos como relatividade, caos, não linearidade dos fenômenos, devem ser introduzidos, mas de uma forma que contribua a sua efetiva compreensão.

Nos últimos anos, a inserção das tecnologias no Ensino de Física proporcionou inúmeras possibilidades de inovação e melhoria no ensino-aprendizagem desta disciplina, tanto no Ensino Médio, como no Ensino Superior. O computador se tornou um recurso muito útil e os softwares são ferramentas que oferecem um leque de aplicações para o Ensino de Física.

Desta forma, algumas pesquisas aqui apresentadas, procuram investigar ou orientar os docentes e os futuros docentes dos Cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais.

Quando alusivo ao âmbito ensino-aprendizagem, devemos de imediato, pensar nas diversas teorias metodológicas e nos diversos recursos didáticos que podemos adotar em sala de aula, incluindo as atuais tecnologias. Neste sentido, esta obra, tem como objetivo principal oferecer contribuições na formação continuada, bem como, na autoanálise da prática docente, resultando assim, em uma aprendizagem significativa dos estudantes de

Ensino Médio. Neste sentido, o docente poderá implementá-las, valorizando ainda mais a sua prática em sala de aula.

Além disso, a obra se destaca como uma fonte de pesquisa diversificada para pesquisadores em Ensino de Física, visto que, quando mais disseminamos o conhecimento científico de uma área, mais esta área se desenvolve e capacita-se a ser aprimorada e efetivada.

Dentro desta perspectiva, no capítulo 1 desta obra, apresentamos um trabalho sobre o estudo do movimento de um corpo sob a ação da gravidade e da resistência do ar, utilizando a captura em vídeo desses movimentos. As imagens foram analisadas através do *software Tracker*, um software de livre acesso e disponível na rede. A pesquisa conclui que tal recurso tecnológico possui grande potencial pedagógico de vídeos como educacional e a função das tecnologias no auxílio tanto na pesquisa quanto no processo de ensino aprendizagem.

O capítulo 2, são apresentados os conceitos básicos relacionados à dinâmica não-linear e caos por meio de uma revisão histórica do estudo do caos seguida de uma discussão do sistema da Roda d'água caótica. Aborda-se a montagem experimental desse sistema juntamente com o modelo teórico que explica a física envolvida, bem como, o uso de uma simples simulação que ajuda na compreensão do tópico central discutido. Por último, os autores, destacam a importância da não linearidade em várias áreas do conhecimento.

No capítulo 3, os autores propõem a construção de uma sequência didática investigativa, que permita o ensino da Gravidade através de atividades cujo tema integrador são os buracos negros. Na sequência didática investigativa são abordados: o modelo planetário, órbitas dos satélites, velocidade de escape, cama elástica, buracos negros, raio de Schwarzschild e a "Espaguetificação da astronauta".

No capítulo 4, é apresentado um contexto histórico e teórico, por meio de obras de divulgação científica, sobre alguns conceitos da Teoria da Relatividade Especial juntamente com a utilização de mapas conceituais, os quais, segundo os autores, podem auxiliar no ensino e aprendizagem dessa teoria no ensino médio.

Os dois últimos capítulos são abordadas questões sociais como afetividade e inclusão. No entanto o público alvo é bem diferentes, pois a afetividade é discutida nas séries finais do ensino fundamental (capítulo 5) e a inclusão, bem como outros fatores de ensino-aprendizagem utilizando uma análise crítica de discurso utilizando práticas discursivas, são trabalhadas com docentes do Ensino de Física no Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais.

Para o primeiro caso, a autora declara que a afetividade é mostrada a partir da análise da participação de uma professora de língua portuguesa do ensino fundamental; onde o amor, a empatia, o carinho e a valorização da comunidade foram características encontradas nas ações da professora na forma de afetividade, que fez com que aumentasse

o interesse e a participação dos alunos nas atividades e se ampliassem as possibilidades de aprendizagem.

Já no quinto capítulo, o estudo se inspira em um referencial teórico que dá suporte a análise crítica de discurso (ACD), cujo embasamento teórico apresenta uma análise dialetizante e historicizada do discurso no interior de seu contexto social, histórico, político e social, sem perder de vista, as condições materiais de existência dos sujeitos sociais diretamente envolvidos nas práticas discursivas estudadas. No entanto, os resultados apresentados pelos autores revelam-se contraditórios e excludores socialmente estando em parcial desacordo do referencial teórico utilizado.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata diversas pesquisas em ensino de Física e Ciências Naturais, valorizando a prática do docente, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas metodologias de ensino-aprendizagem, tecnologias e recursos didáticos, promovendo a melhoria na educação do nosso país.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

VIDEOANÁLISE COMO FERRAMENTA DE ENSINO: O USO DO TRACKER EM UM EXPERIMENTO DE QUEDA-LIVRE

Giovani Luz Andrade

Jorge Anderson Paiva Ramos

Luizdarcy de Matos Castro

DOI 10.22533/at.ed.1802128051

CAPÍTULO 2..... 10

FÍSICA DO FENÔMENO NATURAL: RODA D'ÁGUA CAÓTICA DO PONTO DE VISTA DA DINÂMICA NÃO LINEAR

Wellington Martins Filho

Alessandra Carla Furlanetti

DOI 10.22533/at.ed.1802128052

CAPÍTULO 3..... 21

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DA GRAVITAÇÃO COM FOCO EM BURACOS NEGROS

José Izaias Moreira Scherrer Neto

Lucas Antonio Xavier

Chirlei de Fátima Rodrigues

Wanessa Santos Santana

Tatiane Lemos Perdigão

DOI 10.22533/at.ed.1802128053

CAPÍTULO 4..... 29

A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E SEUS CONCEITOS: UM OLHAR SOB AS LENTES DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Ian Lima Santana

Ramon Alves dos Santos

Gabriel Fonseca Guimarães

Carlos Takiya

DOI 10.22533/at.ed.1802128054

CAPÍTULO 5..... 42

EM BUSCA DE SOLUÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA INTERDISCIPLINARIDADE E DA AFETIVIDADE

Adriano Marcus Stuchi

DOI 10.22533/at.ed.1802128055

CAPÍTULO 6..... 59

UMA ANÁLISE DO DISCURSO DOS ALUNOS CONCLUINTE DO CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS NATURAIS DA UEPA SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Maria Josevett Almeida Miranda

Maria Lúcia Gomes Figueira de Melo

DOI 10.22533/at.ed.1802128056

SOBRE A ORGANIZADORA.....	71
ÍNDICE REMISSIVO.....	72

CAPÍTULO 1

VIDEOANÁLISE COMO FERRAMENTA DE ENSINO: O USO DO TRACKER EM UM EXPERIMENTO DE QUEDA-LIVRE

Data de aceite: 26/05/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Giovani Luz Andrade

Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3554552886013997>

Jorge Anderson Paiva Ramos

Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia.
<http://lattes.cnpq.br/4783853572061597>

Luizdarcy de Matos Castro

Universidade Estadual do Sudoeste da
Bahia, Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia.
<http://lattes.cnpq.br/0433191265187095>

RESUMO: A inserção das tecnologias no Ensino de Física proporcionou inúmeras possibilidades de inovação e melhoria nessa área, visto que ela possui um grande potencial e inúmeros recursos de utilização no ensino. Assim, diante da sua capacidade, o computador se tornou uma ferramenta muito útil e os softwares começam a oferecer um leque de aplicações para o Ensino de Física. Neste trabalho estudamos o movimento de um corpo sob a ação da gravidade e da resistência do ar, através da captura

em vídeo desses movimentos. As imagens foram analisadas através do software Tracker, um software de livre acesso e disponível na rede. Foram feitas análises teóricas e práticas dos movimentos, onde foi possível fazer comparações dos resultados com e sem a presença da resistência do ar. Observamos que o método da videoanálise tem sua maior aplicação quando deseja-se descrever e/ou obter de forma completa as variáveis de um movimento, sendo possível coletar uma grande quantidade de pontos experimentais e conseqüentemente reduzindo erros estatísticos quando comparado a métodos tradicionais de análise, obtendo assim uma maior precisão na análise dos movimentos estudados. Através desse trabalho verificamos o grande potencial pedagógico de vídeos como recurso tecnológico educacional e a função das tecnologias no auxílio tanto na pesquisa quanto no processo de ensino aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de física, Tracker, Videoanálise, Mecânica Clássica, Queda-livre.

VIDEO ANALYSIS AS A TEACHING TOOL: THE USE OF THE TRACKER IN A FREE- FALL EXPERIMENT

ABSTRACT: The insertion of technologies in Physics teaching provided innumerable possibilities for innovation and improvement in this area, since it has great potential and countless resources for use in teaching. Thus, given its capacity, the computer becomes a very useful tool and the software begins to provide a range of utilities for teaching physics. In this work we study the movement of a body under the action of gravity and air resistance, by

capturing these movements on video. The images were analyzed using the Tracker software, a software with free access and available on the internet. Theoretical and practical analyzes of the same movement were made, being able to make comparisons of the results with and without the presence of air resistance. We observed that the method of video analysis has its greatest application when it is desired to describe and / or obtain the variables of a movement completely, obtaining a large amount of experimental points and consequently reducing statistical errors when compared to traditional methods of analysis, thus obtaining greater precision in the analysis of the studied movements. Through this work, we verified the great pedagogical potential of videos as an educational technological resource and the role of technologies in helping both research and the teaching-learning process.

KEYWORDS: Physics teaching, Tracker, Video analysis, Classical Mechanics, Free fall.

1 | INTRODUÇÃO

A inserção das tecnologias no Ensino de Física proporcionou várias possibilidades de inovação e melhorias nessa área, visto que ela possui um grande potencial e inúmeros recursos de utilização no ensino. Assim, o computador se tornou uma ferramenta indispensável, pois com sua capacidade de usar *software*, obter, armazenar e fazer a aquisição de dados torna esse aparelho uma ferramenta muito poderosa no ensino (CAVALCANTE, 2008.).

Dentre todas as capacidades do computador, a possibilidade de usar *softwares* é um recurso muito útil, particularmente no Ensino de Física, no qual a utilização de tal recurso se faz importante no estudo e obtenção de dados de fenômenos físicos. Um *software* livre que tem uma enorme aplicação na área da Física é o Tracker. Seu uso mais básico se dá a partir da captura e acesso a um vídeo digital, onde é possível calibrar dimensões e, assim, analisar o movimento do objeto, incluindo os respectivos vetores. O aplicativo faz a identificação automática da quantidade de quadros por segundo utilizada na gravação do vídeo original. A partir desta análise, o programa gera gráficos de diferentes grandezas físicas através do ajuste de curvas (como posição, velocidade, aceleração, energia, entre outros), com a possibilidade das respectivas tabelas com os dados gerados (BEZERRA, 2012).

Na Mecânica Clássica, o *software* Tracker tem grande aplicação, uma vez que ele permite fazer a análise de vários movimentos como MRU, MRUV, movimento parabólico, conservação do momento linear e Queda-livre (LENZ, 2014). Através dessas alternativas, o Tracker ganha espaço em sala de aula, e surge inúmeras maneiras de fazer seu uso nesse ambiente educacional, visto que ele pode inovar e aprimorar as aulas de Física.

2 | DESENVOLVIMENTO

A Mecânica é o ramo da Física responsável pelo estudo dos movimentos dos corpos, bem como suas evoluções temporais e das equações matemáticas que os governam. É um

ramo de extrema importância, com inúmeras aplicações cotidianas, como na Geologia, na Engenharia, na Medicina, na Astronomia entre outros exemplos. Outra área muito importante da Mecânica é o estudo do movimento de corpos sob a ação da gravidade e da influência da resistência do ar. Diante das possibilidades oferecidas pela tecnologia no ensino, foi realizada uma pesquisa que teve por objetivo testar o potencial didático do Tracker em um experimento de queda livre. Para realizar o experimento foi escolhido um corpo uniforme e uma altura definida para a queda. Para o estudo do movimento foi utilizada a análise de vídeo, que é um recurso metodológico que possibilita a obtenção e interpretação de dados cinemáticos (BARBETA; YAMAMOTO, 2002.). Através da videoanálise é possível obter muitos dados precisos importantes na descrição dos movimentos.

No primeiro momento, para executar a parte prática da pesquisa, foi escolhida uma bola de tênis com o objetivo de estudar o movimento de queda livre de uma altura de 6,70 metros. Utilizando um smartphone foram realizadas as filmagens do movimento a ser estudado. Para obter dados mais concretos, foram realizadas oito filmagens do mesmo movimento. Após o fim das filmagens, os vídeos foram analisados através do Tracker, sendo possível observar o movimento em vários instantes, mesmo que o movimento se desse em intervalos de tempo curto, pois o Tracker trabalha com intervalos de 0,033 segundos, assim é possível uma análise com dados mais precisos. Com a análise do vídeo foi possível encontrar grandezas como a posição, velocidade e aceleração e o tempo que o corpo leva para atingir o solo.

Após a realização da parte prática da pesquisa e munido das condições iniciais e da informação das dimensões do corpo, foram feitas as análises movimento filmado. O estudo teórico se deu de duas formas, primeiro o movimento foi descrito sem a presença da resistência do ar na queda do corpo e no segundo momento foi feita a análise do movimento considerando a influência da resistência do ar. Depois de feitas as três análises, foi possível comparar os resultados obtidos teoricamente com os resultados obtidos com a videoanálise.

3 | RESULTADOS

Com os vídeos gravados foram realizadas as seguintes etapas: Inicialmente para realizar a análise, foi feito todos os ajustes para adequar as dimensões do vídeo com o *software* e em seguida o vídeo foi analisado em pequenos intervalos de 0.033 segundos. O mesmo procedimento foi realizado nos oito vídeos e assim foi possível encontrar o valor de algumas grandezas e um valor médio do tempo que o corpo levou para atingir o chão.

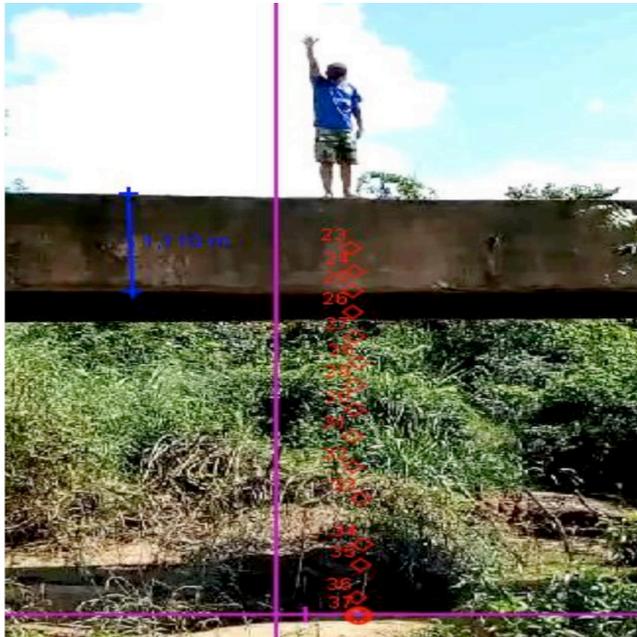


Figura 1: Interface do software Tracker durante a videoanálise.

Fonte: *Software Tracker*.

Foram obtidos os seguintes resultados apresentados na figura 2 e na tabela 1:

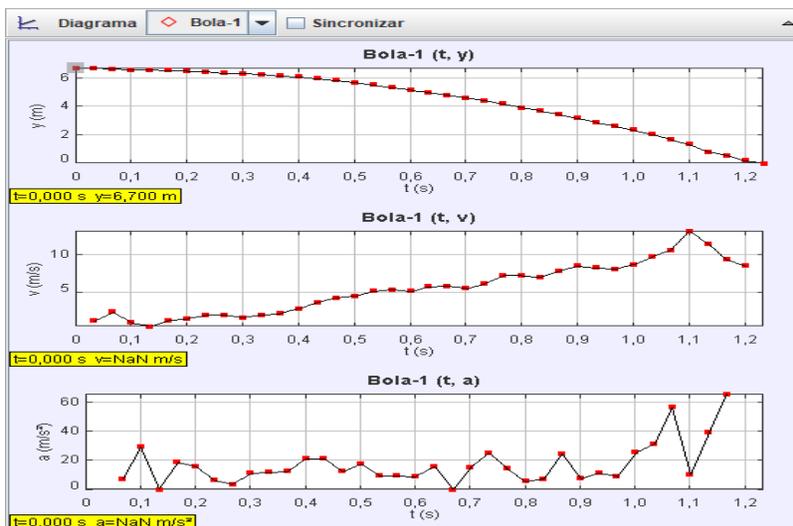


Figura 2: Gráficos fornecidos pelo Tracker ao fim da videoanálise.

Fonte: *Software Tracker*.

Bola-1 t(s)	Bola-1 y(m)	Bola-1 v(m/s)	Bola-1 a(m/s)
0,000	6,700	0,000	0,000
0,033	6,686	1,332	
0,067	6,630	2,505	7,353
0,100	6,561	1,120	29,681
0,133	6,561	0,588	0,000
0,167	6,533	1,396	18,957
0,200	6,478	1,585	16,149
0,233	6,436	2,091	6,430
0,267	6,339	2,122	3,567
0,300	6,297	1,716	11,279
0,333	6,228	2,091	11,963
0,367	6,159	2,298	12,610
0,400	6,075	2,920	21,475
0,433	5,964	3,751	21,475
0,467	5,826	4,369	12,484
0,500	5,673	4,577	17,834
0,533	5,521	5,218	9,604
0,567	5,326	5,445	9,604
0,600	5,160	5,218	8,917
0,633	4,980	5,826	15,951
0,667	4,772	5,885	0,000
0,700	4,591	5,618	15,237
0,733	4,397	6,256	25,221
0,767	4,175	7,294	14,378
0,800	3,912	7,285	5,640
0,833	3,690	7,077	7,353
0,867	3,440	7,909	24,775
0,900	3,163	8,553	7,566
0,933	2,871	8,322	11,279
0,967	2,608	8,125	8,917
1,000	2,330	8,741	25,534
1,033	2,025	9,781	31,196
1,067	1,678	10,644	57,096
1,100	1,318	13,149	10,399
1,133	0,804	11,443	39,275
1,167	0,555	9,383	66,009
1,200	0,180	8,533	
1,233	0,000		

Quadro 01: Dados de um dos vídeos analisados com o Tracker.

Fonte: Autoria própria.

Após a análise dos vídeos, foi feita uma descrição teórica do movimento de queda livre. Com a análise teórica foi possível encontrar dois intervalos de tempo para que a bola chegasse até o solo. O primeiro foi o intervalo de tempo onde foi desprezada a resistência do ar no movimento. Utilizando a equação da posição para um movimento uniformemente variado

$$y(t) = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1)$$

Como o movimento é de queda livre, a aceleração é a gravitacional e a velocidade inicial é nula, assim a equação fica:

$$y(t) = y_0 + \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Resolvendo a equação para encontrar o tempo, obtém-se:

$$t = \sqrt{\frac{2\Delta s}{g}} \quad (3)$$

Que é expressão para determinar o tempo de queda da bola (Halliday, 2008; Sears, 1993). Como a bola cai de uma altura $h = \Delta s = 6.70\text{m}$ e a aceleração gravitacional possui o valor de $g = 9.82\text{m/s}^2$, após substituir dados na equação (3), foi possível obter $t = 1.168$ segundos, o tempo que a bola leva pra atingir o solo.

Para a segunda análise, foi considerada a influencia da resistência do ar na queda do corpo, logo foi necessário fazer algumas considerações para descrever o movimento. Como o corpo que estava se movendo verticalmente foi uma bola de tênis, logo foi considerada apenas a força arraste quadrático, medindo a coordenada y , obtém-se a equação que descreve o movimento:

$$m\dot{v} = mg - cv^2 \quad (4)$$

Definindo o termo c como $c = \gamma D^2$, onde $\gamma = 0.25\text{Ns/m}^4$ e $D = 6.4 \cdot 10^{-2}\text{m}$ é diâmetro da bola. Após encontrar o valor de c , pode-se definir uma velocidade limite para o corpo, que é dada pela equação (5):

$$v_{lim} = \sqrt{\frac{mg}{c}} \quad (5)$$

E por fim, tem-se:

$$y(t) = \frac{v_{lim}^2}{g} \cdot \ln \left[\cosh \left(\frac{gt}{v_{lim}} \right) \right] \quad (6)$$

A equação (6) permite determinar a posição do corpo em casos onde ele sofre a influência da força de arrasto quadrática em um movimento vertical (Taylor, 2013). Através da equação (6) foi possível encontrar teoricamente o tempo de queda livre da bola de tênis de uma altura de 6,70 metros, obtendo 1,233 segundos.

Com os resultados obtidos, pôde-se fazer uma comparação dos três casos possíveis, a saber: sem resistência do ar (teórico), com resistência do ar (teórico) e com resistência do ar (videoanálise), apresentados na Tabela 2.

Tempo teórico-sem atrito	Tempo teórico-com atrito	Tempo encontrado com a análise do vídeo	Altura
1.168s	1.232s	1.233s	6.70m
1.168s	1.232s	1.200s	6.70m
1.168s	1.232s	1.233s	6.70m
1.168s	1.232s	1.233s	6.70m
1.168s	1.232s	1.233s	6.70m
1.168s	1.232s	1.200s	6.70m
1.168s	1.232s	1.233s	6.70m
Média: 1.168s	Média: 1.232s	Média: 1.223s	Média: 6.70m

Quadro 02: Resultados teóricos e práticos do experimento.

Fonte: Autoria própria.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Devido à precisão que os aparelhos tecnológicos possibilitam na obtenção dos dados quantitativos nas pesquisas, é possível obter valores experimentais bem próximos dos teóricos. Nesse trabalho, como foi citado acima, o *software* analisou o fenômeno físico, através de oito vídeos, em quadros de 0,033 segundos, e através desse processo os dados obtidos foram bem próximos dos dados teóricos. Outra vantagem do uso do *software* é a obtenção de gráficos que representam o comportamento de algumas grandezas presentes no movimento, facilitando uma melhor observação e compreensão do que está sendo estudado. Como mostrado na figura 2, tal possibilidade também foi usada no presente trabalho.

Através da análise dos dados obtidos teoricamente e com o auxílio do Tracker, é possível concluir que há uma diferença considerável entre o resultado onde foi desconsiderada a presença da resistência do ar e os resultados, teóricos e práticos, onde a mesma está presente no movimento. No quadro 2, também é possível observar que os resultados teóricos e práticos, da análise, considerando a presença da resistência do ar, foram bem próximos um do outro. Diante disso, foi possível mostrar experimentalmente que a resistência do ar influencia no movimento dos corpos, particularmente no movimento de queda-livre. Se considerarmos uma situação com o mesmo experimento, entretanto, com um aumento na altura da queda, os resultados obtidos deixariam ainda mais evidente à

discrepância do tempo de queda nos casos estudados, deixando mais evidente à influência causada pela presença da resistência do ar no movimento de queda-livre.

5 | CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, a pesquisa mostrou que o *software* possui um grande potencial na análise e obtenção de dados de fenômenos físicos, em especial no movimento de corpos. Considerando a abordagem da utilização do Tracker no ensino de física, pode-se concluir que tal ferramenta se apresenta como uma alternativa para contribuir no melhoramento e na inovação nessa área, podendo ser utilizado em sala de aula e laboratórios.

O *software* pode ser usado nas aulas das universidades, escolas, centros técnicos entre outros, mas a proposta mais interessante seria fazer seu uso em instituições de ensino que não possuem laboratórios, pois, ele possibilita que o professor de Física realize uma aula prática mesmo sem o auxílio de um laboratório.

O Tracker tem potencial para realizar o estudo de inúmeros experimentos e fenômenos físicos, e seu uso em sala de aula possibilita uma aula inovadora, interessante e permite uma interação maior da parte dos alunos. Sendo assim percebe-se que diante dos benefícios que a tecnologia traz, a presença da mesma se faz necessária no ensino.

REFERÊNCIAS

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de Mecânica Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 158-167, jun. 2002.

Bezerra Jr., Arandi Ginane; de Oliveira, Leonardo Presoto; Lenz, Jorge Alberto (2012). Videoanálise com o software livre Tracker no Laboratório de Ensino de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 469-490, set. 2012.

BROWN, D. Free video analysis and modeling tool for Physics education. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<https://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. C. P. Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 2501(1-6), Jul. 2008.

HALLYDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8ª Edição. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2008.

LEITÃO, L. I.; TEIXEIRA, P. F. D.; ROCHA, F. S. A vídeo-análise voltada para o ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **REIEC**, Buenos Aires, v.6, n.1, p.1-15, 2010.

LENZ, Jorge Alberto; FILHO, Nestor Cortez Saavedra; BEZERRA, Arandi Ginane. Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker. **Abakós**, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.24-34, maio 2014.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, Y. H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física 1**. 12ª Edição vol.1. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos–LTC, 1993.

TAYLOR, J. R. **Mecânica Clássica**. 1ª Edição. Porto Alegre: Ed. Bookman LTDA, 2013.

TRACKER BRASIL. Disponível em:< <http://trackerbrasil.ct.utfpr.edu.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

CAPÍTULO 2

FÍSICA DO FENÔMENO NATURAL: RODA D'ÁGUA CAÓTICA DO PONTO DE VISTA DA DINÂMICA NÃO LINEAR

Data de aceite: 26/05/2021

Wellington Martins Filho

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco/PE
<http://lattes.cnpq.br/9341502542658444>

Alessandra Carla Furlanetti

Fatec – Faculdade de Tecnologia de Adamantina/SP; FAPE – Faculdade de Presidente Epitácio/SP
<http://lattes.cnpq.br/1706476296249975>

RESUMO: Nesse trabalho os autores tiveram a intenção de apresentar os conceitos básicos relacionados à dinâmica não-linear e caos. Inicialmente, apresenta-se uma revisão histórica do estudo do caos seguida de uma discussão do sistema da Roda d'água caótica. Aborda-se a montagem experimental desse sistema juntamente com o modelo teórico que explica a física envolvida. Por último destaca-se a importância da não linearidade em várias áreas do conhecimento. Foi utilizado também nesse trabalho uma simples simulação que ajuda na compreensão do tópico central discutido.

PALAVRAS-CHAVE: Roda d'água, Caos, Sistemas caóticos, Sistemas dinâmicos não lineares.

PHYSICS OF THE NATURAL PHENOMENON: CHAOTIC WATER WHEEL FROM THE NON-LINEAR DYNAMICS POINT OF VIEW

ABSTRACT: In this work the authors presented the basic concepts related to nonlinear dynamics and chaos. At the beginning there is a historical review concerning the development of chaos theory followed by the discussion of the water wheel system. The experimental set up is presented along with a theoretical model that explains the physics involved. The importance of nonlinearity in several areas is highlighted at the end of this paper. A simple simulation was also performed throughout this paper that helps with the discussion of the central topic.

KEYWORDS: Chaotic Waterwheel, Chaos, Chaotic systems, Nonlinear dynamic systems.

1 | INTRODUÇÃO

Esse trabalho investigou estudar a Roda d'água caótica do ponto de vista da dinâmica não linear.

O objetivo principal dos autores foi o de introduzir conceitos da dinâmica não linear usando um exemplo simples e que serve como ponto de partida para entender sistemas caóticos mais complexos. Essa abordagem evidenciou o lado mais qualitativo da dinâmica não linear, mas sem deixar de guiar o leitor na construção das equações envolvidas.

2 | UM POUCO DE HISTÓRIA

A história dos sistemas dinâmicos não lineares iniciou com o matemático Poincaré que se propôs a estudar a dinâmica de um sistema gravitacional de três corpos. Este problema é bem mais complexo do que o problema da dinâmica de dois corpos, que possui solução analítica. Quase um século depois, outro matemático chamado Lorenz (1963) estudava problemas meteorológicos a partir de um modelo simplificado da atmosfera, quando se deparou com o que viria a ser conhecido como caos determinístico (VIANA, 2018).

A seguir um relato do histórico breve, com mais detalhes do que foi apresentado acima.

2.1 Um Breve Histórico dos sistemas dinâmicos não lineares e dos sistemas caos

O primeiro atacar sistemas dinâmicos caóticos foi o matemático Jules H. Poincaré (1854-1912), no final do século XIX, ao estudar o problema dos três corpos (MONTEIRO, 2006). Nesse problema, pretendia-se determinar o movimento descrito pelos planetas quando sujeitos a força de atração gravitacional mútua. Motivados sobre a questão da estabilidade do sistema solar, gerações de físicos e matemáticos após Newton tentaram solucionar o problema não linear dos três corpos, o qual mostrou-se ser impossível obter uma solução analítica exata (MONTEIRO, 2006). Ao tratar esse problema, Poincaré desenvolveu métodos pioneiros na análise de sistemas dinâmicos não lineares, percebeu que era possível determinar propriedades qualitativas das soluções de um sistema sem resolvê-lo analiticamente.

As técnicas geométricas e topológicas utilizadas por Poincaré provaram ser poderosas ferramentas na análise de sistemas dinâmicos desse tipo, o que levou ao seu reconhecimento como o “Pai da dinâmica não linear” (LAYEK, 2015).

Uma das principais características que o matemático Poincaré entendeu nos sistemas não lineares que trabalhou foi a de que pequenas diferenças nas condições iniciais poderiam produzir grandes alterações na evolução do sistema, o que mais tarde ficaria conhecido como uma das principais características de sistemas caóticos.

Ainda no final do século XIX, o matemático Aleksander Lyapunov (1857-1918) também contribuiu significativamente para análise de sistemas como esses ao desenvolver sua teoria da estabilidade (MONTEIRO, 2006). As ferramentas matemáticas desenvolvidas por ele passaram a ser amplamente utilizadas na análise de sistemas não lineares, em particular, os que apresentam comportamento caótico, cuja dinâmica pode ser classificada através do expoente de Lyapunov (LAYEK, 2015).

Outro nome marcante no desenvolvimento, compreensão e análise de sistemas dinâmicos caóticos foi o nome do meteorologista Edward Lorenz (1917-2008), que deu suas maiores contribuições no início da década de 1960. Com o auxílio computacional,

Lorenz estudou a convecção atmosférica utilizando um modelo simplificado de equações não lineares associadas e concluiu que características de soluções bastante parecidas com as que Poincaré encontrou anteriormente. Edward Lorenz considerou que o tempo, no sentido meteorológico, agiria de forma imprevisível, e um erro nas medidas das condições climáticas devido a imprecisão comprometeria a validade de qualquer previsão futura. (LAYEK, 2015).

De maneira breve, foi exposto a história da dinâmica não linear, que contou com esses e muitos outros autores que contribuíram para o estado da arte que se tem hoje nas pesquisas dessa área. Atualmente, muitas áreas do conhecimento têm enfrentado a necessidade de lidar com o caos, como engenharia, medicina, ecologia, biologia e a economia. (VIANA, 2018).

Faz-se então necessário compreender bem as nuances desse tipo de fenômeno. Os capítulos seguintes tentam então cumprir esse objetivo do trabalho.

3 | RODA D'ÁGUA CAÓTICA

3.1 Montagem e discussão do conceito de caos

Esse capítulo aborda um sistema físico, simples e muito conhecido, onde a manifestação do caos acontece de maneira clara, a Roda d'água caótica ou Roda d'água de Lorenz ou ainda Roda d'água de Malkus (MALKUS WATERWHEEL, online). Esse sistema, do ponto de vista experimental é bastante simples e pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1: Imagem a esquerda de uma Roda d'água caótica retirada de (CHAOTIC WATERWHEEL, online).

A imagem a direita é de uma Roda d'água caótica construída, em parte, por Wellington Martins Filho e que pode ser acessada em <https://m.youtube.com/watch?v=ADpB57HYfhU&feature=youtu.be>.

Os materiais necessários para montagem do experimento como esse, foram:

- A) Recipientes (copos) onde a água deve ser armazenada, esses copos devem ter um furo na sua base, permitindo assim que parte de água que eles armazenam possa ser escoada para os copos abaixo;
- B) Pregos que prendam esses recipientes e deixe-os livres para se movimentar quando água for despejada neles;
- C) Roda, com eixo central que vai suportar os copos e deve girar mudando os recipientes de lugar;
- D) Fonte de água com vazão constante que alimenta os recipientes e cujo queda d'água passa pelo centro da roda na direção vertical.

Esses são os detalhes e materiais necessários para se montar uma Roda d'água como demonstrado na Figura 2. Dessa forma, água proveniente da fonte cai passando pelo centro da roda e alimenta igualmente o copo que está na altura mais alta e mais baixa da estrutura. Com a configuração em movimento, esse copo mais alto, agora com mais água que antes, promove um torque que faz com que toda a estrutura gire com maior velocidade. Ao mesmo tempo que fornece torque para que o sistema gire, esse mesmo copo alimentado pela fonte de água, agora começa a perder parte de seu conteúdo devido um furo em sua base que faz com que ele nunca fique cheio e, de certa forma, alimente com água de copos vizinhos. Claro que aqui permaneceu assumindo que a vazão de líquido que passa pelo furo do copo é muito menor que a vazão de líquido fornecida pela fonte principal de água.

O que acontece, conforme o tempo passa, é surpreendente. Esse experimento é um exemplo canônico de um sistema físico que apresenta caos, ou seja, em poucas palavras, é um sistema com comportamento imprevisível. De acordo com Strogatz (1994) define-se caos, como:

“Chaos is aperiodic long-term behavior in a deterministic system that exhibits sensitive dependence on initial conditions”.

Em tradução livre tem-se, “Caos é um comportamento não periódico e de longo prazo em um sistema determinístico que exibe sensível dependência com as condições iniciais”. Mas, o que tudo isso quer dizer?

Para começar, “*Comportamento não periódico e de longo prazo*”. Isso quer dizer que não importa o tempo que se deixa o sistema livre para executar sua dinâmica, NUNCA haverá repetição de um determinado “comportamento” do sistema. Por exemplo, duas voltas para direita a cada uma volta para a esquerda e outras situações similares.

Além disso, para a expressão “*sistema determinístico*” considera-se sistemas que não apresentam ruído ou influência de aleatoriedade na sua dinâmica. Por exemplo, se a intenção fosse acrescentar uma contribuição de aleatoriedade do problema, poderia escolher um copo ao acaso para terminar de enchê-lo com água a cada 5 segundos. A dinâmica dessa Roda d'água deixaria de ser dita determinística e seria muito mais difícil de descrever matematicamente.

Por fim, quando falamos de “sensível dependência com as condições iniciais” se refere a uma das assinaturas mais marcantes de sistemas caóticos. Na Figura 2 verificou isso facilmente. Apesar da pequena diferença entre as condições iniciais (uma pequena diferença no ângulo em que a roda começa a girar) foi observado que as trajetórias do centro de massa da roda, conforme o tempo passa, acabam se tornando totalmente distintas.

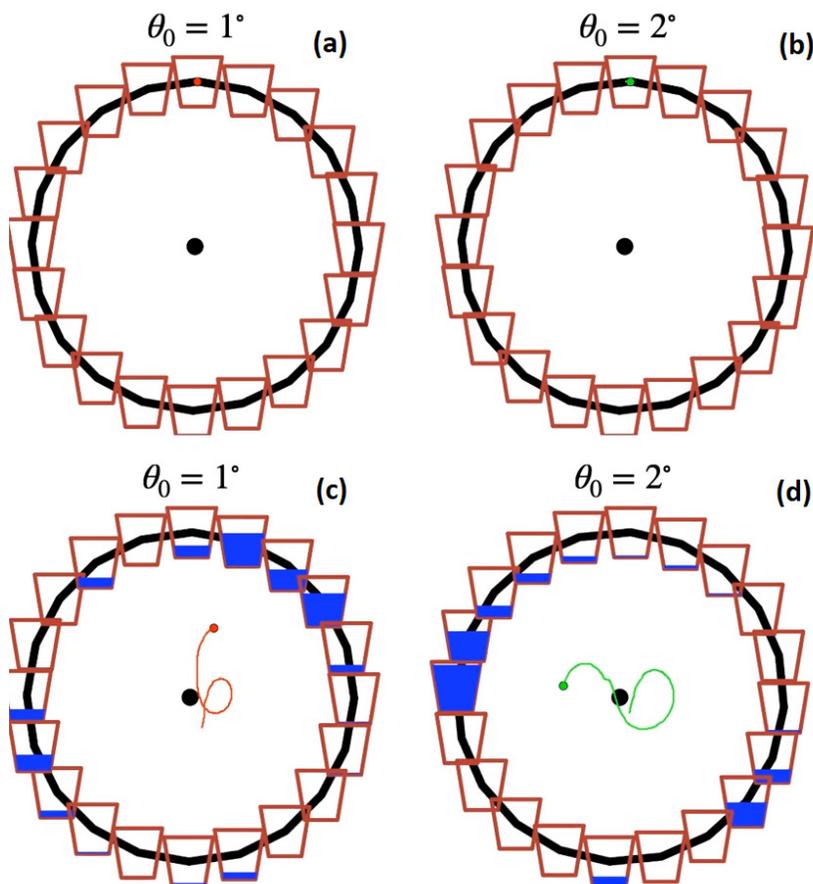


Figura 2: Θ_0 é o ângulo entre o centro do copo mais alto e uma reta vertical que passa pelo centro da roda. Na figura (a) temos $\Theta_0 = 1^\circ$ e na figura (b) temos $\Theta_0 = 2^\circ$, essa pequena diferença se traduz de maneira muito clara nas trajetórias do centro de massa da roda. Imagem retirada de. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Malkus_waterwheel

Na próxima sessão destacam-se os detalhes matemáticos do sistema da roda caótica e aborda-se a definição de caos de maneira detalhada.

3.2 Formulação matemática do problema

Primeiro precisou entender quais foram as variáveis envolvidas na descrição do problema, mas antes de discutir essas variáveis, destacou-se aqui que essa abordagem foi baseada em Strogatz (1994) e os autores como Kolá e Gumbs (1992). Tem-se como variáveis:

Θ - Ângulo ;

ω - Velocidade angular;

$m(\Theta-t)$ - Distribuição de massa na aresta exterior da roda.

$Q(t)$ - Taxa que a torneira coloca água na roda; r - Raio da roda;

K - Taxa de vazamento;

ν - Taxa de amortecimento angular;

I - Momento de inércia;

Primeiro começou discutindo o balanço de massa do problema. A equação que rege esse balanço de massa pode ser escrita como na expressão abaixo. É possível justificar cada termo da seguinte forma:

$$\Delta M = \Delta t \left[\int_{\theta_1}^{\theta_2} Q(\theta) d\theta - \int_{\theta_1}^{\theta_2} K m d\theta \right] + m(\theta_1)\omega\Delta t - m(\theta_2)\omega\Delta t \quad (1)$$

Imagine um arco de circunferência da Roda d'água, limitado por Θ_1 e Θ_2 , com $\Theta \in [\theta_1, \theta_2]$ ($[\theta_1, \theta_2] \subset [0, 2\pi]$), nesse arco tem uma contribuição total de massa de água vindo da torneira que é dada por $\int_{\theta_1}^{\theta_2} Q d\theta$. Parte dessa água vaza por um buraco no fundo do copo e toda água vazada é computada como $\int_{\theta_1}^{\theta_2} K m(\theta, t) d\theta$, perceba que a vazão de água é proporcional a distribuição de massa. Os últimos dois termos vêm do fato que quando a roda gira, uma quantidade de massa entra no arco que estamos examinando e outra sai. Como $m(\Theta, t)$ é uma densidade de massa por ângulo então a dimensão final da contribuição dos dois últimos termos tem dimensão de massa. Vamos reescrever os dois últimos termos do lado direito da seguinte maneira:

$$m(\theta_1) - m(\theta_2) = - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\partial m}{\partial \theta} d\theta \quad (2)$$

Veja que do lado direito temos Δt e que ele pode passar dividindo para o lado esquerdo, onde ficamos com $\frac{\Delta M}{\Delta t}$. No limite $\Delta t \rightarrow 0$, ficamos com $\frac{\Delta M}{\Delta t} = \frac{dM}{dt} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\partial m}{\partial t} d\theta$ e finalmente:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = Q(\theta) - Km - \omega \frac{\partial m}{\partial \theta} \quad (3)$$

O próximo passo é estudar o balanço do torque. Vamos usar a mesma abordagem que no primeiro caso:

$$I \frac{\partial \omega}{\partial t} = -v\omega + gr \int_0^{2\pi} m(\theta, t) \text{sen}(\theta) \quad (4)$$

A primeira expressão nada mais é que um fator de amortecimento devido ao atrito entre as peças. O último termo vem do fato de que:

$$d\tau = dMgr \text{sen}\theta, \text{ mas } dM = md\theta \quad (5)$$

Onde calcula-se o torque gerado pela força peso num elemento infinitesimal de massa. Ou seja, a contribuição para o torque, se integrarmos em todo o domínio de Θ , com $\Theta \in [0, 2\pi]$, fica como na expressão (4).

Apesar de ter as duas equações que precisava, fica muito difícil resolver o sistema de EDO's. Dessa forma, vamos usar um truque que permite que encontremos um resultado muito interessante para tais equações. Vamos expandir $m(\Theta, t)$ e $Q(\Theta)$ em série de Fourier da seguinte forma:

$$m(\theta, t) = \sum_{n=0}^{\infty} [a_n(t) \text{sen}n\theta + b_n(t) \text{cos}n\theta] \text{ e } Q(\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} q_n \text{cos}n\theta \quad (6)$$

Perceba aqui que na expansão de $Q(\Theta)$ temos apenas cossenos, isso é justificado pelo fato de que a fonte abastece o copo que está imediatamente abaixo dela e contribuições no sentido de Θ são iguais à $-\Theta$ (esse argumento se torna mais forte se o leitor imaginar a roda em movimento).

Substituindo (6) em (3) obtemos, portanto,

$$\frac{da_n}{dt} = n\omega b_n - K a_n \text{ e } \frac{db_n}{dt} = -n\omega a_n - K b_n + q_n \quad (7)$$

Substituindo (6) em (4) e usando as conhecidas relações de ortogonalidade entre as funções seno e cosseno obtemos

$$I \frac{d\omega}{dt} = -\omega v + \pi g r a_1 \quad (8)$$

São as condições de ortogonalidade que permitem apenas o caso $n = 1$ apareça nessa equação, além disso, se escrevermos as equações (7) para o caso $n = 1$ e juntarmos agora essas duas equações com (8) obtemos,

$$\frac{da_1}{dt} = \omega b_1 - K a_1; \quad \frac{db_1}{dt} = -\omega a_1 - K b_1 + q_1; \quad \frac{d\omega}{dt} = (-\omega v + \pi g r a_1)/I; \quad (9)$$

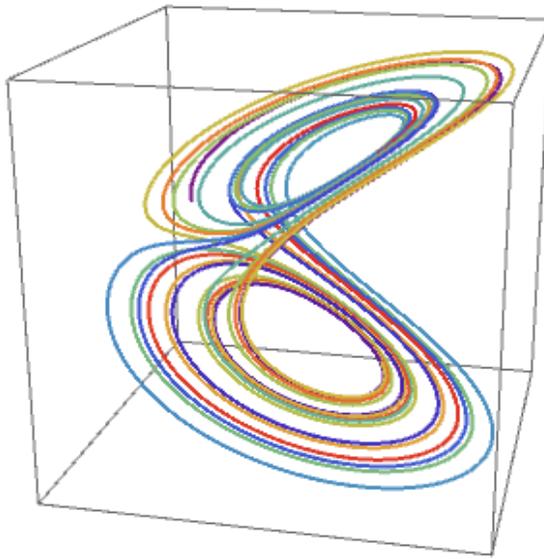


Figura 4: Atrator estranho de Lorenz. Ele pode ser observado quando resolvemos numericamente as equações (9), acima e plotamos o vetor solução, $(a_i(t), b_i(t), \omega(t)) = (x(t), y(t), z(t))$. Para essa simulação utilizamos os seguintes valores de parâmetros $a_1(0) = 0.62$, $b_1(0) = 0.9$, $\omega(0) = 1.45$, $\sigma = 2.96$ nas equações (9). Esse gráfico foi gerado com auxílio do Wolfram Demonstration Project (2012) Projeto Lorenz's Water Wheel.

Esse conjunto de equações quando resolvido numericamente, para valores específicos dos parâmetros, nos oferece em soluções para (x,y,z) , que quando plotadas no gráfico resultam na Figura 4. Essa mesma Figura é uma das mais conhecidas no contexto de equações não lineares e caos sendo chamada de *Atrator estranho de Lorenz* (mais a frente justifica tal nome). Nessa Figura 4 pode verificar as características principais de um sistema caótico e aproveitamos para relembra-las.

Começando de um ponto em particular (condição inicial das equações) observou o vetor de soluções viajar o espaço tridimensional e traçar uma trajetória espiral ao redor de uma região que chamamos C_1 . Essa região especial não é única e em pouco tempo vemos a trajetória de nossa solução se afastar dessa região e espiralar ao redor de outra região chamada C_2 . Não importa quanto tempo foi observado a trajetória formada por nosso vetor solução, ele sempre alterna entre C_1 e C_2 , de maneira irregular e imprevisível. Isso nada mais é que uma manifestação da *não periodicidade* de um sistema caótico que citamos na sessão anterior.

Outra característica de nosso atrator estranho é a de que a trajetória do vetor de solução para duas condições iniciais muito próximas, porém distintas, é completamente diferente, ou seja, o atrator possui *sensível dependência com as condições iniciais*. Isso fica mais claro se repetirmos a simulação com condições iniciais quase idênticas ao que foi apresentado da Figura 4.

Por último, mas não menos importante, devemos lembrar que o sistema não possui nenhum fator de aleatoriedade ou ruído. Comentado anteriormente como um fator probabilístico poderia ser adicionado ao nosso problema. Ou seja, nossa Roda d'água é um *sistema determinístico*. Uma pergunta que o leitor pode carregar é *Se não existe nenhum fator probabilístico o que manifesta a imprevisibilidade da Roda d'água caótica?* Essa é uma boa pergunta e a resposta pode ser dividida em duas partes. A primeira parte é apenas uma observação, perceba como *Caos* no contexto possui uma definição diferente do que é coloquialmente usado. No dia a dia, refere-se algo caótico como sendo um tanto desordenado, imprevisível ou até aleatório. Então é importante destacar essa diferença. A segunda parte de nossa resposta é mais direta. Pode dizer que a *não linearidade*, junto com os valores corretos dos parâmetros do nosso problema é que são os responsáveis pelo regime caótico que foi observado, as não linearidades aqui são ωa_1 e ωb_1 e nelas se escondem os ingredientes da imprevisibilidade do caos. Para entender com mais detalhe esses regimes diferentes para valores diversos dos parâmetros do sistema de EDO's convidamos os leitores a ler de maneira completa as referências dos autores (KOLÁ; GUMBS, 1992 e LAYEK, 2015).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No último capítulo descrito procurou-se destacar a relevância dos fenômenos discutidos até aqui. Nesse sentido, é necessário um último comentário sobre o sistema físico, foco desse trabalho. Pode-se dizer que as equações (9), com uma pequena mudança de variáveis são levadas em um conjunto muito conhecido de equações chamadas equações de Lorenz. Tal mudança de variável é descrita em Moyerman (2006) e dá origem ao seguinte conjunto de EDO's:

Fazemos a seguinte mudança de variáveis,

$$a_1 = \frac{Kv}{\pi gr} y; \quad b_1 = \frac{-Kv}{\pi gr} + \frac{q_1}{K}; \quad \omega = Kx; \quad t = \frac{\tau}{K}; \quad (10)$$

Para obter,

$$\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x); \quad \frac{dy}{dt} = r'x - y - xz; \quad \frac{dz}{dt} = xy - z \quad (11)$$

Que são as equações de Lorenz com $b = 1$. Com essas mudanças de variáveis definimos $\sigma = \frac{v}{Kl}$ e $r' = \frac{\pi gr q_1}{K^2 v}$. As equações foram obtidas por Lorenz em 1963, quando estudava uma versão simplificada do que acontece na dinâmica atmosférica, esse foi um evento importantíssimo na evolução da dinâmica não linear. Foram nessas equações que pela primeira vez o atrator de Lorenz foi observado.

Existem outros contextos onde o caos também é observado: Circuitos elétricos, processos bioquímicos, lasers, sistemas neurais e muitos outros, cada um com sua devida aplicação. Fica então clara a importância da compreensão dos fenômenos aqui descritos, tanto do ponto de vista da engenharia quanto do ponto de vista da ciência básica e aplicada.

Nesse trabalho, os autores procuraram apresentar a Roda d'água caótica como um sistema simples e onde se pode enxergar claramente essa dinâmica exótica do caos a fim de passar para o leitor alguma intuição sobre esse campo de pesquisa que é reconhecido como a terceira revolução da física do século XIX. Ao mesmo tempo, espera-se que essa apresentação tenha instigado os leitores mais curiosos a se aprofundarem no assunto.

Por último, o autor Wellington Martins Filho gostaria de agradecer a Rômulo Gurgel e Vitor Alves por contribuírem na montagem e gravação do experimento demonstrado no lado direito da Figura 1.

REFERÊNCIAS

ARGYRIS, J. et al. **An Exploration of Dynamical Systems and Chaos: Completely Revised and Enlarged Second Edition**. Índia: Springer, 2015.

CHAOTIC WATERWHEEL. The chaotic theory was surmised by mathematician. Edward Norton Lorenz. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E8O66UuQiQ8>. Acesso em: 05 mar. 2021.

KOLÁ, Miroslav; GUMBS, Godfrey. Theory for the experimental observation of chaos in a rotating waterwheel. **Phys Rev A**, v. 45, n. 2, p. 626-637, 1992. Disponível em: <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.45.626>. Acesso em: 03 mar. 2021. Doi: 10.1103/physreva.45.626.

LAYEK, G. **An Introduction to Dynamical Systems and Chaos**. Índia: Springer, 2015. E-book.

LORENZ, Edward N. **The essence of chaos**. Estados Unidos: University of Washington Press, 1995. 240 p.

MALKUS WATERWHEEL. Referência obtida de **Lorenz waterwheel** ou **chaotic waterwheel**. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Malkus_waterwheel. Acesso em: 05 mar. 2021.

MONTEIRO, L. H. A. **Sistemas dinâmicos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

MOYERMAN, Stephanie. **Exploring the Lorenz Equations through a Chaotic Waterwheel**. 2006. Disponível em: <https://www.math.hmc.edu/~dyong/math164/2006/moyerman/finalreport.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2021.

RODA D'ÁGUA MALKUS. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Malkus_waterwheel. Acesso em: 03 mar. 2021.

STROGATZ, Stefen H. **Nonlinear Dynamics an Chaos**: With applications to physics, biology and chemistry, 1994.

VIANA, William César. **Análise de dinâmica não linear e caracterização de caos**: um estudo sobre um sistema unificado. 2018. 86f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia Elétrica.

WATERWHEELS. Rômulo Gurgel e Wellington Martins Filho (IDNL). Disponível em: <https://m.youtube.com/watch?v=ADpB57HYfhU&feature=youtu.be>. Acesso em: 03 mar. 2021.

CAPÍTULO 3

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DA GRAVITAÇÃO COM FOCO EM BURACOS NEGROS

Data de aceite: 26/05/2021

Data de submissão: 06/05/2021

José Izaias Moreira Scherrer Neto

Mestrando do programa de Pós-Graduação em ensino de Física – PPGEnFis-UFES
Escola Estadual Leandro Escobar
Guarapari - ES
<http://lattes.cnpq.br/7004234418445541>

Lucas Antonio Xavier

Doutorando Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais – Centro de Ciências e Tecnologia PPGCN
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro (UENF)
Campos dos Goytacazes - RJ
<http://lattes.cnpq.br/6190978119000645>

Chirlei de Fátima Rodrigues

Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT), Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)
Escola Estadual Prof.^a Filomena Quitiba
Piúma - ES
<http://lattes.cnpq.br/5246207727584522>

Wanessa Santos Santana

Mestranda do programa de Pós-Graduação em ensino de Física – PPGEnFis-UFES
EEEFM Nossa Senhora da Conceição
Linhares - ES
<http://lattes.cnpq.br/1893988887030466>

Tatiane Lemos Perdigão

Mestra pelo Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) – UFES
Escola Estadual Leandro Escobar
Guarapari - ES
<http://lattes.cnpq.br/7198622569011315>

RESUMO: Com a crescente necessidade de introdução da Física Moderna e Contemporânea e a busca de melhoria das aulas de Física no ensino básico, propõe-se nesse trabalho a construção de uma sequência didática, que permita o ensino da Gravidade através de atividades com foco nos buracos negros. As atividades foram planejadas e fundamentadas no ensino por investigação, o qual permite uma maior liberdade intelectual do aluno, estando ele no centro de todo o processo de aprendizagem. O tema integrador e motivador escolhido foi o buraco negro, objetos cosmológicos que estão no imaginário da população e que despertam a curiosidade desta. Devido a todos os transtornos gerados pela pandemia da covid-19, a sequência passou por um processo de validação *a priori*, onde alunos e professores por intermédio de um instrumento de avaliação, validação e análise de sequências de ensino investigativo, avaliaram e analisaram a sequência de ensino. Para nossa análise de dados, iremos neste momento considerar somente as respostas obtidas pelo instrumento respondido pelos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino por investigação, Validação a priori, Aprendizagem, Buraco negro.

ABSTRACT: With the growing need for the introduction of modern and contemporary Physics and the search for improving Physics classes in basic education, we seek in this work the construction of a didactic sequence, which allows the teaching of Gravity through activities focusing on black holes. The activities were planned and based on teaching by research, which allows greater intellectual freedom for the student, being at the center of the entire learning process. The integrating and motivating theme chosen was the black hole, cosmological objects that are in the imagination of the population and that arouses interest. Due to all the disorders generated by the covid-19 pandemic, the sequence underwent a priori validation process, where students and teachers, through an instrument of evaluation, validation and analysis of investigative teaching sequences, evaluated and analyzed the sequence education. For our data analysis, we will now consider only the answers obtained by the instrument answered by the students.

KEYWORDS: Research teaching, Priority validation, Learning, Black hole.

1 | INTRODUÇÃO

Existem inúmeros desafios para melhoria do ensino de Física no nível básico, fazendo com que pesquisadores/professores repensem as práticas e conceitos desenvolvidos em sala de aula. Um tópico que tem sido cada vez mais discutido é a introdução da Física Moderna e Contemporânea nas aulas.

Segundo Domingui, Maximiano e Cardoso (2012), o conteúdo que o professor trabalha nas aulas de Física é desatualizado e não acompanha o crescente desenvolvimento da ciência nas últimas décadas.

Essa desatualização fortalece o cenário em que os alunos acham que a Física se resume em leis e fórmulas acabadas, fortalecendo um ensino memorista, incompatibilizando a utilidade e a aplicabilidade desses conceitos relevantes para uma sociedade contemporânea na vida dos alunos (SILVA JÚNIOR e COELHO, 2020).

Em contrapartida, o Ensino por investigação mostra-se uma abordagem capaz de aproximar os alunos do método científico, diminuindo a fronteira entre alunos e pesquisadores e potencializando a formação de indivíduos com pensamento crítico (SASSERON e MACHADO, 2017).

Dentro dessa perspectiva, uma mudança de cenário seria possível, tendo em vista que a aproximação entre a ciência produzida na escola e a ciência produzida em centros de pesquisa, corrobora com a construção do conhecimento por parte dos discentes, pois permite que os indivíduos envolvidos nesse processo desenvolvam estratégias de resolução de problemas de forma coletiva.

Os documentos normativos como PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e BNCC (Base Nacional Comum Curricular) não incluem a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, no entanto, devido aos avanços científicos e tecnológicos atuais faz se necessário a abordagens desses tópicos em sala de aula. Além disso, é fundamental

mostrar que a construção de conceitos científicos ocorreu de forma coletiva no decorrer dos séculos.

De acordo com Terrazzan (1992), uma das possíveis maneiras de trabalhar a Física Clássica articulada com a Física Moderna e Contemporânea, de forma que tenha aceitação e não contraponha os conteúdos pré-determinados pelo currículo escolar, consiste na exploração dos limites dos modelos físicos. Mostra-se, historicamente o desenvolvimento dos conceitos e reforça-se a ideia de que na Física, certos modelos funcionam bem em determinadas situações, mas pode ser necessário o desenvolvimento de novas teorias para o entendimento de situações diversas.

Juntamente com o esforço da introdução da Física Moderna e Contemporânea, é extremamente necessário que os planejamentos das atividades sejam embasados em uma abordagem que permite a centralidade nos alunos, liberdade intelectual, desenvolva a habilidade na resolução de problemas, crie um ambiente democrático, e facilite a alfabetização científica nas escolas. Segundo da Silva Junior e Coelho (2020), o ensino por investigação é uma excelente estratégia para que se alcancem melhorias no ensino de Física, possibilitando o desenvolvimento dos critérios pertinentes para uma educação de melhor qualidade.

O ensino por investigação contrapõe o modelo tradicional e contribui para um ensino consciente, facilitando o aprendizado na área da ciência bem como o desenvolvimento de suas habilidades e competências, formando cidadãos idôneos em seu papel na sociedade (SILVA, 2014).

Trabalhar atividades na perspectiva investigativa não necessariamente significa ter uma metodologia de indicando uma estrutura fechada e bem definida. As atividades investigativas possibilitam uma diversificação de formas a se trabalhar os conteúdos em sala de aula (SILVA JUNIOR e COELHO, 2020).

Para que a aula aconteça nessa perspectiva, tanto o professor quanto o aluno devem exercer os papéis a eles designados. O aluno como um verdadeiro investigador e o professor como mediador do processo (SILVA JUNIOR e COELHO, 2020).

Por se constituir um ambiente dinâmico, prezando a interação entre os envolvidos, a reflexão e análise da aula para caracterizá-la como investigativa, só ocorrerá na análise detalhada dessas interações e do processo como todo. A coleta de dados ocorre a partir de gravação de áudios, vídeos, diários de bordo e formulários. Posteriormente, esses instrumentos devem ser utilizados de modo que o material seja analisado, para que haja uma ressignificação e melhoria das atividades, tornando-o potencialmente apto a atingir o objetivo educacional.

2 | METODOLOGIA

Este trabalho refere-se a uma pesquisa qualitativa, onde buscamos através do instrumento de avaliação, validação e análise de sequências de ensino investigativo, legitimar a SEI. Essa pesquisa foi realizada com treze alunos do ensino médio, sendo dois da primeira série, seis da segunda série e cinco da terceira série, todos da Escola Estadual de ensino Médio Leandro Escobar.

A coleta de dados foi realizada através do instrumento de avaliação, validação e análise de sequências de ensino por investigação disponibilizado em forma de formulário. Buscou-se analisar e avaliar três parâmetros: o tema a ser abordado nas aulas, se o mesmo possui originalidade e desperta o interesse; clareza e compreensão, se as atividades possuem uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento; e o método de avaliação, se é condizente com os objetivos e conteúdos proposto, e informado com clareza antes do início das atividades.

Junto com o instrumento, foram encaminhadas as atividades que compõem a SEI, para que os alunos analisassem e avaliassem. A sequência é composta pelas seguintes atividades:

Atividades
Atividade investigativa do modelo planetário
Atividade investigativa das órbitas dos satélites
Atividade investigativa da velocidade de escape
Demonstração investigativa da cama elástica
Atividade investigativa sobre os buracos negros
Atividade investigativa do raio de Schwarzschild
Atividade investigativa sobre a “Espaguetificação da astronauta”

3 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresenta-se agora a seguinte análise dos dados coletados através das respostas enviadas pelos alunos. Ressalta-se que o instrumento de análise, avaliação e validação das sequências de ensino investigativo utilizou cinco opções de resposta, entretanto apenas duas possibilidades de resposta foram escolhidas pelo público alvo.

Em relação ao tema:



Figura 1: Diagrama circular

Fonte: autores

De acordo com o diagrama circular, os alunos concordam que Tópicos de Física Moderna e Contemporânea despertam o interesse em participar dessa sequência. Segundo Ostermann e Moreira (2000), a utilização de conceitos da Física Moderna pode despertar o interesse dos alunos pela ciência, incitando a vontade de participar de novas estratégias de ensino ainda que sejam desafiadoras no processo de aprendizagem.

Em relação à clareza e compreensão:



Figura 2: Diagrama circular

Fonte: autores

Para a maioria, as atividades apresentadas são claras e compreensivas, tendo um texto bem redigido e de fácil entendimento, porém dez por cento ficaram indiferente a essa questão.

Em relação ao método de avaliação:



Figura 3: Diagrama circular

Fonte: autores

Todos concordam ou concordam totalmente que o método de avaliação é satisfatório e atende a excepcionalidade das atividades propostas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível constatar a partir da análise da SEI que a utilização de novas estratégias no ensino de física é essencial para despertar o interesse dos discentes.

É importante destacar que essa pesquisa está em fase inicial e ocorreu durante o ensino remoto por causa da pandemia de covid-19.

Dentro desse contexto, pretende-se explorar essa sequência em diferentes contextos no ensino presencial, de modo a implementar integralmente todas as etapas da SEI.

Com base nos dados apresentados e analisados é possível afirmar que as atividades da sequência investigativa constituem um material com potencial para atingir o objetivo educacional, desde que a mediação e as interações atendam o referencial proposto. Além disso, vale ressaltar que o objetivo aqui é avaliar a sequência desse trabalho que consistiu na análise dos dados coletados pela aplicação do instrumento de avaliação para professores.

REFERÊNCIAS

MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L.; DOMINGUINI, L. . **Física Moderna nos livros didáticos: um contraponto entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2012**. Vidya (Santa Maria. Impresso), v. 33, p. 97-115, 2013.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Investigações em Ensino de Ciências (Online), Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 23-48, 2000.

SASSERON, L. H.; MACHADO V. F. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar Física**. São Paulo: Livraria de Física, 2017.

SILVA JÚNIOR, J. M. DA; COELHO, G. R. **O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia**. CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA, v. 37, p. 51-78, 2020.

SILVA, V. M. **O ensino por investigação e o seu impacto na aprendizagem de alunos do ensino médio de uma escola pública brasileira**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de segundo grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, SC, Brasil, v. 9, n.3, p. 209-214, 1992.

ANEXO

INSTRUMENTO DE ANÁLISE, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DAS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVO						
Tema da SEI:						
Data: / /						
Nome do aluno avaliador:						
Série:						
Escola do aluno:						
Atribuir um valor de suficiência sendo: 1 (Discordo totalmente); 2 (Discordo); 3 (Indiferente); 4 (Concordo); 5 (Concordo totalmente).		1	2	3	4	5
01. Tema: Neste tópico deve-se avaliar o tema a ser abordado nas aulas, sua originalidade e se o mesmo desperta o interesse. O tema desenvolvido na sequência desperta o interesse em participar das aulas?						
Observação:						
02. Clareza e compreensão: As atividades precisam possuir uma redação clara e direta, contendo todas as explicações necessárias para seu desenvolvimento. Deve-se considerar se, conforme redigida, as explicações são suficientes para um entendimento do que é para realizar. As atividades são claras e compreensíveis?	Atividade 01					
	Atividade 02					
	Atividade 03					
	Atividade 04					
	Atividade 05					
	Atividade 06					
	Atividade 07					
Observação:						
03. Método de avaliação: O método de avaliação deve ser condizente com os objetivos e conteúdos propostos, e informado com clareza antes do início das atividades. O método de avaliação está explicado com clareza e é satisfatório?						
Observação:						

CAPÍTULO 4

A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL E SEUS CONCEITOS: UM OLHAR SOB AS LENTES DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Data de aceite: 26/05/2021

Data de submissão: 01/03/2021

Ian Lima Santana

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6242705621816622>

Ramon Alves dos Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/0276668901800344>

Gabriel Fonseca Guimarães

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6850946554302469>

Carlos Takiya

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Vitória da Conquista – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6591206454491954>

RESUMO: A Física busca estudar os fenômenos naturais e suas mais diversificadas manifestações na natureza, tal estudo se baseia na compreensão humana e existem várias teorias para explicar um mesmo ou diferentes fenômenos

existentes. Neste trabalho apresentamos um contexto histórico e teórico, por meio de obras de divulgação científica, sobre alguns conceitos da Teoria da Relatividade Especial e, em seguida, apontamos que tais obras, juntamente com a utilização de mapas conceituais, podem auxiliar no ensino e aprendizagem dessa teoria no ensino médio.

PALAVRAS-CHAVE: Divulgação Científica, Ensino Médio, Relatividade Especial.

THE THEORY OF SPECIAL RELATIVITY AND ITS CONCEPTS: A LOOK THROUGH THE LENS OF SCIENTIFIC DIVULGATION

ABSTRACT: Physics seeks to study natural phenomena and their most diverse manifestations in nature, such a study is based on human understanding and there are several theories to explain the same or different existing phenomena. In this work, we present a historical and theoretical context, through scientific dissemination works, about some concepts of the Theory of Special Relativity and, next, we point out that such works together with the use of conceptual maps can help in the teaching and learning of this theory in high school.

KEYWORDS: Scientific divulgation, High school, Special Relativity.

1 | INTRODUÇÃO

Em um contexto sócio-histórico, é fato que os conteúdos abordados durante a modalidade regular de ensino dão ênfase, quase que exclusiva, aos fenômenos descritos pela

Física Clássica e especialmente pela mecânica newtoniana. Tal concepção está atrelada ao pressuposto de que os fenômenos tratados por essas teorias estão mais próximos do cotidiano. Dessa forma, o ensino limita-se ao tradicionalismo científico, de modo que prevaleça seu caráter determinista para a descrição da realidade subjacente.

Nesse contexto, é dado um grande enfoque na análise quantitativa dos fatos, ao relegar os aspectos filosóficos de uma teoria científica e o contexto histórico em que ela foi desenvolvida. Tais aspectos permitem que o estudante possa compreender a Ciência como um produto sociocultural e que este arcabouço teórico, tal como se apresenta, não é algo rígido, e tampouco estático. O conhecimento científico adquire uma forma mais robusta com o decorrer do tempo e suas concepções modificam, de forma substancial, os paradigmas anteriores. Sobre esse aspecto, Almeida (2004) argumenta que:

Numa perspectiva de mediação cultural, as finalidades para se ensinar ciência podem assumir um espectro bastante abrangente, podendo-se esperar desse ensino que ele possibilite ao estudante, entre outros objetivos: a internalização de conceitos e leis previamente selecionados; o reconhecimento das condições sociais em que determinadas leis da natureza e certos conceitos foram produzidos, bem como o entendimento de suas influências sobre a sociedade; a compreensão de modos de produção da ciência; a possibilidade de crítica em relação a aplicações e implicações sociais da instituição científica; a aquisição de habilidades e atitudes pertinentes ao fazer científico; o incremento da auto-estima pela inserção em questões próprias do seu tempo. Evidentemente, esses e outros possíveis objetivos não são mutuamente excludentes (ALMEIDA, 2004, p. 96).

Dessa forma, acreditamos que essa visão de que Física e Filosofia são ramos que não devem se misturar não pode ser aplicada no contexto atual, pois os conhecimentos físicos não são mais vistos como algo determinístico e inquestionável. Para Einstein (1936) o físico deve fazer uma análise crítica dos fundamentos da Física, realizando, assim, uma reflexão questionadora tanto dos fundamentos quanto do próprio “senso comum”. Isso é de fundamental importância na Ciência atual, porque quando chegamos na Ciência Moderna, com ramos como a Teoria da Relatividade Especial e a Geral, percebemos que os conhecimentos científicos não são necessariamente intuitivos e justamente por isso precisamos analisar o mundo ao nosso redor de forma crítica e até mesmo filosófica.

Por exemplo, a Teoria da Relatividade Especial ou Teoria Especial da Relatividade, alterou profundamente as estruturas firmadas pela Mecânica Clássica ao apresentar conceitos revolucionários para a época e também para os dias atuais, e constituiu, de fato, uma verdadeira revolução científica. O caráter estético da relatividade, apesar de abolir os conceitos clássicos sobre tempo e espaço, é fascinante. Suas ideias constituem um marco para a Ciência e, apesar de serem simples e sutis, possuem profundas implicações subjacentes. Conforme descreve Randall (2013):

A procura pela verdade científica subjacente costuma envolver a busca por elementos simples com os quais podemos construir os fenômenos ricos e complexos que observamos. Em geral ela envolve tentar identificar padrões significativos ou princípios ordenadores. A maioria dos cientistas só considera uma proposta potencialmente correta se ela acompanhar uma realização concisa de ideias simples e elegantes [...] (RANDALL, 2013, p. 359).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo abordar um breve contexto histórico e teórico sobre a Teoria da Relatividade Especial e apresentar uma metodologia alternativa aplicável ao âmbito do ensino médio, tendo como principal respaldo teórico as obras de divulgação científica. Nessa perspectiva, tais obras podem ser utilizadas em conjunto com outras ferramentas didáticas-conceituais que distem do tradicionalismo escolar, tendo em vista a dinâmica e os mecanismos subjacentes ao modelo de ensino vigente.

2 | JUSTIFICATIVA

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) estabelecem que o ensino em Física não deve limitar-se somente à uma representação simbólica dos fenômenos através de uma linguagem matemática, mas deve incorporar, também, os aspectos teóricos-conceituais que regem tais fenômenos. Nesse contexto, a Física enquanto Ciência representa a capacidade humana de compreender a realidade, e possibilita aos estudantes uma interpretação mais completa dos fatos:

Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas [...] (BRASIL, 2000, p. 22).

Todavia, grande parte das escolas públicas têm adotado um ensino de Física mecânico e defasado, baseado quase completamente na reprodução de equações matemáticas, fazendo disso uma mecanização do ensino. Essa matemática, tal como se apresenta, é vazia de significados e não possui nenhuma relação com o contexto social dos estudantes. Dessa forma, a Física deve ser vista como um campo científico em constante desenvolvimento e que não se limita somente à uma descrição quantitativa dos fenômenos, conforme relata Hawking (2018):

[...] As escolas, no entanto, oferecem apenas uma estrutura elementar onde às vezes a rotina de decoreba, equações e provas pode indispor os jovens contra a ciência. A maioria das pessoas responde a uma compreensão qualitativa,

e não quantitativa, sem a necessidade de equações complicadas. Livros de divulgação científica e artigos sobre ciência também ajudam a explicar ideias sobre o modo como vivemos. Entretanto, apenas uma pequena parcela da população lê até mesmo o best-seller do momento. Documentários e filmes de ciência atingem um público imenso, mas não passam de comunicação de mão única (HAWKING, 2018, p. 228).

Dessa forma, é de extrema importância que o estudante possa compreender que a Ciência é concebida como um produto humano e como tal, não é algo absoluto e imutável, mas um arcabouço teórico e descritivo que está em constante progresso. Sob um certo contexto sócio-histórico, a Ciência vista como um construto social sofre grandes influências da época em que foi produzida. Cabe ao professor ressaltar a devida importância dos aspectos sociais e filosóficos subjacentes à Teoria da Relatividade, conforme expõe Peduzzi (2011):

A linearidade com que usualmente os conteúdos de física são veiculados pelos livros didáticos confere uma ênfase quase que exclusiva aos produtos do conhecimento científico, ignorando os processos de sua construção [...] a descontextualização histórica [...] fragmenta o conhecimento científico, tornando qualquer sequência didática artificial (PEDUZZI, 2011, p. 6).

A justificativa do presente trabalho insere-se na discussão sobre os principais conceitos da Relatividade Especial. Nesse contexto, são apresentadas algumas estratégias didáticas que podem potencializar a discussão sobre os conceitos relativísticos com base em referências pertinentes à área, com o objetivo de tornar o ato de fazer e ensinar Ciência mais dialógico e interacional no ensino médio.

3 | OS CONCEITOS DA RELATIVIDADE ESPECIAL

De fato, as leis de Newton constituem um arcabouço sólido e consistente para o estudo do movimento. Tais ferramentas possibilitaram a análise dos fenômenos celestes e terrestres por meio de uma única estrutura teórica, ao equacionar de forma sistemática as forças que atuam sob um corpo ou sistema de corpos. Nesse contexto, conhecida a posição de um objeto num certo tempo, é factível determinar sua velocidade, ou outra grandeza relacionada ao movimento, em um instante anterior ou posterior. Sob essa perspectiva, Brennan (1998) relata que:

A mecânica newtoniana tornou-se o alicerce da estrutura sobre a qual se erguem todas as camadas das ciências físicas e da tecnologia. A física newtoniana foi, acima de tudo, um triunfo do reducionismo – o ato de tornar um fenômeno complexo, neste caso, o cosmo, e explicá-lo mediante a análise dos mecanismos físicos mais simples, mais básicos que estão em operação durante o fenômeno [...] (BRENNAN, 1998, p. 36).

Newton considerou que o espaço e tempo são descritos como estruturas rígidas e imutáveis, às quais possibilitaram um teatro cósmico para os desdobramentos dos fenômenos no universo. Einstein modificou as estruturas armadas pela Mecânica Clássica com a formulação da Teoria da Relatividade Especial e, anos mais tarde, com o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral. Ambas teorias culminaram em profundas implicações para a comunidade científica da época e seu grau de veracidade perpetua-se até nos dias atuais.

A Relatividade Especial (RE) foi publicada em 1905¹ e faz jus ao nome, pois ela configura-se como uma teoria que descreve, especificamente, os referenciais inerciais. Sob essa perspectiva, pode-se definir um referencial inercial como um sistema de referência que desloca-se com velocidade constante em relação a outros referenciais. Os conceitos da Mecânica Clássica são imprescindíveis para a definição de tal sistema e o próprio Einstein reconhece sua importância:

Sabemos que o princípio da inércia, uma lei básica da mecânica galileana e newtoniana, afirma que um corpo afastado o bastante de outros corpos permanece em repouso ou em movimento linear uniforme. Este princípio fala não apenas do movimento dos corpos, mas também da admissibilidade do referencial (ou sistema de coordenadas) usado na descrição do movimento [...] um sistema de coordenadas cujo estado de movimento é tal que o princípio da inércia se aplica a ele é chamado de sistema de coordenadas galileano. Apenas para tais sistemas é que se pode esperar que tenham validade as leis da mecânica galileana e newtoniana (apud LEVY, 2020, p. 24).

A RE tem seu respaldo em duas estruturas conceituais simples e sutis, às quais resultam em profundas implicações para descrição do movimento relativo. Tais afirmações são denominadas postulados e, em primeira instância, não carecem de demonstração matemática. O primeiro postulado denomina-se Princípio de Relatividade e considera que todas as leis da Física, sem nenhuma exceção, não variam sob a mudança de um referencial inercial para outro.

O primeiro postulado da RE é mais geral e abrangente do que o princípio estabelecido por Galileu para o estudo da Mecânica, pois trata as leis que regem todos os fenômenos físicos (sejam eles mecânicos, ópticos, eletromagnéticos, etc.) sob um mesmo pé de igualdade. Se as leis físicas não tivessem uma única forma para os fenômenos analisados em lugares distintos, as regras que regem seu comportamento não teriam qualquer fundamento. Nesse contexto, o Princípio de Relatividade está associado à universalidade das leis físicas e aos aspectos simétricos das mesmas, conforme argumenta Greene (2005, p. 231):

Uma das lições mais amplas que aprendemos nos últimos cem anos é a de que as leis físicas que conhecemos associam-se aos princípios da simetria. A relatividade especial baseia-se na simetria incorporada no princípio da

1. Alguns autores costumam adotar que nesse ano a Teoria da Relatividade Especial foi publicada.

relatividade – a simetria entre todos os referenciais com velocidade constante. A força gravitacional, tal como equacionada pela teoria da relatividade geral, baseia-se no princípio da equivalência – extensão do princípio da relatividade que abarca todos os pontos de vista possíveis, independentemente da complexidade do estado de movimento em que se encontrem [...].

O segundo postulado denomina-se Princípio da Constância da Luz e trata sobre suas propriedades específicas, ao considerar que a velocidade da luz é constante para todos os referenciais inerciais e independe do estado de movimento da fonte que a emite. Esse princípio possui implicações consideráveis, como a dilatação temporal e a contração do comprimento, além de impor que a velocidade da luz é a velocidade limite do universo. Para corpos que deslocam-se com velocidades próximas à da luz, o tempo passa de maneira mais vagarosa e esses mesmos objetos experimentam uma diminuição em seu comprimento natural. Tyson (2016) traz uma abordagem bem dinâmica para esse postulado, conforme é descrito a seguir:

Incluindo a estação espacial e o Super-Homem, poucas coisas na vida viajam mais rápido que uma bala. Mas nada pode se mover mais rápido que a velocidade da luz no vácuo. Nada. Por mais rápido que se mova a luz, sua velocidade não é definitivamente infinita. Como a luz tem uma velocidade, os astrofísicos sabem que olhar para o espaço é o mesmo que olhar para trás no tempo [...] (TYSON, 2016, p. 117).

No âmbito da Mecânica Clássica, as equações desenvolvidas por Galileu e Newton descrevem, com uma precisão fascinante, o movimento dos corpos. Contudo, essa descrição do movimento restringe-se às condições de baixas velocidades. Sob o ponto de vista relativístico, os feitos mencionados só se tornam perceptíveis para velocidades próximas à da luz. Einstein modificou as equações obtidas por Galileu ao introduzir o fator de Lorentz, e formulou seus postulados, com o objetivo de solucionar algumas inconsistências presentes na teoria clássica.

Ainda de acordo com a Mecânica, desde que uma força resultante não-nula atue, por tempo indeterminado, no mesmo sentido em que um objeto qualquer se desloca, este poderá adquirir uma velocidade e, conseqüentemente, energia cinética infinitas. Todavia, o segundo postulado da relatividade consegue resolver essa incoerência, ao considerar que a velocidade da luz é a velocidade limite do universo. Nesse contexto, Hawking (2001, p. 9) relata que:

O postulado de Einstein de que a velocidade da luz deve ser a mesma para qualquer espectador implica que nada pode mover-se com velocidade maior que ela. O que ocorre é que se utilizarmos energia para acelerar algo, seja uma partícula ou uma espaçonave, sua massa aumenta, tornando-se mais difícil segui-la acelerando. Acelerar uma partícula até a velocidade da luz seria impossível, porque exigiria uma quantidade infinita de energia [...].

Para objetos fixos em relação a um referencial, seu movimento dá-se, em sua totalidade, nas dimensões temporais. Ao deslocar-se com uma velocidade bem próxima à da luz, parte do movimento na dimensão temporal é “transferido” para a dimensão espacial. Esse aspecto um tanto curioso justifica o fato de que, para objetos que se movem a velocidades extremas, a medida temporal dos eventos ocorre de forma mais vagarosa, conforme argumenta Greene (1999, p. 40):

[...] a repartição do movimento entre as diferentes dimensões implica que o objeto viajará mais devagar através do tempo do que objetos estacionários, uma vez que parte do seu movimento está sendo usada na viagem através do espaço. Ou seja, o relógio desse objeto anda mais devagar se ele se move através do espaço [...] o tempo passa mais devagar quando um objeto se move com relação a nós porque isso converte uma parte do seu movimento através do tempo em movimento através do espaço. Assim, a velocidade de um objeto através do espaço é simplesmente um reflexo da proporção em que esse movimento através do tempo é desviado.

A constância da luz implica que o espaço e o tempo não são descritos como estruturas rígidas e inflexíveis, e tampouco invariáveis, conforme pregava a Mecânica Clássica. A Relatividade Especial aboliu tais conceitos, até então universais no âmbito da Física, e os substituiu por conceitos mais sofisticados. Sob as lentes da RE, o espaço e o tempo passaram a ser descritos como estruturas dinâmicas e mutáveis. Dessa forma, observadores situados em referenciais distintos não estarão em concordância quanto aos valores dessas grandezas, haja vista o caráter relativo do movimento. Nesse contexto, Greene (1999, p. 38) afirma que:

A constância da velocidade resulta na substituição da visão tradicional do espaço e do tempo como estruturas rígidas e objetivas por um novo conceito no qual ambos dependem intimamente do movimento relativo entre observador e a coisa observada [...]. A relatividade especial proporciona, porém, uma perspectiva unificada e mais profunda que engloba todos esses fenômenos.

Einstein constatou que a matéria e a energia são duas grandezas fundamentais que estão vinculadas através da memorável equação . Tal equação se aplica aos processos de fusão nuclear que ocorrem no interior do Sol e quantifica também a energia das partículas subatômicas, tais como o próton e o elétron, pois esses constituintes deslocam-se com velocidades próximas à luz, conforme relata Kaku (1994, p. 97):

Einstein calculou precisamente como a energia deveria mudar se o princípio da relatividade estivesse correto e descobriu a relação $E=mc^2$. Como a velocidade da luz ao quadrado (c^2) é um número astronomicamente grande, uma pequena quantidade de matéria pode liberar uma vasta quantidade de energia. Preso dentro das menores partículas de matéria, há um depósito de energia mais de um milhão de vezes maior que aquela liberada numa explosão química. A matéria, em certo sentido, pode ser vista como um depósito quase inesgotável de energia; isto é, matéria é energia condensada.

O Princípio de Relatividade, discutido anteriormente, possui uma aceção ainda mais ampla: munido de um caráter simétrico, este princípio não só estabelece uma descrição igualitária para as leis físicas – visto que estas possuem a mesma forma sob a mudança de um referencial inercial para outro – mas também aplica-se às leis de conservação. Nesse contexto, a RE também leva em consideração a conservação da energia ao descrever processos mecânicos, conforme relata o próprio Einstein:

O princípio da relatividade exige que a lei da conservação da energia valha não apenas em um sistema de coordenadas K , mas sim em qualquer sistema de coordenadas K' que esteja em movimento de translação uniforme com relação a K – em suma, em relação a qualquer sistema de coordenadas “galileano”. A passagem de tal sistema à outro é regida pela transformação de Galileu, em contraste com a mecânica clássica (apud LEVY, 2020, p. 60).

Uma das implicações subjacentes da RE é a descrição da Terra como um referencial que se move sob velocidade constante. Nesse contexto, todos os outros referenciais situados em nosso planeta também são tratados como referenciais inerciais. Todavia, a Terra é um referencial não-inercial, já que sua velocidade é variável para diferentes pontos em sua órbita em torno do Sol. Essa consideração teórica é apenas uma aproximação para descrever o movimento, pois, caso isso não fosse feito, a análise sobre o movimento relativo não teria qualquer fundamento.

Após um incessante trabalho, Einstein formulou a Relatividade Geral em 1915². Essa teoria, como seu próprio nome indica, é mais abrangente que a Relatividade Especial, pois ela generaliza a descrição do movimento para corpos que possuem aceleração não-nula. Einstein desenvolveu uma descrição geométrica para a força gravitacional em termos de curvaturas e ondulações, e que explica com nítida precisão como o espaço-tempo se distorce perante a matéria e a energia, conforme relata Greene (2012):

Einstein passou anos desenvolvendo essa ideia em uma estrutura matemática rigorosa e as *Equações de Campo de Einstein*, que daí resultaram e que constituem o cerne da teoria da relatividade geral, nos dizem com precisão como o espaço e o tempo se curvam em função da presença de uma dada quantidade de matéria (mais precisamente, matéria e energia, de acordo com a equação einsteiniana $E=mc^2$, em que E é a energia e m é a massa, sendo ambas intercambiáveis uma pela outra). Com a mesma precisão, a teoria também diz como a curvatura do espaço-tempo afeta o movimento de todas as coisas — estrelas, planetas, cometas, a própria luz — que se movem através dele. Isso permite que os físicos façam previsões específicas dos movimentos no cosmo (GREENE, 2012, p. 20).

A Teoria da Relatividade, em um contexto geral, nos permite compreender o funcionamento do cosmo de forma ampla e abrangente, pois ela se aplica tanto à escala microscópica quanto às extensões mais longínquas do universo. Através da equação

2. Importante dizer que outros autores, como Janna (2016), consideram que a Teoria da Relatividade Geral foi publicada em 1916.

de Einstein, é possível calcular a energia das partículas elementares e compreender os mecanismos subjacentes aos processos nucleares e a formação dos elementos químicos; bem como prever e descrever a trajetória dos planetas em torno do Sol.

Dessa forma, a Teoria da Relatividade Especial modificou de forma radical as concepções sobre tempo e espaço adquiridas no cotidiano. Nesse ínterim, é imprescindível a busca por novos recursos e ferramentas didáticas para uma compreensão mais profunda dos conceitos subjacentes à RE. Conforme relata Hawking (2018), uma análise qualitativa de tais conceitos faz-se necessária, tendo como base metodologias de ensino alternativas e que estas, por sua vez, não se limitem ao uso exclusivo do livro didático como instrumento educacional.

4 | ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

Com o objetivo de apresentar ferramentas e recursos didáticos alternativos e que distem do tradicionalismo educacional, firmaremos nossa metodologia nos conceitos utilizados por Bueno (2009) sobre a devida importância das obras divulgação científica e Almeida (2006) sobre a utilização de mapas conceituais no processo de construção e significação do conhecimento.

O uso de livros de divulgação científica como material complementar para o ensino de Física é de grande importância, pois tais obras permitem que o professor possa introduzir, de forma lúdica e mais inovadora, temas pertinentes, tendo em vista a amplitude desse material na atualidade. As obras de divulgação possuem um amplo caráter exploratório ao tratar sobre vários temas e apresentar uma relação entre os mesmos, assim elas não se restringem somente à uma ferramenta, conforme relata Bueno (2009, p. 162):

Na prática, a divulgação científica não está restrita aos meios de comunicação de massa. Evidentemente, a expressão inclui não só os jornais, revistas, rádio, TV [televisão] ou mesmo o jornalismo on-line, mas também os livros didáticos, as palestras de ciências [...] abertas ao público leigo, o uso de histórias em quadrinhos ou de folhetos para veiculação de informações científicas (encontráveis com facilidade na área da saúde/Medicina), determinadas campanhas publicitárias ou de educação, espetáculos de teatro com a temática de ciência e tecnologia (relatando a vida de cientistas ilustres) e mesmo a literatura de cordel, amplamente difundida no Nordeste brasileiro.

Do recorte acima, é notório que existe uma ampla variedade de ferramentas didáticas, às quais podem ser aplicadas em sala de aula e utilizadas em conjunto com o livro de divulgação científica. A priori, o professor pode sugerir a leitura dos capítulos que tratam sobre RE numa das seguintes obras, a saber: O Universo Elegante (GREENE, 1999), O Universo Numa Casca de Noz (HAWKING, 2001) ou O Tecido do Cosmo (GREENE, 2005). Em seguida, os alunos irão dialogar entre si sobre os pontos mais pertinentes e mencionar suas principais dúvidas durante a leitura.

A posteriori, os estudantes devem apresentar suas considerações sobre a RE e suas consequências ao professor. Em seguida, será feita uma discussão coletiva entre os estudantes e o professor, para que este possa corrigir eventuais interpretações equivocadas por parte dos discentes. Feito isso, o professor pode adotar um mapa para abordar em sua aula e depois apresentá-lo para seus estudantes, explicando cada parte colocada ali. Ademais, ele deverá solicitar que os estudantes formem duplas para construírem mapas conceituais sobre os principais aspectos e consequências da teoria estudada, considerando até quais pontos eles conseguiram entender e os que não conseguiram para ser esclarecidos depois.

Almeida (2006, p. 9) considera os mapas conceituais como:

[...] diagramas que indicam relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou de parte dele. Ou seja, sua existência deriva da estrutura conceitual de um conhecimento.

Os mapas conceituais possibilitam uma representação mais completa e abrangente sobre os conceitos analisados. O modelo que deve ser proposto para os estudantes deve tomar como base o princípio ausubeliano (Ausubel *et al.*, 1980) sobre a diferenciação conceitual progressiva. Em tal modelo, os conceitos mais abrangentes devem estar situados na parte superior. Em sequência, no sentido vertical de cima para baixo, os outros campos são preenchidos com conceitos que apresentam alguma relação com o conceito central. Por fim, chega-se à extremidade inferior do mapa, onde estão situados os conceitos mais específicos. Na Figura 1, apresentada a seguir, é mostrado uma proposta de modelo do mapa conceitual:

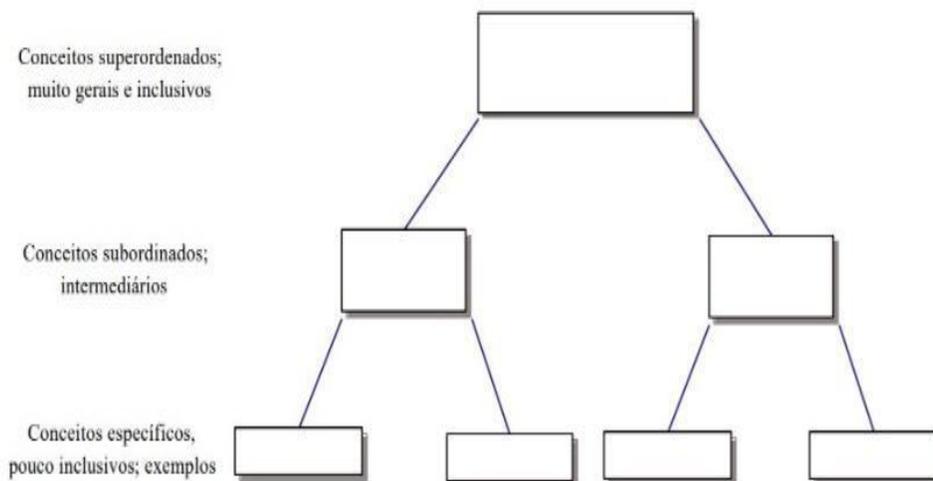


Figura 1: Modelo de Mapa Conceitual.

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 2, apresentamos uma sugestão de mapa simplificado já construído, que contém os principais conceitos da RE, que pode ser usado pelo professor ao adotar a proposta deste artigo. Para sua construção, tomou-se como base o princípio ausubeliano (Ausubel *et al.*, 1980).

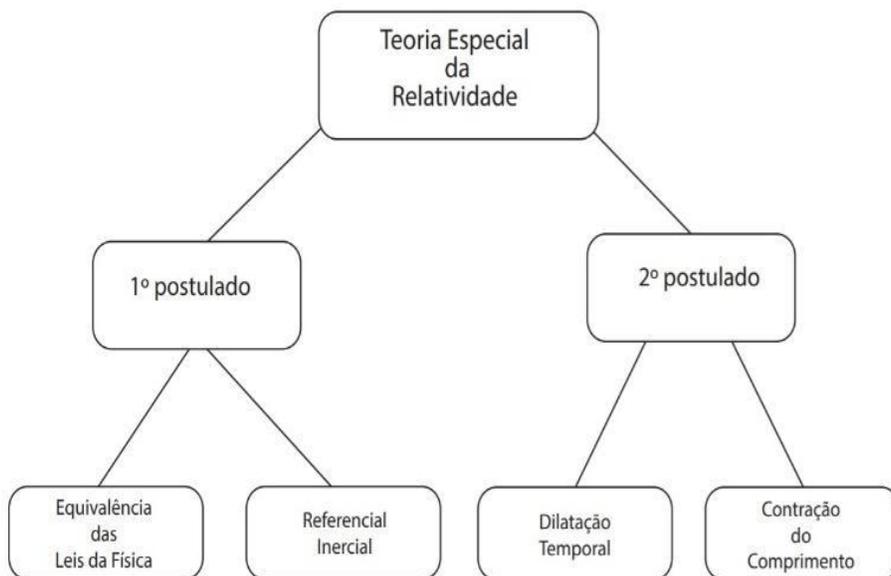


Figura 2: Sugestão de Mapa Conceitual.

Fonte: Autoria própria.

Na utilização deste mapa conceitual, o professor, a começar com o tema central, ele pode abordar um contexto histórico e teórico da Teoria Especial da Relatividade, focalizando nas transformações que esta teoria trouxe para a humanidade. Em seguida, lança o Primeiro Princípio da Relatividade, buscando deixar ganchos a definição e a importância de referencial inercial e para a equivalências das leis da Física. Por fim, trata do Segundo Postulado da RE, de forma clara e em seguida trata sobre dilatação temporal e contração do comprimento, dando exemplos e justificando-os.

Ademais, uma justificativa para a utilização de mapas conceituais, é pelo fato de a RE ter muitos pontos centrais de acordo os conceitos envolvidos, e com tal utilização fica mais fácil interligar esses pontos, além de possibilitar uma organização do entendimento da teoria de uma forma mais dinâmica.

5 | CONCLUSÃO

No presente trabalho, apresentou-se a proposta da inserção dos livros de divulgação científica em sala de aula como material complementar. Tais ferramentas possuem um grande potencial para o ensino de Física e podem ser utilizadas em conjunto com outros recursos didáticos para a construção de um saber científico mais crítico, autônomo e significativo. Também se propôs a elaboração de um mapa conceitual sobre os principais aspectos da Teoria da Relatividade Especial com base na literatura de divulgação científica. Dessa forma, é possível que os estudantes, ao construírem seu próprio mapa, após a exposição do mapa elaborado pelo professor feito sob a luz do princípio ausubeliano apresentado anteriormente, possam internalizar e dar real significação aos conceitos e leis previamente selecionados, além de ser possível estimular com desenvoltura as habilidades e atitudes ao fazer científico.

Além disso, ao inserirmos uma abordagem do universo e dos fenômenos naturais presentes em teorias recentes e propormos que os estudantes realizem uma pesquisa, estamos estimulando o conhecimento crítico deles. Isso se dá, pois, eles poderiam perceber, com ajuda do professor, que mesmo os assuntos mais complexos e não intuitivos estão presentes em seu cotidiano.

Dado o exposto, é factível que o ato de ensinar Física seja mais dialógico e interacional, tomando como base as ferramentas didáticas mencionadas. Para além disso, é necessário que tanto o professor quanto o estudante assumam um papel central nesse contexto, de modo que aluno perceba a variedade de fenômenos ao seu redor e que este possa, com os conhecimentos recém-adquiridos, relacioná-los com suas experiências cotidianas e, assim, ter significação destes conhecimentos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. **Discursos da Ciência e da Escola: Ideologia e Leituras Possíveis**. Campinas: Mercado das letras, 2004.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000.

BRENNAN, R. **Gigantes da Física: Uma história da Física Moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.

BUENO, W. C. **Jornalismo científico no Brasil: aspectos teóricos e práticos**. São Paulo: CJE/USP, 1988.

EINSTEIN, A. **A teoria da relatividade:** sobre a teoria da relatividade especial e geral: (para leigos)/ Albert Einstein; tradução de Silvio Levy. Porto Alegre-RS: L&PM POCKET, 2020.

_____. Physik und realität. **Jornal do Instituto Franklin**, v. 221, n. 3, p. 313-347, mar. 1936. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016003236910451>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

GREENE, B. **A Realidade Oculta:** Universos Paralelos e as Leis Profundas do Cosmo. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

_____. **O tecido do cosmo:** o espaço, o tempo e a textura da realidade. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. **O Universo elegante:** supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

HAWKING, S. **O Universo Numa Casca de Noz.** São Paulo: Mandarim, 2001.

JANNA, L. **A música do universo:** ondas gravitacionais e a maior descoberta dos últimos cem anos. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

KAKU, M. **HIPERESPAÇO:** Uma odisséia científica através de universos paralelos, empenamentos do tempo e a décima dimensão. São Paulo: Roccodigital, 1994.

PEDUZZI, L. O. Q. Física e filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina estrutura da matéria. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 3, n. 2, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4104>>. Acesso em: 31 jan. 2021.

RANDALL, L. **Batendo à Porta do Céu:** O bóson de Higgs e como a física moderna ilumina o universo. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

TYSON, N. D. **Morte no Buraco Negro:** e outros dilemas cósmicos. 1. ed. São Paulo: Planeta, 2016.

CAPÍTULO 5

EM BUSCA DE SOLUÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O PAPEL DA INTERDISCIPLINARIDADE E DA AFETIVIDADE

Data de aceite: 26/05/2021

Data da submissão: 14/05/2021

Adriano Marcus Stuchi

Universidade Estadual de Santa Cruz, DCET

Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/8039990678932773>

RESUMO: Neste artigo apresento uma releitura da minha tese de doutorado inspirado nos trabalhos de Ivani Fazenda e orientados sobre Interdisciplinaridade. O ensino de física é abordado para as séries finais do ensino fundamental com parte de projetos de vida, onde o trabalho em equipe é a base para as ações em sala de aula. A afetividade é mostrada a partir da análise da participação de uma professora de língua portuguesa do ensino fundamental, que se interessava pela história da localidade em que as atividades de ensino de física foram desenvolvidas. O amor, a empatia, o carinho e a valorização da comunidade foram características encontradas nas ações da professora na forma de afetividade, que fez com que aumentasse o interesse e a participação dos alunos nas atividades e se ampliassem as possibilidades de aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Interdisciplinaridade, Afetividade, Ensino de Física, Anos Finais Ensino Fundamental.

SEARCH OF SOLUTIONS FOR TEACHING PHYSICS IN THE FINAL YEARS OF FUNDAMENTAL EDUCATION: SOME CONSIDERATIONS ABOUT THE ROLE OF INTERDISCIPLINARITY AND AFFECTIVITY

ABSTRACT: In this article I present a reinterpretation of my doctoral thesis inspired by the works of Ivani Fazenda and oriented on Interdisciplinarity. Physics teaching is approached for the final grades of elementary school with part of life projects, where teamwork is the basis for actions in the classroom. Affectivity is shown from the analysis of the participation of a portuguese teacher of elementary school, who was interested in the history of the locality in which the activities of teaching physics were developed. The love, empathy, affectivity and appreciation of the community were characteristics found in the teacher's actions in the form of affection, which increased the students interest and participation in the activities and expanded the learning possibilities.

KEYWORDS: Interdisciplinarity, Affectivity, Physics Education, Final Years Elementary School.

1 | INTRODUÇÃO

A principal motivação para a escrita deste artigo está na busca de soluções para o ensino de física nos anos finais do ensino fundamental nas escolas públicas. A proposta é mostrar como a interdisciplinaridade e a afetividade podem ser usadas como base para ações nas

escolas, envolvendo esforços em equipe, mobilizando alunos, professores e comunidade, onde não apenas os projetos pedagógicos seriam renovados, mas se buscaria construir motivação de fundo psicológico para que as ações tenham força e continuidade.

A interdisciplinaridade é proposta, na linha apresentada pela professora Ivani Fazenda, como uma forma de unir as pessoas nas escolas em torno do conhecimento e da resolução de problemas, além de ser um motivador para o autoconhecimento e a busca de sentido para a vida profissional.

A forma de se chegar à meta estabelecida neste trabalho é rever as etapas que culminaram em minha tese de doutorado e reconhecê-la como um trabalho interdisciplinar, para usá-las como exemplo, depois de uma evolução de concepções sobre posturas de ensino e aprendizagem que não envolvem apenas disciplinas, mas também emoções, sentimentos e afetividade.

Para tais reflexões, toda uma trajetória de vida será recordada resumidamente e realinhada com as referenciais teórico. No que diz respeito à importância da afetividade, as conclusões são tiradas a partir do exemplo de uma professora de língua portuguesa de uma escola de Ilhéus – BA, parceira nas atividades desenvolvidas.

Fazenda (2015), em obra que retrata décadas de pesquisas em educação, comenta que desde muito tempo a interdisciplinaridade é citada em reformas públicas de currículo da educação básica a nível nacional, mas em tempo algum foram feitas ações por parte daqueles que a propõem para a devida efetivação das propostas. A BNCC (Base Nacional Comum Curricular) é a referência atual que prova essa afirmativa, já que estabelece a interdisciplinaridade como necessária para a organização dos currículos de ciências no ensino fundamental (BRASIL, 2018).

Ao exercer o olhar da interdisciplinaridade, Oliveira (2002) alerta para a incoerência na relação entre resultados práticos e intenções de cursos de formação de professores. A ausência da coerência como princípio interdisciplinar estaria no fato da maioria desses programas se limitarem a “*instrumentalização técnico-operacional*” sem “*olhar para a pluralidade da realidade docente, tendo como princípios interdisciplinares a humildade e a espera vigiada, determinados por atributos como o respeito e a afetividade*”. (OLIVEIRA, 2002, p.217 – 218)

A cumplicidade e a parceria, em múltiplas relações epistemológicas, cognitivas, representativas, culturais, valorativas e emocionais; não estariam contempladas como integrantes de um olhar interdisciplinar. (OLIVEIRA, 2002)

Fazenda (2002, p.11) esclarece que cinco princípios norteiam a prática interdisciplinar: “*humildade, coerência, espera, respeito e desapego*”. A afetividade e a ousadia aparecem como atributos de tais princípios, que impulsionam às parcerias e à intersubjetividade, que seria uma busca comum por transcendência. A interdisciplinaridade como movimento traz também a transformação e a incerteza.

A compreensão desses atributos da interdisciplinaridade, juntamente com a vontade de fazer parte de uma equipe interdisciplinar na escola, pode ajudar o professor de ciências do Ensino Fundamental, que tem a atribuição de dar aulas de física, a minimizar as consequências provenientes da má formação, pois não apenas a disciplinaridade deve ser observada, no sentido objetivo, mas também um olhar deve ser desenvolvido para o autoconhecimento.

Em pesquisas realizadas em escolas municipais, uma das principais constatações é que os professores de ciências dos anos finais do ensino fundamental não sabem o que ensinar quando o assunto é física, por não terem formação adequada e muito pouco apoio das secretarias de educação, a partir do momento em que escolhem não fazer cópias de livros didáticos ou de conteúdos da Internet. (STUCHI, 2019; MOURA e STUCHI, 2017; SANTOS, 2015).

O problema não estaria nos livros ou nos conteúdos disponíveis na Internet em si, pressupondo que sejam de qualidade, mas no fato das escolhas não serem compartilhadas com outros professores, alunos, ou mesmo com a comunidade em geral para ações de maior alcance. Os professores geralmente são muito solitários e pouco solidários em seus trabalhos. Todas as responsabilidades devem ser compartilhadas nas ações de ensino e aprendizagem, cada um com a parcela que lhe cabe, desde o planejamento até a culminância.

Quando os professores se mobilizarem em grupo para o estudo e proposta de soluções para os problemas da comunidade em que a escola se situa, por exemplo, com perspectivas para o crescimento pessoal, dos alunos e da própria comunidade, disciplinas como a física encontrarão naturalmente seu lugar.

A educação interdisciplinar deve estabelecer um sentido para a vida das pessoas, de acordo com Fazenda (2002). O conhecimento que faz sentido não restringe a liberdade de expressão, como é feito no sistema tradicional de ensino, onde o professor transmite o conhecimento que o aluno deve aceitar e reproduzir, sem contestar ou participar de forma ativa do processo.

Aos poucos os professores podem se unir numa proposta de ensino interdisciplinar e possibilitarem a participação dos alunos, buscando saber inicialmente o que gostariam de aprender. A possibilidade de casamento das propostas dos professores com os anseios dos alunos, trará a aceitação ou consentimento emocional para as atividades educativas.

O conhecimento se constrói a partir do momento em que há *dúvidas*. *Dúvidas geram perguntas e como já disse Fazenda (2002, p. 17): “O saber perguntar, próprio de uma atitude interdisciplinar, envolve uma arte cuja qualidade extrapola o nível racional do conhecimento.”*

No entanto, a autora adverte que a mudança não é automática, mas precisa ser sempre analisada no contexto da ação. Nesse cenário, as práticas já sedimentadas e acomodadas não devem ser simplesmente desprezadas, pois é a partir delas que as novas

ações se desenvolverão. Aí se faz fundamental o papel da memória do professor, num exercício que passa por aspectos teóricos e técnicos, mas também afetivos e emocionais.

Os projetos de formação de professores têm se construído apenas a partir de paradigmas formais e externos ao professor, em que o dever ser soma-se ao como fazer. Pouquíssimas vezes as proposições sobre formação de educadores que temos analisado preocupam-se com o lugar onde os sujeitos se encontram situados, com suas dificuldades na busca do significado interior de suas aprendizagens ou com o que aprendem com seus erros. (FAZENDA, 2002, p.20)

A memória retida, quando ativada, relembra fatos, histórias particulares, épocas, porém o material mais importante é o que nos permite a análise e a projeção dos fatos — um professor competente, quando submetido a um trabalho com memória, recupera a origem de seu projeto de vida, o que fortalece a busca de sua identidade pessoal e profissional, sua atitude primeira, sua marca registrada. (FAZENDA, 2002, p.25)

As competências que envolvem o trabalho interdisciplinar na concepção de Fazenda (2002) são as intuitivas, intelectivas, práticas e emocionais. No aspecto das competências emocionais:

Outra espécie de equilíbrio encontra-se no emocionalmente competente; uma competência de “leitura de alma”. Ele trabalha o conhecimento sempre a partir do autoconhecimento. Esta forma especial de trabalho vai disseminando tranquilidade e segurança maior no grupo. Existe em seu trabalho um apelo muito grande aos afetos. Expõe suas ideias por meio do sentimento, provocando uma sintonia mais imediata. A inovação é sua ousadia maior. Auxiliando na organização das emoções, contribui também para a organização de conhecimentos mais próximos às vidas. (FAZENDA, 2002, p.26)

A progressiva competência emocional pode ser estabelecida pelo querer interagir com professores e alunos em busca das trocas intersubjetivas, que trazem ganhos em termos da transcendência dos seus limites conceituais, de expressão e organização. A mensagem de transcendência fica gravada racionalmente como algo que gerará emoções favoráveis às relações que serão estabelecidas.

A afetividade estará presente na interdisciplinaridade quando o professor mergulha em suas atividades por inteiro, para descobrir nas relações que estabelece as manifestações dos seres presentes na ação educativa. O afeto se constrói na vivência dos encontros em que acolhe, aceita, busca conhecer o outro com quem se relaciona, onde se faz sentir a energia que impulsiona as atuações. (RANGHETTI, 2002).

A análise da minha pesquisa em Stuchi (2011) permite a reflexão sobre uma possibilidade de um ensino de ciências mais humano, em que conteúdos de física, extremamente complexos para muitos professores, principalmente os que não tem formação específica, possam surgir de forma espontânea em ações de docência inspirados e buscados como parte de um ideal de vida compartilhado.

Revisitar um trabalho que fez parte de um projeto de doutorado pode inspirar outros professores a continuamente refletirem sobre a prática e as referências teóricas adotadas. Este texto vem também colaborar nas reflexões necessárias para proposta de transição entre disciplinaridade, usualmente adotada nas aulas de ciências, para a interdisciplinaridade.

21 RECORTES DA HISTÓRIA DA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA COMO ELEMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE PROJETOS INTERDISCIPLINARES

Ivani Fazenda traz a interdisciplinaridade como produto do autoconhecimento e da busca da identidade profissional pelo professor. Diante disso, os principais momentos de uma vida profissional serão revisitados numa perspectiva da interdisciplinaridade.

As pesquisas que fizeram parte da minha tese de doutorado consistiram basicamente num trabalho contextualizado numa escola do campo no sul da Bahia, onde muitos aspectos da realidade dos professores e alunos foram abordados e analisados, tanto na perspectiva de ensino e aprendizagem como da formação de professores.

O destaque está na motivação dos alunos em participarem das atividades, na naturalidade das professoras ao tratarem dos assuntos abordados e na desvinculação com currículos preestabelecidos, ampliando as possibilidades de compreensão da história regional por meio da física num processo de construção do conhecimento (Stuchi, 2011).

2.1 Projeto de vida como meta, interdisciplinaridade como consequência

A interdisciplinaridade na obra de Ivani Fazenda não está exatamente relacionada a conteúdo de uma disciplina, mas à identidade da pessoa. A construção de uma identidade interdisciplinar, que cada professor deve se dedicar, está associada ao grupo ao qual pertence. A identidade segundo a autora, na perspectiva da interdisciplinaridade, é a compreensão da forma como ocorrem as representações dos indivíduos em determinadas situações da vida. (FAZENDA, 2015)

Fazenda alerta que a tendência em olhar a sala de aula sob uma única e determinada perspectiva, a da disciplinaridade, acarreta sérias limitações. A interdisciplinaridade é marcada pela superação de muitas delas. A identidade da interdisciplinaridade no trabalho de um professor bem-sucedido, se observa pela atividade comprometida, gosto por conhecer em múltiplas direções práticas e teóricas, bem como na atitude de pesquisador curioso e insatisfeito que luta por uma educação melhor.

A construção de uma didática interdisciplinar baseia-se na possibilidade da efetivação de trocas intersubjetivas. Nesse sentido, o papel e a postura do profissional de ensino que procure promover qualquer tipo de intervenção junto aos professores, tendo em vista a construção de uma didática transformadora ou interdisciplinar, deverão promover essa possibilidade de trocas, estimular o autoconhecimento sobre a prática de cada um e contribuir para a ampliação da leitura de aspectos não desvendados das práticas cotidianas. (FAZENDA, 2015, p.1073-1083)

A autora comenta a importância do autoconhecimento do professor na perspectiva das práticas em sala de aula para o redirecionamento das ações equivocadas e reforço e aprimoramento das exitosas. Partindo desse autoconhecimento, o professor pode se engajar em um projeto coletivo desde que contemplem seus projetos pessoais de vida. Sendo assim, há a necessidade de um projeto inicial detalhado e coerente para que para que as pessoas sintam o desejo de fazer parte dele, cada um em seu tempo.

A primeira das evidências, constatada após múltiplas observações, descrições e análises de projetos interdisciplinares em ação, é de que a premissa que mais fundamentalmente predomina é a do respeito ao modo de ser de cada um, ao caminho que cada um empreende em busca de sua autonomia – portanto, concluímos que a interdisciplinaridade decorre mais do encontro entre indivíduos do que entre disciplinas. (FAZENDA, 2015, p.1173)

Adiante são apresentados encontros e perspectivas de trabalho ao longo de recortes no tempo, até alcançarem um projeto em parceria que possibilitou o sentimento de que estava transformando a escola e a comunidade numa construção coletiva de conhecimentos, que se tornaram um projeto de vida para a formação de professores de ciências nos anos finais do ensino fundamental.

2.2 O objetivo e o subjetivo, o externo e o interno nos caminhos da autopercepção como professor de identidade interdisciplinar

Fazenda (2015) situa a interdisciplinaridade como uma forma de superação do que chama de “dicotomia ciência/existência” para a concepção de uma educação que contemple em seus pressupostos o enfrentamento de uma crise das ciências.

O erro teria um papel fundamental na superação dessa crise, ao admitir em si o caráter provisório da verdade. O erro como critério de verdade relembra a filosofia socrática, de acordo com a autora, fundamentada no “*sei que nada sei*” e no “*conhece-te a ti mesmo*”, propondo um mergulho na subjetividade do ser incompleto e limitado, contrapondo a verdade absoluta proclamada por uma ciência unicamente objetiva.

A autora faz uma associação da objetividade científica com a razão e a lógica, traçando caminhos apresentados pela filosofia de Descartes, representada pela máxima “*penso logo existo*”, como regra de conhecimento do que é externo em detrimento do interior. Conclui pela necessidade de uma ligação da razão com os sentimentos, em que a objetividade e a subjetividade se complementem por meio da alteridade.

O trabalho que é rerepresentado em seu caráter interdisciplinar foi a culminância de uma vivência de autoconhecimento dentro da academia que remonta a meados da década de 1990, quando me reconheci como professor de física.

Até então, racionalmente estudava as disciplinas de um curso de licenciatura em física, tirava boas notas, mas somente quando aprendi sobre a possibilidade de realização de experimentos de física com material de baixo custo, é que de fato senti que essa área do conhecimento seria objeto de trabalho para a vida.

Como técnico em mecânica de formação, o trabalho com ferramentas, a réplica de projetos antigos e o planejamento de novas formas de abordagem de conceitos físicos de forma concreta, vinha de encontro com o anseio de contribuir com o ensino de física e de desenvolvimento profissional.

Com a manipulação e construção desses experimentos, surge a oportunidade do trabalho com exposições de ciências em escolas, congressos e museus. Uma dissertação de mestrado representa a síntese do feito nessa época, propondo visitas a museus e centros de ciência aliados ao uso de experimentos de física em sala de aula, apontando possibilidades de aprendizagem de conceitos científicos de termodinâmica (Stuchi, 2002).

O mestrado possibilitou o ingresso na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) como professor. Pude aos poucos entrar em contato então com a riqueza histórica, cultural e natural da região cacauzeira da Bahia, o que motivou a buscar temas para a realização de um doutorado que relacionasse a física a algum aspecto desse contexto.

Foram alguns anos de buscas, entre visitas a escolas e reprovações de projetos de doutoramento, até conseguir uma oportunidade na Universidade Federal da Bahia (UFBA) com a proposta de planejamento de exposições científicas itinerantes, tendo como tema a física relacionada a formação geológica da bacia sedimentar do rio Almada em Ilhéus.

Tinha o objetivo principal de encontrar mecanismos de associar a visita a exposições temáticas à alfabetização científica do público em geral, motivado por proporcionar às pessoas formas de usar conhecimentos científicos para a compreensão de aspectos da realidade em que viviam.

As exposições científicas ficariam a cargo do recém aprovado projeto itinerante Caminhão com Ciência da UESC junto ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Esse projeto teve como embrião projetos desenvolvidos por diversas áreas do conhecimento no formato de exposições e oficinas em escolas e outros locais públicos da região sul da Bahia.

Voltando ao doutoramento, chegou ao ponto em que faltava para o projeto encontrar ressonância em outros trabalhos (principalmente nas escolas), que estivessem abordando de alguma forma o contexto regional no ensino de ciências. A orientação, na medida do contato com disciplinas, professores e colegas na pós-graduação, foi de focar os objetivos de pesquisa na busca de aspectos mais diretamente ligados à física presentes na região da bacia do rio Almada, seu ensino e implicações para a formação de professores.

Muitas escolas municipais em Ilhéus-BA foram visitadas, principalmente na região da Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Encantada. Numa escola do campo encontrei pessoas na direção, coordenação pedagógica e em sala de aula que se interessaram pela ideia de trazer elementos da física contextualizados em temas regionais para serem levados às salas de aula.

O diretor apresentou projetos realizados na instituição. Naquela época alguns professores tinham acabado de finalizar um projeto de agência de viagens virtual. Nas ações

empreendidas, os alunos buscavam elencar aspectos históricos, geográficos e culturais da localidade para a montagem de um catálogo fotográfico que pudesse ser utilizado na venda de pacotes turísticos. Outro trabalho que chamou a atenção foi a respeito do estudo do artesanato e da cultura do cacau e outros produtos da região.

A investigação da comunidade, sua infraestrutura e as principais atividades exercidas pelas pessoas, se deu no intuito de encontrar elementos que pudessem ser usados como tema para o ensino de ciências, mais particularmente de física. Não pude deixar de observar o sofrimento do povo devido a problemas de infraestrutura básica, como falta de água encanada e escoamento adequado de esgoto, por exemplo, além do desemprego, abuso de álcool e drogas, prostituição e miséria.

Na escola muitos problemas com os alunos vindos de famílias em extrema dificuldade, além professores com sérias deficiências na formação, tendo o livro didático como principal recurso de ensino. Nesse cenário, uma das professoras se destacou na fala do diretor por sempre buscar novos elementos e metodologias de ensino para enriquecer o trabalho. A admiração do gestor ficou evidente pela fibra e força de vontade manifestadas nas aulas de língua portuguesa. Era o exemplo a ser seguido na comunidade escolar.

Ao falar sobre a história local, o diretor mencionou uma antiga usina hidrelétrica, o que muito chamou a atenção. Com o foco somente no conteúdo, muitas possibilidades de ensino de física a partir da história local foram vislumbradas.

A partir desse momento foi estabelecida uma rede de contatos que abriu um imenso leque de possibilidades para o ensino de física relacionada à história oral. Esses e outros diálogos desse projeto estão presentes em Stuchi e Almeida (2019).

Professores e funcionários da UESC auxiliaram a conhecer melhor a região onde se localizava a antiga usina do Almada. Pesquisas em documentos históricos levaram a informações detalhadas sobre a quantidade de energia gerada e distribuída. Pessoas que viveram na época e que trabalharam na usina, assim como os alunos, contribuíram com importantes informações que não estavam disponíveis nos documentos históricos estudados.

Juntamente com professores e moradores, foram levantadas outras formas de produção de eletricidade alternativas para as comunidades que ainda não eram contempladas com os serviços da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Além disso, muitas histórias sobre uma antiga ferrovia que funcionou com trens a vapor na região foram conhecidas.

Com motivação e foco nas inúmeras formas possíveis de se ensinar física a partir das localidades visitadas, não houve a percepção, na perspectiva interdisciplinar, que essa disciplina foi apenas mais um instrumento para melhor compreensão da história e cultura regionais.

Na fala da professora de língua portuguesa havia sempre o sentimento de buscar não apenas o ensino de conteúdo, mas também de valorização da comunidade, principalmente

para que os alunos ampliassem as perspectivas de vida e elevassem a autoestima. Sempre mostrava entusiasmo em aprender mais sobre a história da localidade e das pessoas. A professora de ciências se juntou à equipe de trabalho motivada pela amizade e afetividade com que a colega envolvia as ações na escola.

De acordo com Fazenda (2015),

“um projeto coletivo pressupõe a presença de projetos pessoais de vida. Estes quando não suficientemente claros, coerentes e detalhados precisam ser gradativamente explicitados. Que o processo de desvelamento de um projeto pessoal é lento, exige uma espera adequada não só do coordenador do projeto coletivo, mas também de cada membro que o compõe. Que essa espera é elemento decisivo para a construção do projeto coletivo, já que esta é, sobretudo, uma construção gradativa e lenta” (FAZENDA, 2015, p.993)

2.3 Interdisciplinaridade e relacionamento interpessoal

Os resultados do projeto de doutoramento relacionados ao ensino e aprendizagem de física, história regional e biologia ficaram evidentes em Stuchi (2011). As relações entre pesquisador, professoras, escola e comunidade ganham destaque em Stuchi e Almeida (2014; 2018) na construção do conhecimento sobre a história regional com aporte da física.

No entanto, a análise dos resultados desse trabalho pertinentes nesse ponto diz respeito a fatores subjetivos, na medida em que a afinidade entre os membros da equipe possibilitou a concretização exitosa dos objetivos propostos para as ações em sala de aula.

O pensamento interdisciplinar parte do princípio de que nenhuma forma de conhecimento é racional em si mesmo, pois deve tentar o diálogo com outras formas de conhecimento, como os do cotidiano por exemplo, que dão sentido à vida. (FAZENDA, 1997)

“Um projeto interdisciplinar de trabalho ou de ensino consegue captar a profundidade das relações conscientes entre pessoas e entre pessoas e coisas. Nesse sentido precisa ser um projeto que não se oriente apenas para o produzir, mas que surge espontaneamente, no suceder diário da vida, de um ato de vontade. Nesse sentido, ele nunca poderá ser imposto, mas deverá surgir de uma proposição, de um ato de vontade frente é um projeto que procura conhecer melhor.

No projeto interdisciplinar não *se ensina*, nem *se aprende*: vive-se, exerce-se. A responsabilidade individual é a marca do projeto interdisciplinar, mas essa responsabilidade está imbuída do *envolvimento* - envolvimento esse que diz respeito ao projeto em si, às pessoas e às instituições a ele pertencentes.” (FAZENDA, 1997, p. 17) [Palavras em itálico originais]

A possibilidade de diálogo entre os membros da equipe foi alcançada pela aceitação dos objetivos do trabalho empreendido pelas partes envolvidas. O propósito da professora de ciências era o de aprender física para melhor poder dar aulas de ciências, mas o fator humano presente nas aspirações da professora de língua portuguesa excedia a própria promoção e envolvia toda a comunidade.

Essa meta maior fez com que fosse possível ceder espaço para que o conteúdo de física fosse privilegiado nas atividades de planejamento e ensino. A negociação entre representantes de disciplinas para um trabalho interdisciplinar é sempre um dos maiores obstáculos, justamente quando o conteúdo vem em primeiro plano.

O conhecimento da comunidade, da escola e dos alunos foram imprescindíveis para que esse trabalho, sem dúvida interdisciplinar, pudesse acontecer. No entanto estava presente o autoconhecimento mais dilatado da professora, pois seu propósito de vida na escola reuniu pessoas que ajudaram a colocar em prática seus ideais de ensino, já que contemplavam a todos os envolvidos. Inclui-se aí os alunos, que se identificaram com as ações por ser algo que os promovia a partícipes na construção de conhecimentos que ganharam grande significado para suas vidas; referentes à própria história e compreensão de caminhos para solução dos problemas coletivos.

Cada membro da equipe responsável pelo planejamento das ações de ensino de ensino necessitou em muitos momentos refletir sobre os objetivos pessoais como educador, para saber justamente o que poderia fazer de melhor, mas também o que necessitava aprender em nome de um projeto comum. A professora de ciências se tornou um exemplo disso, ao vencer as limitações de sua formação em licenciatura em química para poder ensinar física.

Quanto ao “trauma” que sentia da física, a superação veio aos poucos com muitas reuniões de estudo com o parceiro letrado na área. A segurança em falar sobre física foi conquistada com o apoio de todos, pois a professora de língua portuguesa também participava das discussões. As falas se formavam em torno das contribuições da física para a compreensão da história regional, no contexto daquela comunidade.

Mesmo com um especialista na área de física no grupo de estudo, muitas foram as dificuldades de compreensão dos conteúdos. A professora de língua portuguesa mencionava que simpatizava com a física, mas que muitas dúvidas geradas pelas discussões nem sempre são sanadas devido à escassez de tempo para reuniões em grupos de discussão. No entanto, isso não comprometeu o trabalho, pois havia um objetivo maior que a física contribuiu para alcançar.

Numa entrevista aproximadamente um ano depois de concluído o trabalho na escola, onde comentava sobre a desenvoltura dos alunos em falar de Física para explicar o funcionamento da usina num evento organizado pela secretaria de educação de Ilhéus, comenta:

“No fundo a gente tem que acabar despertando no aluno esse gosto por pesquisar, por querer saber: “como é que eu faria isso diferente?”

(...) quando eu vi os meninos apresentando, foi uma experiência que ficou, porque o que eles apresentaram eu não saberia explicar. (...) eu poderia falar da questão histórica, mas não daria aquela aula como eles fizeram, (...) com segurança (...). (...) eu acho que isso foi reflexo do trabalho, não do trabalho

que a gente desenvolveu, mas como foi trabalhado: a questão histórica, a questão da Física.

Na verdade, eles não dão física, mas eles têm noção de Física na escola por causa do trabalho. A história que eles trabalham na escola não é a história local. Eles têm esse conhecimento por causa do trabalho. Não é trabalho educação ambiental dentro de todas as disciplinas, mas eles têm noção de preservação do meio ambiente, de todo esse processo, do que está errado e do que precisa ser feito, por causa do projeto.

(...) ficou algo real. “É a minha vida, é a minha história. Eu não sou um aluno passivo que chego aqui e recebo. Eu estou transformando meu ambiente, eu estou fazendo alguma coisa”.

(...) Não foi um trabalho que foi imposto. O aluno pode contribuir com o que ele tinha. O trabalho foi proposto, mas muita coisa a gente mudou por conta do que o aluno trouxe.”

Nessa ocasião, os mesmos alunos responsáveis por explicar o funcionamento da usina do Almada, reaperentaram com a ajuda dos *banners* usados na culminância na escola. Ao ouvir a fala dos alunos, a percepção foi de que não esqueceram os conceitos de física e história que usaram um ano antes para abordar a mesma situação.

Ficou clara a longevidade dos conceitos que aprenderam naquelas ações, sem esquecer nenhum detalhe. Sabiam muito mais sobre a história do local em que viviam e lembravam muitos conceitos de física que eram fundamentais para entenderem aquele contexto. Falavam de física de forma natural, incorporada à linguagem que contava parte da história das vidas daqueles meninos, coisa rara para alunos dos anos finais do ensino fundamental de uma escola pública.

3 | CAMINHOS DA AFETIVIDADE NO ENSINO DE FÍSICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

As falas da professora remetem sempre à afetividade com que se referia aos alunos, muitos dos quais acompanhou o desenvolvimento desde a infância. A afetividade se manifesta pela empatia ligada às necessidades dos estudantes, que para ela eram fundamentais e orientavam suas ações na escola.

“As emoções consistem essencialmente em um sistema de atitudes que correspondem, cada uma, a uma determinada espécie de situação” (WALLON, 1968, p.148). Quase sempre os fatos exteriores têm o poder de desencadeá-las. Seria *“uma espécie de prevenção que depende mais ou menos do temperamento, dos hábitos do indivíduo”*, especialmente apto a suscitar reflexos condicionados. A emoção, de acordo com o autor, faz parte de um intrincado complexo afetivo (WALLON, 1968).

A importância dada pela professora de língua portuguesa à história local e às possibilidades de transformação da comunidade geraram nela uma afetividade que mudou as emoções e reações dos alunos às ações de ensino, abrindo o campo de interesse para

muitas outras investigações e descobertas em outras áreas do conhecimento ligadas às possibilidades de transformação da comunidade e das pessoas.

A afetividade da professora transformou emoções que afastavam os alunos da sala de aula, possibilitando maior participação, mesmo dos mais problemáticos, diminuindo a evasão escolar nas salas de aula beneficiadas pelo projeto. Stuchi (2011) observa o retorno de alguns alunos à escola depois de terem desistido, motivados pelas atividades realizadas e sua repercussão entre os estudantes.

Pietrocola e Pinheiro (2000) defendem a hipótese de que as dificuldades conceituais são formas de resistência afetiva presentes no processo de construção de visões de mundo. Ao falar da criação de modelos científicos explicativos para situações do cotidiano Pietrocola e Pinheiro consideram que:

As formas de modelizar as situações se constituem não só na capacidade de avaliar logicamente sua validade, mas também, e principalmente, numa avaliação de ordem afetiva, relacionada à bagagem de sentimentos anteriormente vividos. (PIETROCOLA, PINHEIRO, 2000, p.8)

De acordo com os autores, são criados os laços afetivos nessas vivências pelas relações entre os objetos e os sentimentos. Uma “experiência afetiva” registrada por um indivíduo é incorporado ao seu “patrimônio afetivo” e as escolhas que fizer no futuro utilizarão desse saber incorporado. (PIETROCOLA, PINHEIRO, 2000, p.9).

As emoções e sentimentos ligados à baixa autoestima e problemas sociais eram refletidas em sala de aula pelos alunos. As respostas emocionais de muitos alunos às atividades de ensino desencadearam ações como trabalho em grupo, estreitamento de laços de amizade e olhar científico sobre a comunidade na busca de solução dos problemas locais e compreensão da história. O sentimento gerado foi de felicidade.

Em seus estudos sobre o que chamou de “professor inesquecível”, Leite (2004) relata resultados de pesquisa em que é demonstrado que as decisões dos professores produzem forte impacto emocional nos alunos. O autor conclui que razão e emoção estão sempre presentes na relação do homem com a cultura, formando a unidade de um ser integral, onde essas partes dialogam.

A afetividade envolve manifestações das emoções e sentimentos, que fazem parte do desenvolvimento humano, envolvendo experiências e formas de expressão complexas. Aparece na apropriação individual dos processos simbólicos da cultura, possibilitando sua representação. Trata-se de um conceito que abarca componentes orgânicos, corporais, motores e plásticos (emoções), bem como cognitivos e representacionais (sentimentos e paixão) (LEITE, 2014).

Para Leite (2014), as relações na escola entre alunos, objeto de estudo e professores são afetivas, não envolvendo apenas a cognição, evocando repercussões subjetivas internas. Dessa forma, a qualidade do relacionamento afetivo estabelecido será

determinante para uma maior aproximação ou distanciamento dos alunos em relação às disciplinas.

As pesquisas relatadas por Leite (2014) mostram resultados referentes à afetividade gerada nas relações estabelecidas em mediações pedagógicas, detectando situações de aproximação ou distanciamento dos alunos em relação ao objeto de estudo na escola. Para alunos do ensino médio que se preparavam para o ingresso no nível superior, o “professor inesquecível” foi aquele que fez os alunos se sentirem bem sucedidos na aprendizagem dos conteúdos ministrados.

Esse professor, de acordo com o autor, foi cuidadoso ao escolher o conteúdo mais relevante e importante para o processo educacional. Avaliou os conceitos que os alunos dominavam antes de iniciar, escolheu atividades que motivavam os alunos, sempre dava retorno sobre o desempenho, usava diversas fontes para as aulas além de livro didáticos e permitia que os alunos acessassem outras tantas fontes de informação. Usava os resultados das avaliações de forma a permitir que auxiliassem os alunos na aprendizagem, reorganizando as práticas em sala de aula de acordo com os resultados.

Sobre a relação do professor com o assunto da disciplina, Leite (2004) afirma que os alunos percebiam quando conhecia bem o conteúdo, exercendo domínio sobre a área de conhecimento. Houve a percepção também de que o professor era apaixonado pelo assunto, contagiando muitos com um sentimento de segurança e admiração. O “professor inesquecível” estava sempre disponível e era receptivo, inspirando confiança. Além disso, estimulava a argumentação e uma postura crítica por meio da apresentação e análise de diversas perspectivas teóricas sobre um tema.

Leite (2014) afirma que a afetividade está presente na relevância que se estabelece em relação aos objetivos de ensino pelos alunos numa disciplina.

A questão está relacionada com o projeto pedagógico da escola, incluindo os objetivos específicos de cada área curricular. Tal projeto deve ser fruto da reflexão coletiva feita pelos docentes da escola, processo em que a questão da relevância dos objetivos e dos conteúdos de ensino deve ser objeto de discussão contínua e avaliação. (LEITE, 2014, p.711) (Traduzido)

Para Leite (2014) o conhecimento acumulado em diversas áreas pode levar os estudantes a melhores condições para o exercício da cidadania, numa perspectiva crítica e transformadora. Sendo assim, como principais interessados, os alunos e a comunidade podem ser incluídos nas decisões sobre o que aprender.

A escolha pela maior participação nas atividades por parte dos alunos foi uma decisão tomada com base no sentimento de acolhimento afetivo, compartilhada pelos membros da equipe de trabalho; bem como na perspectiva de um novo olhar sobre a comunidade, já que a visão de um local decadente trazia sofrimento. A vivência cotidiana com todos os problemas gerava muito sofrimento e um bloqueio emocional à continuidade das atividades escolares pelos indivíduos.

Havia na professora a vontade de auxiliar os alunos a buscarem, por meio da educação, melhores condições de vida e maior maturidade para lidarem com as situações difíceis. Em suas falas transparece o interesse pelo tema e pelos alunos, bem como preocupação pela condição social dos estudantes, numa busca afetuosa por soluções:

A gente tem um problema aqui. Eu vejo como problema, não sei (...). Você vem, valoriza o local, tem contato com a comunidade e tudo, mas a própria comunidade ainda não caiu na real, não se valoriza. Você tem, às vezes, uma questão histórica importante e tudo, mas que não...

(...)

Quem sabe essa questão via física, sabendo como funcionava entendeu?

(...)

O aluno desde pequenininho... já vai embutir nele que ele está numa região que não está no meio do nada. Às vezes as pessoas acham que estão num lugar perdido. Se perguntam: Pra onde você vai? Dizem: Vou pra Ilhéus. (STUCHI e ALMEIDA, 2014, p.13)

Muitas das emoções positivas exteriorizadas pelos alunos e documentadas por Stuchi (2011), caracterizam a empatia gerada em relação às atividades propostas, tendo como agentes as professoras responsáveis na escola, principalmente a de língua portuguesa.

De acordo com Brasileiro e Brasileiro (2015), autoridade moral é a perfeita união entre o saber e o amor. Ao vencer as barreiras afetivas dos alunos as professoras demonstraram autoridade moral sobre eles, alcançando o respeito devido. O amor da professora de língua portuguesa pelos alunos, pela comunidade e pelo conhecimento conferiram uma autoridade associada aos saberes escolares das disciplinas e sua didática, que colaboraram para que a física pudesse ser aceita e estudada em sala de aula, por exemplo.

Quando a autoridade moral se confirma nas ações dos professores, alcançada pelo amor também relacionado à escola, aos alunos e à comunidade, o vínculo afetivo tem maiores chances de ocorrer, pois seria uma relação de sentimentos recíprocos. Os sentimentos das professoras mencionadas, gerados pela vontade de transformar beneficentemente as relações de ensino e aprendizagem estabelecidas, acrescidas pela afetuosidade, estabeleceram a afinidade que permitiu maior envolvimento dos alunos nas atividades de ensino de física dentro da análise aqui realizada.

Para Ranghett (2002, p.88) a afetividade se dá a partir do autoconhecimento e autoaceitação. O olhar acolhedor que se dirige para si será dirigido ao outro, “para um renascer em conjunto em meio às diversidades das singularidades”. Não se deixa de lado com isso o rigor científico nas experiências pedagógicas, mas se permite a presença das subjetividades na relação que se estabelece na construção do conhecimento.

A afetividade é uma ação de aproximação, que se dá em diferentes níveis de intensidade energética. É afetar e ser afetado numa troca constante entre a razão e a

emoção, em um movimento do interior para o exterior e vice-versa. Na afetividade estão implícitas a humildade, a parceria e a reciprocidade, que estão presentes no conceito de interdisciplinaridade (RANGHETT,2002).

Viver a afetividade na educação é propiciar um *locus* de magia e encantamento em meio à objetividade e a racionalidade da ciência para que os sujeitos deste processo sintam-se instigados a participar em conjunto no desvelar do desconhecido. (RANGHETT,2002, p.89).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Afetividade e interdisciplinaridade. Emoções e sentimentos que se concretizam em projetos e ações. O fluxo da vida se dá de forma mais vigorosa e abundante nas pessoas que encontram esse caminho, possibilitando que suas obrigações profissionais gerem o prazer de poder concretizar uma meta para o bem geral, para o próprio autoconhecimento e crescimento pessoal. O mais instigante é que isso é possível para a maioria das pessoas, basta querer e buscar como fazer. A afetividade como consequência do amor ao próximo, permite que se possa alcançar o equilíbrio emocional, que traz a alegria e a felicidade e retroalimenta a própria afetividade, gerando a interdisciplinaridade com naturalidade.

Todos temos muito o que aprender uns com os outros. Todos temos muito o que doar uns para os outros. Nenhuma disciplina é a melhor na escola, nem um professor ou aluno é melhor do que o outro. Não se faz nada sozinho, muito menos abordar quantas nuances forem possíveis de um tema no estudo escolar.

A abordagem de conteúdos de física para explicar a história regional com uma metodologia bem definida, promovendo a interatividade, o diálogo com múltiplas estratégias para a construção do conhecimento científico contextualizado, isoladas, como se vê na esmagadora maioria das propostas metodológicas para o ensino de ciências, poderia não motivar os alunos a participar das ações de forma espontânea. A sensibilidade e afetividade presentes no planejamento e execução de ações na escola, são fundamentais para que os alunos dialoguem com interesse e busquem participar.

O êxito do projeto aqui analisado se deu não exatamente pelo conteúdo de física, história ou língua portuguesa, mas também em grande parte pelo encontro de pessoas que tinham o objetivo em comum de fazer com que os alunos conhecessem melhor a própria história e valorizassem mais a comunidade em que viviam; que aprendessem a se expressarem melhor, que se conhecessem melhor, que se valorizassem mais. Tudo isso contemplou os projetos de vida de cada uma dos participantes.

Se consegue isso focando apenas no conteúdo? Muitos professores, assim como nesse projeto, deixam de trabalhar de forma inovadora de medo de não conseguirem “dar” o volume de conteúdo desejável ou “exigido”. A interdisciplinaridade é construída com naturalidade na perspectiva apresentada, pois se cria abertura emocional para a resolução

de problemas que tem como meta o enriquecimento cultural e a promoção das pessoas em comunidade. Sendo assim, disciplinas como a física sempre terão espaço no currículo, vinculada com a realidade.

Professores, alunos e comunidade podem começar a refletir em grupo sobre a realidade das escolas e se perguntarem, em busca de respostas coletivas: Como podemos mudar essa realidade? O que queremos para a escola? Podemos fazer um trabalho contínuo em busca de um objetivo comum?

Os professores podem se perguntar em particular: Qual o seu projeto de vida relacionado à educação e como concretizá-lo? Está feliz com o que faz? Como pode mudar para melhor? Quem são meus alunos? Quais suas perspectivas de vida? Qual o papel da escola em suas vidas? Em que a realidade escolar pode mudar para auxiliá-los em seu crescimento pessoal? O que os alunos gostariam de fazer na escola?

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2wIx4fU>. Acesso em: 9 jul. 2018.

BRASILEIRO, E., BRASILEIRO, M. **Educação Emocional**. Boa Nova, Catanduva, 2015.

FAZENDA, I. C. A. **Construindo aspectos teórico-metodológicos da pesquisa sobre Interdisciplinaridade**. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.) *Dicionário em Construção: Interdisciplinaridade*. Editora Cortez, São Paulo, 2002, 2ª Edição, p. 11-29.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: Definição, Projeto, Pesquisa**. In: *Práticas Interdisciplinares na Escola*. Cortez Editora, São Paulo, 1997.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade: história teoria e pesquisa**. Papyrus Editora, Campinas, 2015. *E-book Kindle*.

LEITE, S. A. S. **Affectivity and Teaching: The Marks of the Unforgettable Teacher**. *Psychology Research*, v. 4, n. 9, 2014, p. 701-715. Disponível em: <http://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/550be24a191f2.pdf>. Acessado em: 15dez2020.

MOURA, T. B.; STUCHI, A. M. **Aspectos do Ensino de Física nos Anos Finais do Ensino Fundamental em Ilhéus-Bahia na Perspectiva da Formação Inicial dos Professores de Ciências**. XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017, USP- São Carlos-SP. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0945-1.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2020.

OLIVEIRA, L. M. P. **Olhar**. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.) *Dicionário em Construção: Interdisciplinaridade*. Editora Cortez, São Paulo, 2002, 2ª Edição, p. 217-218.

PIETROCOLA, M., PINHEIRO, T. **Modelos e Afetividade**. Atas VII EPEF, Florianópolis, 2000. Disponível em: http://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Pietrocola_MODELOS_E_AFETIVIDADE.pdf. Acessado em: 25fev2020.

RANGHETTI, D. S. **Afetividade**. In: FAZENDA, I. C. A. (Org.) Dicionário em Construção: Interdisciplinaridade. Editora Cortez, São Paulo, 2002, 2ª Edição, p. 87-89.

SANTOS, M. P. **Aspectos do ensino de Física na série final do Ensino Fundamental II numa escola municipal de Ilhéus-BA**. Trabalho de Conclusão de Curso Especialização em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Estadual de Santa Cruz –UESC, 2015.

STUCHI, A. M., ALMEIDA, M. J. P. M. **Colaboração da Comunidade na Organização de uma Proposta Escolar para os Últimos Anos do Ensino Fundamental - O Papel das Entrevistas**. Experiências em Ensino de Ciências, v.14, n.1, 2019. Disponível em: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID592/v14_n1_a2019.pdf. Acessado em: 21 mai2020.

STUCHI, A. M., ALMEIDA, M. J. P. M. **Energia como Tema de Estudo e Valorização da Comunidade como Consequência**. Revista Ciência & Ensino. V.3, Nº. 2 - Especial 18 anos gepCE, 2014. Disponível em: <http://200.133.218.118:3536/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/881/378> Acessado em: 26fev2020.

STUCHI, A. M. **Análise de uma Exposição Científica e Proposta de Intervenção**. Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação Interunidades – USP, São Paulo, 2002.

STUCHI, A. M. **Reflexões Sobre o Ensino de Física nos Anos Finais do Ensino Fundamental na Região Sul da Bahia com Repercussões para a Formação de Professores**. XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019, UFBA- Salvador-BA. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0721-1.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2020.

STUCHI, A. M. **Regionalização Do Ensino De Ciências: Explorando o Potencial de uma Antiga Usina Hidroelétrica na Zona Rural de Ilhéus – BA**. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) – UFBA e UEFS. Salvador, 2011.

WALLON, H. **A Evolução Psicológica da Criança**. Edições 70, Lisboa, 1968.

UMA ANÁLISE DO DISCURSO DOS ALUNOS CONCLUINTES DO CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS NATURAIS DA UEPA SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Data de aceite: 26/05/2021

Maria Josevett Almeida Miranda

UEPA/CCSE/Departamento de Educação
Geral/Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/6518019188220441>

Maria Lúcia Gomes Figueira de Melo

UEPA/Programa de Pós-Graduação para
Educação/Belém-PA

<http://orcid.org/0000-0002-5090-7394>

RESUMO: Este artigo faz parte de uma pesquisa científica mais ampla que estamos realizando sobre práticas discursivas do Ensino de Física no Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais da UEPA. Este estudo se inspira em um referencial teórico que dá suporte a análise crítica de discurso (ACD), bebendo na fonte de autores clássicos e contemporâneos, tais como **Marx, Bakhtin, Foucault, Pechêux e, Orlandi**, entre outros, que apresentam uma análise dialetizante e historicizada do discurso no interior de seu contexto social, histórico, político e social, sem perder de vista, as condições materiais de existência dos sujeitos sociais diretamente envolvidos nas práticas discursivas estudadas. Muito embora os resultados aqui obtidos, revelem uma perspectiva de certa forma, contraditória entre os sujeitos entrevistados, pôde-se observar, uma certa preponderância de práticas discursivas abstratas, difíceis de serem compreendidas e, portanto, subjacentemente excludoras socialmente, na medida em que,

acarreta uma seletividade do ensino, o que até certo ponto, explica em parte, o insignificativo contingente de concluintes com ênfase em Física, especialmente no ano em curso.

PALAVRAS-CHAVE: Práticas Discursivas, Ensino, Física, Concluintes.

A DISCOURSE ANALYSIS OF THE FINAL PUPILS OF UEPA'S FULL DEGREE IN NATURAL SCIENCES REGARDING THE PHYSICS TEACHING

ABSTRACT: This article is part of a broader scientific research that we are conducting on discursive practices of Physics Teaching in the UEPA Full Degree Course in Natural Sciences. This study is inspired by a theoretical framework that supports critical discourse analysis (ACD), drinking from classic and contemporary authors, such as Marx, Bakhtin, Foucault, Pechêux and, Orlandi, among others, who present a dialectic analysis. and historicized discourse within its social, historical, political and social context, without losing sight of the material conditions of existence of the social subjects directly involved in the studied discursive practices. Although the results obtained here reveal a somewhat contradictory perspective among the interviewed subjects, it was possible to observe a certain preponderance of abstract discursive practices, difficult to be understood and, therefore, underlying socially excluding, to the extent that, it causes a selectivity of teaching, which to some extent, explains in part, the insignificant contingent of graduates with an emphasis on Physics, especially in the current year.

KEYWORDS: Discursive Practices, Teaching, Physics, Concluding.

INTRODUÇÃO

Este artigo científico visa comunicar os resultados provisórios de uma pesquisa mais abrangente que estamos realizando sobre as práticas discursivas do Ensino de Física no Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Pará (UEPA), como uma investigação já em andamento, consideramos oportuno apresentarmos as informações que já coletamos, junto aos alunos mencionados sobre o objeto de estudo problematizado.

A perspectiva dialógica que procuramos estabelecer entre a teoria e os “achados” na pesquisa, se inspira por um referencial da Análise Crítica de Discurso (ACD), por considerarmos este procedimento metodológico, aquele que nos oferece maiores possibilidades epistemológicas para se analisar criticamente as práticas discursivas do ensino de Física, enquanto problema de pesquisa central deste estudo, na medida em que, um de nossos objetivos, não é apenas descrever factualmente tais práticas, mas principalmente, desvelar os processos sociais contraditórios subjacentes dos “sujeitos-falantes”, mas que ao mesmo tempo, passivos ou ativos, também são sujeitos-construtores dessas práticas, seja em sala-de-aula, ou em outros ambientes não-escolares em que essas práticas mediatizam relações de ensino-aprendizagem entre os atores sociais diretamente envolvidos no processo educativo do ensino de Física.

Este artigo está estruturado em 4 partes principais. Na primeira parte, apresentamos a fundamentação teórica tomada como referencial neste estudo. A seguir, discorreremos sobre o percurso metodológico da pesquisa. Na terceira parte, analisamos criticamente as práticas discursivas do ensino de Física na perspectiva dos alunos-concluintes nesta ênfase do Curso de Ciências Naturais da UEPA.

Finalmente à guisa de conclusões, ainda que provisórias, apresentamos nossas considerações finais, esperando que os resultados aqui obtidos, possam contribuir para a ampliação do debate sobre a problemática do ensino de Física e, ao mesmo tempo, servir de “pistas” iniciais ao aprofundamento que pretendemos alcançar no final desse estudo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: AS PRÁTICAS DO ENSINO DE FÍSICA NO DISCURSO CIENTÍFICO

O processo de análise deste estudo inspirou-se por um referencial da Ciência Crítica, multidimensionalmente holística, ou seja, que leva em consideração as condições materiais de existência dos sujeitos-construtores das práticas discursivas estudadas, bem como dos textos veiculados no ensino de Física; a realidade sócio-histórica dos praticantes e; os contextos cultural, político e ideológico em que tais práticas são construídas e veiculadas

pelos sujeitos sociais, diretamente envolvidos no processo educativo, que neste nível da pesquisa, foram os licenciandos plenos de 2017 do Curso de Ciências Naturais da UEPA.

Com base no paradigma teórico, tomado como referência no processo de análise deste estudo, empregamos o método de análise do discurso em sua acepção crítica (ACD), segundo a qual, as ações sociais descritas nas práticas discursivas de uma determinada situação social específica:

Buscam desvelar os processos sociais de abuso de poder, tais como: o controle social exercido; as estruturas de dominação reinantes; as desigualdades sociais e; a exclusão social, que subjazem nos discursos dos “falantes”, legitimados e/ou investidos de autoridades para dirigir e conduzir determinadas práticas sociais. (BAKHTIN, 1995: p.38).

Assim, através das “falas” dos alunos-concluintes entrevistados e dos “textos-fonte” adotados em sala-de-aula pelos professores, e coletados junto a esses estudantes, procuramos analisar as práticas discursivas do ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA, sempre na tentativa de desvelá-las, enquanto instrumentos de exclusão social e de controle por parte daqueles que detém o discurso de autoridade ou são legitimados pelo sistema social que os investem desse poder, de acordo com a perspectiva dos sujeitos entrevistados.

Assim, a modalidade de análise do discurso numa perspectiva crítica, como a que empregamos nesta investigação científica, é oriunda da tradição francesa, que foi amplamente enriquecida pelos aportes teóricos de **Marx** (1818-1883); **Bakhtin** (1895-1975) e Michel **Foucault** (1927-1984), além dos neo-marxistas frankfurtianos, onde entre outros, se destacam, **Hokheimer** (1897-1973), **Adorno** (1903-1969), **Marcuse** (1898-1934) e, **Habermas** (1929-*).

Diferentemente de outras perspectivas de AD, a análise crítica do discurso não constitui uma “camisa de força” em que se procura de forma pré-determinada, enquadrar os “achados” da pesquisa na estrutura da teoria, mas como enfatizam os estudiosos contemporâneos deste procedimento metodológico, a ACD constitui:

Uma abordagem qualitativa em que a teoria é utilizada como um “farol” que permite ampliar novas aberturas onde o analista se converte em [intérprete] em virtude de seu envolvimento tanto objetivo, como subjetivo com aquilo que estuda, mas se esforçando pelo rigor de se aproximar o tanto quanto possível da perspectiva dos “falantes”, enquanto sujeitos da informação da pesquisa. (ROJO & WHITAKER, 1998: p. 118).

Dessa forma, esta nova visão analítica, pressupõe a adoção de uma perspectiva que problematize as questões centrais do objeto estudado para que possa submergir na consciência do analista-intérprete os processos sociais contraditórios ocultos nas “entrelinhas” dos discursos dos “falantes”, estratégia que acreditamos ter alcançado através deste estudo.

PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo partiu de uma pesquisa bibliográfica sobre o problema, tomado como objeto de estudo nesta investigação científica, ou seja, quais as práticas discursivas do ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA? – A referida pesquisa, objetivou nos assenhorar sobre os processos qualitativos de abordagem analítica crítica do discurso (ACD), já que consideramos, ser este paradigma, aquele que apresenta maiores possibilidades epistemológicas, para se analisar de uma forma profunda e densa, o problema sob investigação, em suas múltiplas e concretas determinações históricas. Além dessa justificativa, a pesquisa mencionada, serviu também, para que pudéssemos selecionar como âncoras teóricas, os estudiosos que se alinham pelo paradigma histórico-crítico, onde entre outros, se destacam, os autores contemporâneos como Michel **Pechêux** (1938-1983), Eni **Orlandi** (1942-*) e, Luisa Martin **Rojo**, que bebem na fonte de **Marx** (1818-1883), Mikhail **Bakhtin** (1895-1975) e Michel **Foucault** (1927-1984), além dos neo-marxistas frankfurtianos, cujos pensadores forneceram aportes teóricos profundos que contribuíram a inauguração de uma análise crítica inovadora do discurso, que aqui tomamos como referencial deste estudo.

Com a finalidade de aprofundar o nível teórico do estudo, realizamos também, uma pesquisa documental, onde entre outros documentos selecionados, destacam-se, o projeto político-pedagógico do Curso de Ciências Naturais da UEPA; Relatórios Semestrais e Anuais das Atividades do Curso mencionado, elaborados pela Assessoria Pedagógica e; os “Textos-Fonte” adotados pelos professores do Curso.

Finalmente, realizamos uma pesquisa de campo, junto aos alunos, enquanto prováveis concluintes do Curso no ano de 2017. Esta pesquisa iniciou-se com uma abordagem, aparentemente despreziosa através da técnica da “Conversa Informal”, que segundo Harvey **Sacks** (1935-1975), seu principal idealizador, toda pesquisa qualitativa de análise de discurso deve iniciar-se, dando-se prevalência aos intercâmbios verbais, ou seja, as conversas informais e corriqueiras em ambiente descontraído, antes de se entrar no ambiente formal da situação especificamente contextualizada. Esta estratégia não só busca “quebrar” possíveis barreiras de comunicação futuras, como também, oportuniza um contato prévio e inicial (rapport) por parte do pesquisador, ocasião propícia para “falar” sobre suas pretensões de pesquisa, seus objetivos e o quanto aqueles alunos, enquanto futuros sujeitos da informação, podem colaborar e contribuir com o processo de construção do conhecimento científico, no âmbito do Curso que participam.

Com a técnica da “Conversa Informal”, tivemos também a oportunidade de saber quais eram os alunos que iriam participar da pesquisa e qual ou quais aqueles, que estavam dispostos a se engajar na pesquisa como estagiários-voluntários, o que não foi tão difícil, porque a monitora da turma, se dispôs prontamente, a gravar as conversas e as transcrevê-las em sua íntegra.

Outro ponto que consideramos importante termos iniciado com esta técnica, é que esta conversa informal, propicia, como proporcionou, uma maior liberdade por parte dos alunos para relatarem determinadas situações, que aliás, não estavam em nossos horizontes formais de pesquisa, como no caso por exemplo, da ansiedade demonstrada, pela “prova” que deveriam prestar, para o Coordenador do Curso, já que seu professor estava viajando, mas que deveria ser realizada, pois o Curso interrompia todas as atividades de aula para executar o cronograma das avaliações através de “**Provas**” em todas as disciplinas, como único instrumento de avaliação classificatória para medir a capacidade dos alunos, ou seja, daqueles que seriam aprovados ou reprovados.

Dando prosseguimento ao processo de pesquisa de campo, reiniciado após o período de “provas”, realizamos uma “observação-pedagógica”, oportunidade em que, a monitora nos cedeu, cerca de 15 “textos-fonte”, adotados no Curso, nas disciplinas ligadas à Ciência Física. Além desta técnica, realizamos também as entrevistas com os alunos-concluintes, segundo roteiro semi-estruturado, constante do Projeto de Pesquisa de Tese.

No que diz respeito às informações levantadas e selecionadas na bibliografia pesquisada, estas foram sistematizadas em “resumos-sintéticos”, extraindo-se as principais teses e ideias essenciais ligadas à análise crítica de discurso, que foram por nós apropriadas para compor o quadro teórico de referência, tomado como paradigma neste estudo. Os dados documentais, foram sistematizados em “quadros-síntese” e os coletados, via pesquisa de campo, foram sistematizados em Matrizes Analíticas e, a seguir, interpretados e analisados, visando desocultar de forma crítica, os processos sociais e ideológicos, subjacentes às práticas discursivas do ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA.

PRÁTICAS DISCURSIVAS DO ENSINO DE FÍSICA: UMA ANÁLISE CRÍTICA DO DISCURSO DOS ALUNOS CONCLUINTE

Configuração Identitária dos Alunos

Os prováveis concluintes do Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais da UEPA no ano de 2017, são em sua grande maioria do sexo masculino (57%), contra 47% de mulheres, o que se explica pelo fato dessa área de conhecimento (Ciências da Natureza), tradicionalmente no Brasil, corresponder um campo de conhecimento dominado predominantemente por homens, muito embora, atualmente, já se reconheça uma grande demanda por parte das mulheres, situação que não existia há quase 20 anos atrás, quando o Curso iniciou sua primeira turma (1998), onde a composição por sexo apresentava uma forte maioria masculina (79%).

Do conjunto desses acadêmicos-concluintes, todos são originários da Capital do Estado, nascidos em Belém, embora o Curso seja também ofertado em outros municípios paraenses. Quase todos os alunos entrevistados, estão dentro da faixa de escolaridade de

nível superior, já que possuem entre 21 a 25 anos de idade, apresentando um índice de distorção idade-série quase insignificante, pois segundo parâmetros do MEC, os estudantes dos cursos de 8 semestres, ou seja, de 4 anos, deveriam terminar seus cursos com 24 anos de idade. Se esta situação é de certa forma satisfatória na capital, não é a que temos via de regra no interior do Estado, em que segundo relatórios anuais consultados sobre a demanda de alunos do Curso, apresenta uma faixa etária de 26 a 35 anos.

Outro ponto que os identifica, é o fato de quase todos serem solteiros (96%) e professarem a religião católica (68%), contra 32% de evangélicos, além de se autodeclararem como brancos (43%), pardos (37%) e; 20% amarelos (filhos de japoneses). Como se verifica, nenhum dos entrevistados se declarou negro e nem índio, quando se sabe que segundo Censo do IBGE/2010, a população brasileira registra 45% de negros; enquanto a região Amazônica, além de contar com inúmeras áreas quilombolas de afro-descendentes (294 áreas, segundo estimativas do Movimento Brasileiro de Defesa da Igualdade Racial), ainda concentra mais de 60% da população indígena do Brasil. A UEPA, portanto, não está cumprindo a Lei nº 13.409/16, referente a reserva de parte de suas vagas para cotistas negros e índios brasileiros auto-declarados, em proporção ao número total desses grupos étnicos, para cada Curso Superior.

Condições Sociais de Vida

Grande parte (63%) dos alunos-concluintes entrevistados trabalham, sem vínculo empregatício institucional, dando aulas particulares em domicílios (aulas de reforço) e/ou em estabelecimentos particulares, porque segundo os quais, são provenientes de famílias pobres (78%), contra apenas 22% que se autodeclararam como pertencentes à classe média intermediária. Seus pais possuem o antigo primário incompleto e, apenas alguns poucos (10%) concluíram o ensino médio e trabalham como autônomos (biscateiros) e as mães em empregos domésticos. A renda familiar varia entre 1 a 3 salários mínimos (80%), contra apenas 20% que apresentam uma renda de 4 a 5 salários mínimos. Seu padrão habitacional é regular e suas residências são em bairros de periferia de Belém.

Como se pode, pois, verificar, seu nível de qualidade sócio-econômica de vida é baixo e, suas famílias lutam com grandes dificuldades financeiras para sobreviver na sociedade de consumo.

Práticas Discursivas de Ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA

Produção/Produtores e Condições de Produção das Práticas Discursivas

Conforme se constata pelas “falas” dos alunos entrevistados, a unanimidade dos respondentes, disseram que as práticas discursivas do ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA, são construídas pelos cientistas já consagrados no campo da Física e, ao mesmo tempo, pelos professores de Física, mas que tais professores, são

pesquisadores de outras universidades, quase sempre, doutores renomados do continente europeu, norte-americanos e das regiões sul/sudeste do Brasil.

Assim, os “textos-fonte” adotados no Curso, são extraídos dos livros de Física, traduzidos do estrangeiro; enquanto outros, são produtos de pesquisa dos professores do centro sul/sudeste do país, o que nos leva a induzir que, os alunos entrevistados, não se vêem como “sujeitos-construtores” dessas práticas, ou seja, não se consideram potencialmente preparados ainda, para participarem das pesquisas nesta área de conhecimento, seja porque seus professores fazem pouca pesquisa na área, seja porque, a própria UEPA, ainda não privilegia esta atividade como prioritária, dando mais importância ao ensino, o que nos leva a crer, que muito embora os dois argumentos sejam verossímeis, para explicar a pouca influência da pesquisa como fonte de produção dessas práticas discursivas no ensino de Física, no caso da UEPA, ambas justificativas fornecidas pelos alunos não são mutuamente excludentes mas se implicam reciprocamente.

Não é portanto, exagero de nossa parte, aquilatar, a grande importância que um Curso de Mestrado e/ou de Doutorado realizado na Amazônia significa para os professores da educação superior, por ser uma das raras oportunidades, que se tem de realizar pesquisa nas universidades da região, mesmo porque, especialmente na UEPA, além de se lutar com grande dificuldade para se aprovar um projeto de pesquisa no Conselho Universitário da Instituição, quando isso acontece, de forma esporádica, esta atividade não é contemplada com nenhuma carga horária no plano departamental para o docente, já que esta, deve ser preenchida, apenas com atividades de ensino, portanto, as atividades de pesquisa e de extensão na UEPA, são apenas formais, e aqueles que se “aventuram” nessas atividades, ou estão cursando pós-graduação, ou são pesquisadores e extensionistas voluntariados.

Outras ilações que se pode deduzir das informações dos alunos-concluintes entrevistados, sobre este aspecto das condições de produção dessas práticas discursivas, do ensino de Física, é que, os “textos-fonte” que configuram as práticas discursivas nesta área de conhecimento, são, por ordem de prioridade, segundo os entrevistados: “Fundamentos da Física” – Vols. 1, 2 e 3, de autoria de Holliday; “Curso de Física Básica”, Vols. 1, 2 e 3, de autoria de Moysés Nissenzueig; “Mecânica Clássica” (Symon); “Física Moderna” (Tipler) e; inúmeros artigos científicos, ou seja, 18 artigos para ser mais precisa, que os entrevistados me entregaram como textos que também foram “objeto” de estudo nas aulas de Física no Curso mencionado.

Ao analisarmos os referidos textos, ratificamos os argumentos acima, de que, só foram assim considerados, por parte do Curso, aqueles textos de Física, construídos em outros contextos sócio-culturais, quase sempre, revestidos ou legitimados, como válidos, pela comunidade científica eurocêntrica e norte-americana, reafirmando o processo de neo-colonialismo que o Brasil, especialmente, as regiões mais pobres e subdesenvolvidas do país, como nos casos do norte/nordeste, sofrem desde tempos “imemorais”, por parte das grandes potências capitalistas do mundo desenvolvido em escala planetária.

A retórica destes textos tão bem construídos pelos “argonautas” do saber superior, detentores de uma razão lógica instrumental, como bem se referiu **Foucault** (2002), a única que realmente vale para legitimar o discurso das classes dominantes, é tantas vezes reafirmada que, conseguem inculcar ideologicamente nos alunos, ser esta a única lógica racionalmente verdadeira e, que os nossos “caboclos indígenas”, quando acertam o peixe com uma só flechada para capturá-los, sem mirar diretamente nele, dando-nos a entender que, sabem a “lei da refração da luz”, sem nunca ter frequentado um Curso de Física, é puro “golpe” de sorte, embora não saibam esses alunos explicarem, como esses nativos não erram uma só vez.

Como se pode pois, observar, os sujeitos enunciadorees dessas práticas discursivas no ensino de Física da UEPA, ou seja, aqueles que constroem originariamente os discursos veiculados no Curso estudado, são de outros contextos sócio-históricos, enquanto seus destinatários, ou seja, os alunos-concluintes em sua maioria, provém dos segmentos sociais mais pobres da sociedade paraense, ocupando um “status” social de subalternidade. Como o conteúdo de tais textos já são legitimados e, de certa forma consolidados pela Comunidade Científica, devem ser reafirmados, cabendo os seus destinatários (alunos) apenas reproduzi-los enquanto “cópia” do que realmente deve ser dito como cientificamente válido.

Tendências Teóricas Norteadoras das Diferentes Práticas Discursivas do Ensino de Física no Curso Licenciatura Plena em Ciências Naturais da UEPA

Segundo os alunos respondentes, as tendências que orientam as práticas discursivas do ensino de Física no Curso de Ciências Naturais da UEPA, são basicamente duas: a Positivista/Funcionalista e a Estruturalista-Reprodutivista. As justificativas fornecidas pelos entrevistados, são que, as diferentes práticas veiculam discursos altamente abstratos através de aulas expositivas que, tomam por base a Ciência já construída sobre a natureza física do universo e seus fatos naturais, por isso, grande parte desse conteúdo, sobretudo aqueles ministrados no início do Curso, são facilmente esquecidos, pois geralmente, não fazem muito sentido em sua vida social cotidiana, a não ser, para o mundo acadêmico, já que precisam memorizá-lo para dar conta das “provas”, para serem aprovados à série subsequente.

Um elevado percentual de alunos entrevistados (78%), disseram que o conteúdo dos discursos científicos veiculados nas práticas pedagógica dos docentes, são muito abstratos e difíceis, mas reconhecem que seus professores dominam o conhecimento, mas tem dificuldades didáticas para socializar tais conhecimentos de forma pedagógica, além do fato da baixa carga horária das disciplinas, que prejudicam o desenvolvimento mais profundo e detalhado do conteúdo programático planejado, que variam de 40h/a 80h/a por semestre, o que representa 2h/a semanais por disciplina, agravando-se este problema,

porque são ministradas 6 disciplinas diferentes semanalmente, em apenas um turno, ficando o aluno em dependência de uma a duas disciplinas, de cursá-las em outro turno.

Indagados sobre o conhecimento que detinham sobre as práticas discursivas do ensino de Física constantes do projeto político-pedagógico do seu Curso na UEPA, todos responderam não conhecerem tais práticas, já que nunca tiveram contato com este documento e, por isso ficava difícil opinar sobre a questão.

Como se pode, pois, verificar, sobre as tendências teóricas que orientam as práticas discursivas do ensino de Física, enquanto a tendência Positivista/Funcionalista, reafirma um discurso evolucionista que, toma por base as leis naturais da ordem social estabelecida, indispensável ao progresso geral da humanidade, como princípios científicos inevitáveis, eternos e imutáveis da marcha da humanidade, rumo ao progresso científico e tecnológico da humanidade, em todas as dimensões sociais da vida, fundamentalmente, da Ciência Física, que para **Comte** (1842), representava a terceira ciência mais bem constituída e avançada cientificamente, pela possibilidade epistemológica que tinha, de se basear em modelos matemáticos, razão pela qual, segundo o fundador do Positivismo, as leis físicas também regiam as sociedades humanas.

Por outro lado, a tendência funcionalista, herdeira direta do Positivismo, proclama que o universo natural, assim como a sociedade, são sistemas que funcionam e seus elementos mais representativos, cumprem uma determinada necessidade para que o referido sistema possa funcionar, já que qualquer desvio ou anomia destes elementos, disfuncionariam o universo natural ou a sociedade, gerando uma certa desorganização no sistema.

As práticas discursivas do ensino de Física veiculadas no Curso estudado, baseado então nos paradigmas teóricos explanados acima; aliados às tendências estruturalistas-reprodutivistas, servem aos interesses, conforme **Habermas** (1983), para legitimar e reproduzir o discurso da Ciência Física, enquanto parte da razão lógica instrumental, em favor das classes dominantes na sociedade capitalista e, neste sentido, aqueles que forem capazes de “clonar”, ou seja, copiar tais conhecimentos, reafirmando como cientificamente válidos e funcionalmente competentes, serão os selecionados como os mais inteligentes e capazes, servindo para manutenção da ordem estabelecida e, ao mesmo tempo, excluir os considerados incompetentes, que neste caso, são aqueles das classes mais vulneráveis sócio-economicamente, que buscam pela educação pública.

Dificuldades de Aprendizagem do Conhecimento de Física por Parte dos Alunos

Conforme assinala a matriz analítica de sistematização das “falas” dos alunos entrevistados, as principais dificuldades que enfrentam atualmente no Curso, são entre outros problemas, a não entrega das avaliações por parte dos professores, no Serviço de Registro e Controle Acadêmico da UEPA (SERCA), o que dificulta a rematrícula dos alunos

e, se os mesmos, foram ou não, aprovados naquelas disciplinas, o que muito prejudica, o planejamento das atividades do próprio aluno e da Coordenação do SERCA, sobre a composição das turmas semestrais que deverão fazer parte do ano letivo, o que repercute na própria elaboração do plano departamental de lotação dos professores do Curso.

Outra dificuldade apontada, é que, as aulas são fundamentalmente teóricas, já que o Curso não possui um laboratório específico para aulas práticas; além de terem optado pelo Curso porque este em relação ao Curso de Medicina que almejavam, apresentava uma baixa relação candidato x vaga, por isso havia uma maior probabilidade de serem aprovados, mas quando conseguirem ser aprovados em Medicina, abandonarão o Curso de Ciências Naturais.

Outro problema apontado, é a baixa carga horária das disciplinas, por isso o professor não dá conta de ministrar todo o conteúdo programático da ementa; além do número excessivo de disciplinas, que são obrigados a cursar durante cada semestre, que variam entre 6 a 8 disciplinas, perfazendo anualmente, mais de 15 disciplinas durante o ano letivo.

Quase todos os alunos entrevistados, assinalaram ainda, como uma grande dificuldade enfrentada por eles, a impossibilidade de conciliar o estudo com a necessidade do trabalho, já que são provenientes de segmentos sociais pobres e, por isso, precisam participar na renda familiar para sua própria sobrevivência, o que seria bastante amenizado, se a UEPA disponibilizasse uma espécie de “bolsa-de-estudos” aos alunos mais carentes, o que reduziria, segundo os entrevistados, o expressivo número de alunos que abandonam o Curso, que numa oferta de 80 vagas no processo seletivo anual do vestibular, formando portanto, duas turmas de 40 alunos; sendo uma com ingresso no 1º semestre e, outra no 2º semestre, por falta de espaço de sala de aula disponível na UEPA. Após 8 semestres, ou seja, 4 anos depois, via de regra, não há nenhum concluinte, ou apenas 5 como atualmente, são os prováveis concluintes de dezembro de 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um ponto que gostaríamos de ressaltar, é que uma das autoras enquanto pedagoga, faz parte do universo observado, enquanto professora de Didática no Curso estudado, mas que, seria mais pedagogicamente recomendável, que o professor desta disciplina, fosse um Licenciado Pleno em Física para ministrá-la e, não simplesmente um pedagogo de formação, sem o conhecimento da Ciência Física. Todavia, observamos também, através da técnica da “Observação Pedagógica” que realizei nas aulas do Curso mencionado, que os professores, em sua grande maioria, não são licenciados plenos, não tendo portanto, formação pedagógica para o magistério, mas como o estatuto da UEPA permite que qualquer graduado com especialização, mestrado ou doutorado, desde que tenha a disciplina em seu histórico escolar, para qual o edital do concurso torna público, possa

se candidatar, então legalmente, pelo menos na UEPA, não há a exigência de formação pedagógica, o que de certa forma, explica o porquê dos alunos entrevistados afirmarem que seus professores dominam o conhecimento científico já consolidado no campo da Física, mas não tem didática para socializar este conhecimento aos seus alunos.

Outro ponto que também observamos, foi quando recebemos por parte da monitora da turma, uma das alunas concluintes, cerca de 18 textos-fonte, em forma de artigos científicos, que seus professores trabalharam em sala-de-aula, onde grande parte dos entrevistados, considerou-os como extremamente difíceis. É que esses textos são aplicações de teorias pedagógicas, tais como as de **Vigotsky, Habermas, Lenky, Tommy, Ausubel, Piaget** e, outros teóricos, no ensino de Física, textos estes, que geralmente são discutidos em cursos de Mestrado e Doutorado, razão pela qual, entendemos as dificuldades desses alunos com o assunto tratado, que via de regra, são resultados de “Pesquisadores-Sênior” e apresentados em eventos científicos desta área de conhecimento, não cabendo portanto, utilizá-los em Cursos de graduação, considerados como de formação inicial.

Assim, com base no exposto, conclui-se que, pela perspectiva dos alunos-concluintes do Curso, as práticas discursivas do ensino de Física, estão expressando ações reprodutivistas da ordem social vigente, ou seja, um ensino conteudístico positivista, já ultrapassado e bastante distante do mundo de vida de seus alunos, razão pela qual, não tem ressonância significativa para que esses sujeitos sociais possam ressignificá-los, de forma socialmente transformadora, em prol de uma educação autoemancipadora e de elevada qualidade, em todas as dimensões sociais da vida.

Os alunos em nenhum momento se viram ou se vêem como sujeitos-construtores destas práticas discursivas, não se dando conta portanto, de que não basta um enunciador, pois os “atos da fala”, ou seja, os discursos, são ações e reações e, portanto, processos de alteridade. Mesmo que não sejam contestadores-ativos em sala-de-aula, estão de certa forma, aceitando, ou seja, legitimando o discurso em suas práticas autoritárias e, aparentemente unilateral, que tanto se deixa dominar pelo discurso competente de base eurocêntrica, mas subestima e inferioriza a sua própria cultura de mundo.

Finalmente, resta dizer que, as práticas discursivas do ensino de Física, especialmente na perspectiva dos entrevistados e, em última instância, destas pesquisadoras-analistas, que se esforçaram teoricamente para apreender nas entrelinhas dos discursos coligidos, os processos sociais subjacentes nas informações dos “falantes”, desempenham um importante papel na manutenção das desigualdades sociais, porque de certa forma, reproduz e intensifica tais desigualdades, na medida em que, servem mais para implementar as estruturas de dominação e de exclusão social.

REFERÊNCIAS

BAKHTIN, Michail. *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. São Paulo (SP): HUCITEC, 1995.

BRASIL. *Censo Demográfico/2010*. Brasília (DF): IBGE, 2010.

FOUCAULT, Michel. *A Ordem do Discurso*. São Paulo (SP): LOYOLA, 2002.

HABERMAS, Jürgen. *Conhecimento e Interesse*. São Paulo (SP): ABRIL, 1983

INIGUEZ, Lupicínio (ORG.). *Manual de Análise do Discurso em Ciências Sociais*. Petrópolis (RJ): VOZES, 2004.

MIRANDA, Josevett de Almeida. *Matrizes Analíticas de Sistematização das Entrevistas dos Alunos-Concluintes do Curso de Ciências Naturais da UEPA*. Belém (PA): CCSE/UEPA, Pesquisa de Campo de Tese, 2017.

_____. *Quadros-Síntese das Observações Pedagógicas em Sala-de-Aula de Física*. Belém (PA): CCSE/UEPA, Pesquisa de Campo de Tese, 2017.

ORLANDI, Eni. *Análise de Discurso: Princípios e Procedimentos*. Campinas (SP): PONTES, 1999.

PÊCHEUX, Michel. *O Discurso, Estrutura ou Acontecimento*. Campinas (SP): PONTES, 1990.

ROJO, Luise Martin & WHITTAKER, R. (ORGs.). *O Poder de Dizer ou o Poder dos Discursos*. Madri (ESP): ARRECIFE, 1998.

SACKS, Harvey. *Lectures on Conversation*. Oxford (GB): BRASIL/BLACKWELL, 1992.

UEPA. *Projeto Político-Pedagógico do Curso de Ciências Naturais*. Belém(PA): CCSE/UEPA, 2009.

_____. *Quadro das Matrículas dos Alunos-Concluintes do Curso de Ciências Naturais com Ênfase em Física*. Belém (PA): CCSE/UEPA, Diretoria de Registro e Controle Acadêmico (DRCA), 2017.

_____. *Relatório Anual das Atividades do Curso de Ciências Naturais*. Belém(PA): CCSE/UEPA, Assessoria Pedagógica, 2016.

SOBRE A ORGANIZADORA

SABRINA PASSONI MARAVIESKI - Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2010). Obteve seu Mestrado em Ciências com a concentração na área de Física, também pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2013). Neste, trabalhou na linha de pesquisa em Técnicas Nucleares aplicadas a Física Ambiental (2013). Professora com experiência há 12 anos atuando no Ensino Médio e Ensino Superior em que faz da Robótica, das Metodologias Ativas e das Tecnologias de Informação e Comunicação fortes aliados nos processos de ensino e aprendizagem. Atua como professora nas diversas áreas do conhecimento tais como: Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção e Tecnologia em Radiologia; ministrando as disciplinas de Física Básica, Teoria Eletromagnética, Eletricidade e Magnetismo, Mecânica Aplicada, Fenômenos de Transportes, Mecânica dos Fluidos, Hidráulica Aplicada, Resistência dos Materiais, Física Atômica e Nuclear, Medidas e Materiais Elétricos, Ressonância Magnética, Medicina Nuclear. No Programa de Pós-Graduação (Lato Sensu) em Engenharia de Segurança do Trabalho do Centro Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, atua como professora na disciplina de Higiene das Radiações. Atualmente a organizadora tem se dedicado à orientações de trabalhos acadêmicos de conclusão de curso, bem como publicação dos mesmos, elaboração de material didático para os cursos de graduação à distância (EAD) em diversas áreas de conhecimento e projetos experimentais dentro das respectivas disciplinas ministradas visando solução de problemas reais interdisciplinares.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Afetividade 42, 43, 45, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Anos Finais Ensino Fundamental 42

Aprendizagem 1, 21, 25, 27, 29, 42, 43, 44, 46, 48, 50, 54, 55, 60, 67, 71

Aulas 2, 8, 21, 22, 24, 44, 46, 49, 50, 54, 64, 65, 66, 68

B

Buraco Negro 21, 41

C

Caos 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20

Ciência 19, 22, 23, 25, 27, 30, 31, 32, 37, 40, 47, 48, 56, 58, 60, 63, 66, 67, 68

Ciências Naturais 21, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 68, 70

Concluintes 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

Conhecimento 10, 12, 22, 30, 31, 32, 37, 38, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

D

Desafios 22

Divulgação Científica 29, 31, 32, 37, 40

E

Ensino 1, 2, 8, 21, 22, 26, 27, 29, 40, 42, 44, 57, 58, 59, 60, 64, 66, 71

Ensino de Física 1, 2, 8, 26, 27, 42, 48, 49, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 66

Ensino Médio 24, 26, 27, 29, 31, 32, 40, 54, 64, 71

F

Física 2, 1, 2, 8, 9, 10, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

I

Interdisciplinar 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51

Interdisciplinaridade 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 56, 57, 58

Investigação 21, 22, 23, 24, 27, 49, 60, 61, 62

M

Mecânica Clássica 1, 2, 8, 9, 30, 33, 34, 35, 36, 65

P

Pesquisa 1, 3, 8, 19, 22, 24, 26, 40, 41, 45, 48, 53, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 70, 71

Práticas Discursivas 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69

Provas 31, 63, 66

Q

Queda-Livre 1, 2, 7, 8

R

Relatividade Especial 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 41

Resultados 1, 3, 4, 6, 7, 8, 24, 43, 50, 53, 54, 59, 60, 69

Roda d'Água 10, 12, 13, 15, 18, 19

S

Sistemas 10, 19

Sistemas Caóticos 10, 11, 14

Sistemas Dinâmicos Não Lineares 10, 11

Software 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9

T

Tracker 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9

V

Validação a Priori 21

Videoanálise 1, 3, 4, 6, 8

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

2

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

Atena
Editora

Ano 2021

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

2

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

Atena
Editora

Ano 2021