

ORGANIZADORES

Claudio José de Holanda Cavalcanti

Eliane Angela Veit

Tobias Espinosa

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume **2**



ORGANIZADORES

Claudio José de Holanda Cavalcanti

Eliane Angela Veit

Tobias Espinosa

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume **2**




pimenta
cultural
2024
São Paulo

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

C122

Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS / Organização Cláudio José de Holanda Cavalcanti, Eliane Angela Veit, Tobias Espinosa. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2024.

Coleção Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Volume 2

Livro em PDF

ISBN 978-85-7221-265-6

DOI 10.31560/pimentacultural/978-85-7221-265-6

1. Ensino de Física, 2. Pesquisa em Ensino, 3. Metodologia de Pesquisa, 4. Estudo empírico e teórico. I. Cavalcanti, Cláudio José de Holanda (Org.). II. Veit, Eliane Angela (Org.). III. Espinosa, Tobias (Org.). IV. Título.

CDD: 530.07

Índice para catálogo sistemático:

I. Ensino de Física

Simone Sales - Bibliotecária - CRB ES-000814/0

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2024 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2024 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons:
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - (CC BY-NC-ND 4.0).
Os termos desta licença estão disponíveis em:
<<https://creativecommons.org/licenses/>>.
Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural.
O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

Direção editorial	Patrícia Bieging Raul Inácio Busarello
Editora executiva	Patrícia Bieging
Coordenadora editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Assistente editorial	Júlia Marra Torres
Estagiária editorial	Ana Flávia Pivisan Kobata
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Editoração eletrônica	Andressa Karina Voltolini Milena Pereira Mota
Estagiárias em editoração	Raquel de Paula Miranda Stela Tiemi Hashimoto Kanada
Imagens da capa	Jcomp - Freepik.com
Tipografias	Acumin, Gobold High, Rockwell
Revisão	Maximiliano Kunrath Serôa
Organizadores	Cláudio José de Holanda Cavalcanti Eliane Angela Veit Tobias Espinosa

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Doutores e Doutoradas

Adilson Cristiano Habowski
Universidade La Salle, Brasil

Adriana Flávia Neu
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Adriana Regina Vettorazzi Schmitt
Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil

Aguimario Pimentel Silva
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Alaim Passos Bispo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Alaim Souza Neto
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Alessandra Knoll
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Alessandra Regina Müller Germani
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Aline Corso
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Wendpap Nunes de Siqueira
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Ana Rosângela Colares Lavand
Universidade Federal do Pará, Brasil

André Gobbo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Andressa Wiebusch
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Andreza Regina Lopes da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Angela Maria Farah
Universidade de São Paulo, Brasil

Anísio Batista Pereira
Universidade do Estado do Amapá, Brasil

Antonio Edson Alves da Silva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Antonio Henrique Coutelo de Moraes
Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

Arthur Vianna Ferreira
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Ary Albuquerque Cavalcanti Junior
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Asterlindo Bandeira de Oliveira Júnior
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Bárbara Amaral da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Bernadette Beber
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Caio Cesar Portella Santos
Instituto Municipal de Ensino Superior de São Manuel, Brasil

Carla Wanessa do Amaral Caffagni
Universidade de São Paulo, Brasil

Carlos Adriano Martins
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Carlos Jordan Lapa Alves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Caroline Chioquetta Lorenset
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Cássio Michel dos Santos Camargo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Faced, Brasil

Christiano Martino Otero Avila
Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Cláudia Samuel Kessler
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Cristiana Barcelos da Silva.
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Cristiane Silva Fontes
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Daniela Susana Segre Guertzenstein
Universidade de São Paulo, Brasil

Daniele Cristine Rodrigues
Universidade de São Paulo, Brasil

Dayse Centurion da Silva
Universidade Anhanguera, Brasil

Dayse Sampaio Lopes Borges

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Diego Pizarro

Instituto Federal de Brasília, Brasil

Dorame de Miranda Carvalho

Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil

Edson da Silva

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Elena Maria Mallmann

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Eleonora das Neves Simões

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Eliane Silva Souza

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Elvira Rodrigues de Santana

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Éverly Pegoraro

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Fábio Santos de Andrade

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Fabrcia Lopes Pinheiro

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Felipe Henrique Monteiro Oliveira

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Fernando Vieira da Cruz

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Gabriella Eldereti Machado

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Germano Ehlert Pollnow

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Geymeesson Brito da Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Handerson Leylton Costa Damasceno

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Hebert Elias Lobo Sosa

Universidad de Los Andes, Venezuela

Helciclever Barros da Silva Sales

Instituto Nacional de Estudos

e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasil

Helena Azevedo Paulo de Almeida

Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Hendy Barbosa Santos

Faculdade de Artes do Paraná, Brasil

Humberto Costa

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Igor Alexandre Barcelos Graciano Borges

Universidade de Brasília, Brasil

Inara Antunes Vieira Willerding

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Jaziel Vasconcelos Dorneles

Universidade de Coimbra, Portugal

Jean Carlos Gonçalves

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Jocimara Rodrigues de Sousa

Universidade de São Paulo, Brasil

Joelson Alves Onofre

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Jónata Ferreira de Moura

Universidade São Francisco, Brasil

Jorge Eschriqui Vieira Pinto

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Juliana de Oliveira Vicentini

Universidade de São Paulo, Brasil

Julierme Sebastião Moraes Souza

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Junior César Ferreira de Castro

Universidade de Brasília, Brasil

Katia Bruginski Mulik

Universidade de São Paulo, Brasil

Laionel Vieira da Silva

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Leonardo Pinheiro Mozdzenski

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Lucila Romano Tragtenberg

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Lucimara Rett

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Manoel Augusto Polastreli Barbosa

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Marcio Bernardino Sirino

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Marcos Pereira dos Santos

Universidad Internacional Iberoamericana del México, México

Marcos Uzel Pereira da Silva

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Maria Aparecida da Silva Santandel
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Maria Cristina Giorgi
*Centro Federal de Educação Tecnológica
Celso Suckow da Fonseca, Brasil*

Maria Edith Maroca de Avelar
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Marina Bezerra da Silva
Instituto Federal do Piauí, Brasil

Mauricio José de Souza Neto
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele Marcelo Silva Bortolai
Universidade de São Paulo, Brasil

Mônica Tavares Orsini
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Nara Oliveira Salles
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Neli Maria Mengalli
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Patricia Biegging
Universidade de São Paulo, Brasil

Patricia Flavia Mota
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Raul Inácio Busarello
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Roberta Rodrigues Ponciano
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Robson Teles Gomes
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil

Rodiney Marcelo Braga dos Santos
Universidade Federal de Roraima, Brasil

Rodrigo Amancio de Assis
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Rodrigo Sarruge Molina
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Rogério Rauber
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Rosane de Fatima Antunes Obregon
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Samuel André Pompeo
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

Sebastião Silva Soares
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Silmar José Spinardi Franchi
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Simone Alves de Carvalho
Universidade de São Paulo, Brasil

Simoni Urnau Bonfiglio
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Stela Maris Vaucher Farias
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Tadeu João Ribeiro Baptista
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Taíza da Silva Gama
Universidade de São Paulo, Brasil

Tania Micheline Miorando
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tarcísio Vanzin
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Tascieli Feltrin
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tayson Ribeiro Teles
Universidade Federal do Acre, Brasil

Thiago Barbosa Soares
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Thiago Camargo Iwamoto
Universidade Estadual de Goiás, Brasil

Thiago Medeiros Barros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Tiago Mendes de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Vania Ribas Ulbricht
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Wellington Furtado Ramos
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Wellton da Silva de Fatima
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Yan Masetto Nicolai
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alessandra Figueiró Thornton
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alexandre João Appio
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Bianka de Abreu Severo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite
Universidade de São Paulo, Brasil

Catarina Prestes de Carvalho
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil

Elisiene Borges Leal
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elizabete de Paula Pacheco
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Elton Simomukay
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Francisco Geová Goveia Silva Júnior
Universidade Potiguar, Brasil

Indiamaris Pereira
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Jacqueline de Castro Rimá
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Lucimar Romeu Fernandes
Instituto Politécnico de Bragança, Brasil

Marcos de Souza Machado
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele de Oliveira Sampaio
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Pedro Augusto Paula do Carmo
Universidade Paulista, Brasil

Samara Castro da Silva
Universidade de Caxias do Sul, Brasil

Thais Karina Souza do Nascimento
Instituto de Ciências das Artes, Brasil

Viviane Gil da Silva Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Weyber Rodrigues de Souza
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

William Roslindo Paranhos
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

SUMÁRIO

Cláudio José de Holanda Cavalcanti

Eliane Angela Veit

Tobias Espinosa

Prefácio 11

CAPÍTULO 1

Desirée Dornelles

Amanda Bueno

Fernanda Ostermann

Flavia Rezende

**Onde está a Física? Discutindo seu papel
nos debates contemporâneos.....15**

CAPÍTULO 2

Nathan Willig Lima

Matheus Henrique Thomas Becker

Leonardo Albuquerque Heidemann

**Mas vocês ainda querem ensinar Física?
Porque aprender conceitos científicos
ainda é importante no mundo pós-pandêmico.....36**

CAPÍTULO 3

Terrimar Ignácio Pasqualetto

Ives Solano Araujo

Eliane Angela Veit

**Coerência metodológica entre
a Aprendizagem Baseada em Projetos
de Bender e os Percursos de Estudo
e Pesquisa de Chevallard58**

CAPÍTULO 4

Alexsandro Pereira de Pereira

Daniela Borges Pavani

Igor Dalbosco Lovison

**Uma ferramenta de análise discursiva
para o ensino intercultural de Astronomia:**

uma abordagem centrada na ação mediada 78

CAPÍTULO 5

Rodrigo Weber Pereira

Leonardo Albuquerque Heidemann

**O uso do computador para
uma educação contemporânea:**

alternativas para abordar elementos sobre
a natureza da Ciência no ensino de Física 99

CAPÍTULO 6

Neusa Teresinha Massoni

Lisiane Araujo Pinheiro

A interdisciplinaridade em diálogo:

a percepção de professores formadores 130

CAPÍTULO 7

Daniel Pigozzo

Matheus Monteiro Nascimento

**Descrições metodológicas
de uma etnografia virtual
na pesquisa em Educação em Ciências:**

o caso da CPI da Pandemia 156

CAPÍTULO 8

Felippe Percheron

Tobias Espinosa

Ives Solano Araujo

**Um panorama sobre a Teoria
Antropológica do Didático:**

da antropologia dos saberes à transposição praxeológica 177

CAPÍTULO 9

Rafael Andrade Bruno da Cunha

Marta Maximo-Pereira

Alexander Montero Cunha

**Natureza da Ciência no Ensino
de Ciências por Investigação:**

uma revisão de literatura..... 208

CAPÍTULO 10

William Dutra Stradolini

Dioni Paulo Pastorio

Matheus Monteiro Nascimento

**Uma reflexão sobre o ensino
de Física em cursos pré-vestibulares
populares de Porto Alegre.....**

234

CAPÍTULO 11

Douglas Grando de Souza

Ives Solano Araujo

Eliane Angela Veit

**Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física:**

um retrato histórico.....257

Sobre os organizadores e a organizadora..... 288

Sobre os autores e as autoras..... 289

PREFÁCIO

É com grande satisfação que compartilhamos o segundo volume dos *Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS*. Este livro é uma coletânea de contribuições acadêmicas que refletem o compromisso do programa com a formação de pesquisadores e educadores de excelência na área de Ensino de Física. Cada capítulo deste volume oferece uma perspectiva única e relevante, abordando temas que são cruciais para a prática educacional contemporânea, especialmente no contexto da Educação em Ciências.

O primeiro capítulo, intitulado “Onde está a Física? Discutindo seu papel nos debates contemporâneos”, escrito por Desirée Dornelles, Amanda Bueno, Fernanda Ostermann e Flavia Rezende, provoca uma reflexão crítica sobre a desconexão entre o ensino de Física e questões socioculturais urgentes, como as mudanças climáticas e as relações de gênero. As autoras argumentam pela necessidade de integrar essas temáticas ao currículo, promovendo uma educação que não apenas transmita conceitos abstratos, mas também forme cidadãos críticos e conscientes de sua realidade social. Esse capítulo é fundamental para repensar o papel da Física na formação de uma sociedade mais justa e informada.

O segundo capítulo, “Mas vocês ainda querem ensinar Física? Porque aprender conceitos científicos ainda é importante no mundo pós-pandêmico”, de Nathan Willig Lima, Matheus Henrique Thomas Becker e Leonardo Albuquerque Heidemann, aborda a relevância do ensino de conceitos em um contexto contemporâneo, especialmente após a pandemia de COVID-19. Os autores enfatizam a importância de uma educação inclusiva e reflexiva, que promova a justiça social e a participação crítica nas discussões científicas. Esse capítulo é essencial para entender como a aprendizagem de conceitos pode contribuir para a formação de cidadãos mais engajados e informados.

No terceiro capítulo, “Coerência metodológica entre a Aprendizagem Baseada em Projetos de Bender e os Percursos de Estudo e Pesquisa de Chevallard”, os autores Terrimar Ignácio Pasqualletto, Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit analisam a convergência entre duas abordagens pedagógicas que visam superar as limitações do ensino tradicional. A discussão sobre a construção do conhecimento a partir de questões geradoras é crucial para promover um ensino mais ativo e centrado no aluno, especialmente em Física, em que a aplicação prática dos conceitos é fundamental.

O quarto capítulo, “Uma ferramenta de análise discursiva para o ensino intercultural de Astronomia”, de autoria de Alexsandro Pereira de Pereira, Daniela Borges Pavani e Igor Dalbosco Lovison, apresenta uma proposta inovadora para integrar diferentes visões de mundo no ensino de Ciências. O capítulo enfatiza a importância de uma abordagem inclusiva e diversificada na educação, essencial para a formação de cidadãos críticos e conscientes.

No capítulo seguinte, “O uso do computador para uma educação contemporânea: alternativas para abordar elementos sobre a natureza da Ciência no ensino de Física”, Rodrigo Weber Pereira e Leonardo Albuquerque Heidemann discutem a integração de simulações computacionais no ensino. Os autores revelam o potencial das simulações para enriquecer o ensino, promovendo uma abordagem mais profunda e crítica do conhecimento científico e suas práticas. Esse capítulo é crucial para educadores que desejam incorporar tecnologias digitais em suas práticas pedagógicas, enriquecendo a experiência de aprendizagem dos alunos.

O sexto capítulo, “A interdisciplinaridade em diálogo: a percepção de professores formadores”, de Neusa Teresinha Massoni e Lisiane Araujo Pinheiro, discute a importância da interdisciplinaridade na formação de professores. As autoras apresentam experiências que mostram como a integração de diferentes áreas do

conhecimento pode enriquecer a formação inicial de educadores, preparando-os para uma prática mais colaborativa e integrada, essencial para o ensino de Física e Ciências.

No sétimo capítulo, “Descrições metodológicas de uma etnografia virtual na pesquisa em Educação em Ciências: o caso da CPI da pandemia”, Daniel Pigozzo e Matheus Monteiro Nascimento exploram a aplicação da etnografia virtual no contexto educacional. Esse capítulo é relevante para aqueles que buscam compreender as dinâmicas contemporâneas de ensino e aprendizagem em um mundo cada vez mais digital, destacando a importância de adaptar as metodologias tradicionais ao ambiente digital.

O oitavo capítulo, “Um panorama sobre a Teoria Antropológica do Didático: da antropologia dos saberes à transposição praxeológica”, de Felipe Percheron, Tobias Espinosa e Ives Solano Araujo, oferece uma visão abrangente da Teoria Antropológica do Didático (TAD) e sua aplicabilidade no ensino de Ciências. A TAD fornece uma base teórica sólida para entender como os saberes são disseminados nas instituições educacionais, sendo essencial para educadores que buscam fundamentar suas práticas didáticas.

Em “Natureza da Ciência no Ensino de Ciências por Investigação: uma revisão de literatura”, Rafael Andrade Bruno da Cunha, Marta Maximo-Pereira e Alexander Montero Cunha exploram a relação entre a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências por Investigação. O capítulo é importante porque destaca em que medida a Natureza da Ciência pode ser trabalhada no Ensino de Ciências por Investigação, o que amplia ainda mais as potencialidades educativas dessa abordagem didática.

O décimo capítulo, intitulado “Uma reflexão sobre o ensino de Física em cursos pré-vestibulares populares de Porto Alegre”, é escrito por William Dutra Stradolini, Dioni Paulo Pastorio e Matheus Monteiro Nascimento. Nesse capítulo, os autores exploram a realidade dos cursos pré-vestibulares populares em Porto Alegre,

destacando a importância desses espaços na formação de estudantes que buscam acesso ao ensino superior. Os autores discutem como esses cursos, muitas vezes voltados para populações em situação de vulnerabilidade social, oferecem uma alternativa de preparação para o vestibular, ao mesmo tempo que enfrentam desafios significativos, como a falta de recursos e a necessidade de adaptar o conteúdo às realidades dos alunos. O capítulo analisa especificamente o ensino de Física nesses contextos, refletindo sobre as metodologias utilizadas e as dificuldades enfrentadas pelos educadores.

O capítulo final, intitulado “Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: um retrato histórico”, escrito por Douglas Grando de Souza, Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit, oferece uma análise histórica do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Os autores destacam a relevância e o impacto desse programa na formação continuada de professores de Física na Educação Básica. O texto contextualiza o surgimento do MNPEF dentro da trajetória dos mestrados profissionais no Brasil e nas políticas de pós-graduação voltadas para a Educação em Ciências. A análise crítica apresentada pelos autores é fundamental para aqueles que desejam entender as dinâmicas da formação de professores e o papel dos programas de pós-graduação na melhoria da educação em Física.

Convidamos você, leitor, a explorar as páginas deste volume e a se deixar inspirar pelas ricas discussões e propostas apresentadas. Que este livro sirva como um recurso valioso para educadores, pesquisadores e todos aqueles que almejam construir um ambiente rico e reflexivo para a Educação em Ciências e, em particular, em Física.

Cláudio José de Holanda Cavalcanti
Eliane Angela Veit
Tobias Espinosa

1

Desirée Dornelles

Amanda Bueno

Fernanda Ostermann

Flavia Rezende

**ONDE ESTÁ A FÍSICA?
DISCUTINDO SEU PAPEL NOS
DEBATES CONTEMPORÂNEOS**

INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a educação em ciências tem sido impulsionada por interesses políticos voltados para a formação da força de trabalho técnica e cientificamente preparada. Para Lemke (2006), esse processo tem marginalizado grande parte da população, ao dar ênfase excessiva à aquisição de princípios gerais e abstratos, contribuindo para o isolamento da educação científica das preocupações cotidianas de estudantes de diferentes idades, interesses e culturas. Paralelamente à valorização da formação propedêutica, o predomínio de uma ideologia que considera a aprendizagem abstrata mais “nobre” do que a aprendizagem prática tem contribuído para reforçar, no ensino de ciências, a ênfase na aquisição de conceitos e seu distanciamento de questões relativas à realidade social (Lemke, 2006).

Além da assimetria entre aprendizagem abstrata e aprendizagem prática, outros elementos ideológicos que permeiam o ensino de ciências têm afastado os estudantes da realidade social. Lemke (2000) chama a atenção para o esforço que se deve fazer hoje para dar acesso ao conhecimento científico dentro de uma variedade de interesses culturais e possibilidades individuais. Esses aspectos vêm sendo problematizados em pesquisas na área de Educação em Ciências que tomam como referência perspectivas socioculturais, em vez da psicologia cognitiva. As abordagens socioculturais reconhecem que o pensamento é um tipo de ação material e que é conduzido não só pelo cérebro humano, mas também por todo o corpo, fazendo uso constante de ferramentas materiais e artefatos, interpretando suas próprias ações e seus resultados por meio de sistemas de sinais socialmente aprendidos e culturalmente específicos, tais como linguagem, diagramas e símbolos matemáticos.

Assim, encontramos, na perspectiva sociocultural, um caminho promissor para a superação da predominância do caráter individual e cognitivista tanto no que se refere à aprendizagem do aluno quanto à formação inicial e continuada de professores. Essa abordagem concebe ciência e educação em ciências como atividades sociais humanas inseridas num sistema cultural e institucional, o que implica atribuir um peso teórico significativo ao papel da interação social (Vygotsky, 1994), vendo-a como necessária e não como meramente auxiliar ao processo de aprendizagem.

Essa visão considera que se tornar educado significa tornar-se capaz de compreender e participar ativamente dos discursos de disciplinas, considerando as origens social e cultural dos recursos e modelos lógicos, linguísticos e semióticos do estudante aprendidos socialmente (Vygotsky, 1994). Essa interação social não é idealizada como se mentes autônomas se encontrassem em um parlamento racional de iguais, mas como uma noção mais rica e complexa de aprendizagem na comunidade, frequentemente entre participantes desiguais, com um papel significativo atribuído a relações de poder e de diferença de idade, classe, gênero, língua e capital cultural. Superando uma fundamentação restrita a filósofos da ciência canônicos e psicólogos cognitivos, o referencial sociocultural, de forma precursora na pesquisa em Educação em Ciências/Ensino de Física, reivindica investigações que levem em conta marcadores de classe, de gênero e étnico-raciais, pois estes moldam todas as atividades sociais humanas, como a própria Física e o seu ensino. Nessa abordagem, portanto, o objeto de estudo estende-se além da sala de aula, os contextos de investigação são ampliados e novas possibilidades teóricas são requeridas.

Nesse sentido, o currículo escolar passa a ser um objeto de estudo de interesse, sendo investigado do ponto de vista das teorias curriculares. A perspectiva crítica de currículo tem responsabilizado as estruturas sociais e educacionais vigentes pelas desigualdades e injustiças (Silva, 2017). A partir do questionamento

do *status quo*, busca-se a transformação da sociedade, defendendo-se uma educação emancipatória. Diante da urgência da discussão das mudanças climáticas, por exemplo, essa abordagem permite pensar uma educação ambiental crítica que proporcione ferramentas para uma práxis do ser humano no mundo, de forma a construir alternativas de sociedade.

Entretanto, ainda que a perspectiva crítica de currículo tenha servido para explicar as dinâmicas das desigualdades educacionais, ela não tem dado conta do papel do gênero no processo de produção e reprodução da desigualdade (Silva, 2017). As relações de gênero têm sido estudadas, no âmbito dos estudos de currículo, a partir da perspectiva pós-estruturalista. De acordo com Lopes (2013, p. 17), essa perspectiva valoriza “a linguagem como central na mediação da compreensão do social, substituindo as estruturas pelo discurso e ampliando as discussões filosóficas da cultura”. A vertente pós-estruturalista articulada às teorias feministas sobre gênero vai permitir que a expressão de gênero seja ressignificada como uma prática citacional que ocorre por meio da reprodução de uma série de atos que reiteram continuamente normas regulatórias de gênero.

Pesquisas em Educação em Ciências/Ensino de Física que se voltam para objetos sociais e/ou culturais, como o meio ambiente ou gênero, podem suscitar questionamentos sobre a ausência ou insuficiência da Física nesses estudos. Para alguns, falar sobre questões de gênero, política, cultura, ambiente e sociedade não é tarefa da área de Ensino de Física, pois deveríamos nos preocupar apenas com o desenvolvimento de teorias e a eficiência no aprendizado de Física. No entanto, a Física é uma atividade social humana. Sua existência não pode ser dissociada da sociedade, visto que tanto sua origem quanto sua produção e seus objetivos são frutos de decisões políticas e não de questões epistêmicas. Sendo parte da sociedade, o ensino de Física e seus conteúdos não são transparentes à realidade; pelo contrário, refletem e refratam essa realidade,

na medida em que se encontram impregnados de valores e objetivos que não podem continuar apartados de questões socioculturais e políticas prementes, como as questões sobre gênero e o combate às mudanças climáticas.

Nesse sentido, este texto procura ir ao encontro do necessário engajamento do ensino de Física com questões de grande relevância para a sociedade atual, apresentando um estudo voltado para as relações entre ensino de Física e educação ambiental e outro direcionado para questões de gênero na Física. Embora apoiados em diferentes referenciais teóricos, as pesquisas relatadas convergem no que diz respeito à necessidade de ruptura, tanto nos estudos de gênero quanto em questões ambientais, com a sociedade capitalista, em geral machista, permeada por preconceitos de gênero. A partir desses estudos, devolvemos a pergunta ao leitor: “onde está a Física?” e propomos um debate sobre a necessidade de professores e pesquisadores em Física participarem da construção de um mundo menos desigual e preconceituoso.

UM ESTUDO SOBRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

QUADRO TEÓRICO

Entendemos que o mundo contemporâneo, além de fomentar a desigualdade e o sistema de opressão, caminha rumo ao colapso da vida no planeta Terra. Rejeitamos o discurso de que o planeta se encontra na era do Antropoceno¹, que coloca o ser humano como

¹ A palavra Antropoceno deriva do grego, da junção do *anthropo*, que significa homem, e *ceno*, que significa novo. Todas as escalas de tempo geológico da Era Cenozoica são terminadas em *ceno*.

o causador das mudanças na natureza e, portanto, da crise climática atual. A espécie humana existe há cerca de 200 mil anos e o início da era do Antropoceno coincide com o período da Revolução Industrial, que ocorreu no século XVIII. Dessa forma, entendemos que o causador das mudanças climáticas não é o ser humano, mas o modelo capitalista, que se sustenta através da exploração da natureza e do próprio ser humano. Sendo assim, faz-se necessário entender os mecanismos desse sistema político-econômico e buscar alternativas para forjarmos um outro modo de vida.

Para analisar as questões ambientais, nos baseamos na ecologia marxista (Foster, 2023), que não apenas busca as raízes ecológicas do pensamento de Marx (Saito, 2021) como, a partir dele, se propõe a construir projetos que rompam com o sistema de exploração atual (Löwy, 2014). Pensar a educação ambiental (EA) a partir desse quadro teórico é entender o meio ambiente em relação estreita com o sistema capitalista, o que implica a necessidade de inserir o debate político na EA. Assim, superamos a perspectiva que atribui os problemas ambientais ao ser humano e entende as soluções enquanto responsabilidade individual. Uma vez superada essa linha de pensamento, é possível:

- (1) questionar o incentivo consumista da sociedade capitalista; (2) apontar os principais responsáveis pela degradação ambiental; (3) mostrar que o aumento no nível de consciência da crise ambiental proporcionalmente não a diminuiu; (4) lembrar que, embora democratizada a responsabilidade, a experimentação das mazelas advindas da destruição da natureza não é tão igualitária, pois os pobres a sentem mais; (5) mostrar até que a destruição da natureza não ameaça o "sistema do capital" (Bomfim; Piccolo, 2013, p. 192).

Entendemos que a perspectiva crítica nos proporciona ferramentas para a reflexão e para ações do ser humano no mundo, de forma a construir um projeto de libertação do sistema opressor,

que oprime tanto os seres humanos como a natureza. Rejeitamos o pensamento de que o sistema capitalista é a opção única e final² para nossa sociedade. No entanto, como nos lembra Freire (2014, p. 114),

a desumanização que resulta da “ordem” injusta não deveria ser uma razão de perda da esperança, mas ao contrário, uma razão de desejar ainda mais, e de procurar sem descanso, restaurar a humanidade esmagada pela injustiça.

Nosso argumento é que, em tempos de crises ambientais consecutivas e em intervalos de tempo cada vez mais curtos, trabalhar com uma perspectiva crítica na EA permite resgatar a esperança necessária para lutar pela libertação do ser humano e construir diversas possibilidades que permitam a existência de uma vida digna na Terra.

Considerando a urgência do debate ambiental, foi realizado um estudo com estudantes da Licenciatura em Física da UFRGS (Dornelles, 2023) que se propôs a responder a duas questões: como a incorporação da Educação Ambiental Crítica (EAC) contribui para a formação crítica e politicamente engajada de educadores e educandos? Que posicionamentos os licenciandos assumem diante de tal proposta? Os resultados indicaram que os licenciandos tiveram uma recepção positiva à EAC e demonstraram interesse em incorporar essa perspectiva a suas práticas docentes. Os estudantes também questionaram o currículo da Licenciatura e defenderam a incorporação da EAC em toda a sua estrutura e não apenas em discussões pontuais em uma única disciplina. Esses resultados nos serviram de estímulo para continuar a pesquisa sobre esse tema, buscando aproximar ainda mais as discussões sobre a EAC da formação docente e discente em Física.

2 Nos anos 90, Francis Fukuyama escreveu o livro *Fim da História e o Último Homem*, que defendia a ideia de que o liberalismo era o último estágio da evolução ideológica do ser humano. Esse discurso foi aderido tanto pela direita como por parte da esquerda, que não acreditava mais na possibilidade de derrotar o capitalismo.

ONDE ESTÁ A FÍSICA NO DEBATE AMBIENTAL?

Nos últimos cinco anos, o Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS precisou paralisar duas vezes suas aulas e pesquisas de forma repentina. Ambos os eventos foram decorrentes das mudanças climáticas. A primeira vez foi por razão da pandemia da COVID-19, na qual os estudantes ficaram meses com as atividades suspensas e, em seguida, quatro semestres consecutivos de trabalhos sendo realizados de forma remota — período no qual alguns tiveram boa parte de sua formação, se não toda, de forma remota. O segundo momento foi nas enchentes no Rio Grande do Sul em 2024. Neste segundo evento, não era possível recorrer a uma atividade remota. Durante a pandemia da COVID-19, era necessário ficar em casa para se ter segurança. Durante a enchente de 2024, todo dia era publicado um alerta novo sobre locais que deveriam ser evacuados, sendo uma tarefa árdua encontrar um local seguro e com condições dignas para se estar. Dessa forma, era impossível cogitar um retorno presencial ou remoto.

A COVID-19 fez praticamente 42 mil óbitos no Rio Grande do Sul³. As enchentes danificaram 421 escolas⁴. Não é possível pensar em quais metodologias e conteúdos devemos ensinar aos estudantes se não existirem uma sala de aula e alunos para ensinar. É preciso criar condições materiais para que possamos debater sobre o que e como ensinar, e essas condições são a existência do ambiente escolar e a vida humana, pois “os homens fazem sua própria história, mas não de modo arbitrário, em circunstâncias escolhidas por eles mesmos, e sim naquelas que encontram imediatamente diante de si, dadas e transmitidas pelos antepassados” (Marx, 2017, p. 7). Diante disso, colocamos a necessidade de o debate ambiental ser de interesse do ensino de Física, pois não é possível ensinar em terra arrasada.

3 RIO GRANDE DO SUL. Secretária da Saúde. **Painel Coronavírus RS**. 2024. Disponível em: <https://ti.saude.rs.gov.br/covid19>. Acesso em: 15 jul. 2024.

4 RIO Grande do Sul tem cerca de 400 escolas destruídas e alagadas. **Isto É**, 8 maio 2024. Disponível em: <https://istoe.com.br/rio-grande-do-sul-tem-cerca-de-400-escolas-destruidas-e-alagadas>. Acesso em: 15 jul. 2024.

A partir disso, é necessário entender que as crises ambientais — que são cada vez mais frequentes — não são tragédias⁵, mas eventos causados pelo sistema capitalista. As análises marxistas com a ecologia ganham um primeiro destaque nos anos 70, com trabalhos de autores como Michael Löwy (2014), em uma proposta de juntar o “verde” com o “vermelho”. Nos anos 2000, temos os estudos de John Bellamy Foster (2023), apresentando uma análise que mostrava a existência de “verde” no “vermelho”, principalmente nos entendimentos de ruptura metabólica. Em 2017, o filósofo marxista japonês Kohei Saito, partindo das obras publicadas, manuscritos e notas de Marx, percebe um pensamento ecológico forte na teoria marxista ao analisar as relações metabólicas da humanidade com a natureza.

Dessa forma, o conceito de interação metabólica entre humanos e natureza é o elo vital para a compreensão, por Marx, da exploração ecológica do capitalismo. No entanto, o conceito foi, muitas vezes, ou totalmente negligenciado ou subordinado à análise das relações especificamente capitalistas e, mesmo quando discutido, seu significado não foi corretamente compreendido (Saito, 2021, p. 87).

Hoje, diante do pensamento da ecologia marxista, percebemos que insistir no sistema capitalista como sendo a única possibilidade é assinar nossa sentença de morte. Rechaçamos o *slogan* “TINA”⁶ do pensamento liberal. Para combater isso, é necessária uma conscientização dos sujeitos e a construção de ações para sua emancipação. Dessa forma, uma pedagogia crítica encontra possibilidade dentro das propostas de Paulo Freire.

5 Entendemos tragédia como algo inevitável. Eventos que podem ser evitados pelo poder público não deveriam ser chamados de tragédia ambiental, mas de crime de responsabilidade ambiental.

6 “There Is No Alternative”. Slogan político atribuído a Margaret Thatcher. É utilizado como forma de desencorajar a possibilidade de um outro mundo, como se apenas o capitalismo fosse possível como sistema político econômico.

O que nos parece indiscutível é que, se pretendemos a libertação dos homens, não podemos começar por aliená-los ou mantê-los alienados. A libertação autêntica, que é a humanização em processo, não é uma coisa que se deposita nos homens. Não é uma palavra a mais oca, mistificante. É práxis, que implica a ação e a reflexão dos homens sobre o mundo para transformá-lo (Freire, 2014, p. 93).

Nessa esteira, se encontra a Educação Ambiental Crítica, que tem como um de seus objetivos denunciar as propostas apresentadas pelo sistema capitalista como solução para os problemas ambientais. Essas falsas soluções colocam a responsabilidade ambiental no indivíduo e a saída na compra de produtos, por exemplo, créditos de carbono para “neutralizar” suas ações poluentes (Moreno; Speich; Fuhr, 2016). A sustentabilidade prometida pelo sistema atual se reduz a produtos de compra e venda que, na prática, apenas se transformam em mais uma forma de lucro para as grandes corporações. A salvação do mundo não pode ser um produto pago via boleto ou cartão de crédito (ou Pix).

Nesse sentido, os temas que a EAC pode abordar são inúmeros, como aponta Alexandre Maia do Bomfim. Seja no espaço formal ou não formal, a EAC precisa desconfiar dos temas que lhe atribuem e tomar para si os temas da sociedade que não querem problematizar, como: consumo e consumismo, utilização de energia, agronegócio, monopólios dos recursos naturais, latifúndio, monocultura, reforma agrária, moradia, reforma urbana, saneamento básico, justiça social, produtivismo, desenvolvimentismo, desigualdade social, mercado verde, publicidade verde, conteúdo midiático verde, políticas ambientais, legislação ambiental, economia e meio ambiente, etc. Uma Educação só se faz crítica se for à direção da sociedade (Bomfim, 2011).

São diversos os temas que a EAC se propõe a levar para a sala de aula, mas que muitas vezes acabam ficando restritos às aulas de Biologia e Geografia. Em uma revisão da literatura (Dornelles, 2023) em revistas nacionais de Ensino de Ciências e Ensino

de Física qualificadas como A1, A2 e B1, segundo a área de ensino da CAPES, foram localizados 69 artigos utilizando-se as palavras-chave “Ensino de Física” e “Educação Ambiental”. Desses, apenas 6 trabalhavam com a temática ambiental relacionada ao ensino de Física. Foi possível observar que, entre o primeiro artigo, de 2012, e o último encontrado na revisão, publicado em 2021, não existia uma constância nas publicações ou uma produção que aumentava ao longo do tempo. Pode-se concluir que a temática ambiental não é um dos focos do ensino de Física.

Sendo assim, retomamos a questão “onde está a Física?” com a resposta de que, infelizmente, não está se fazendo presente na educação ambiental. Não advogamos pela educação ambiental no ensino de Física, mas o ensino de Física na educação ambiental. É necessário que nossas pesquisas se somem às inúmeras iniciativas desenvolvidas pelas outras áreas do conhecimento. É preciso pensar o ensino de Física integrado ao debate ambiental para que, de forma revolucionária, possamos pensar também em como e o que ensinar dos tópicos da Física, em vez de criarmos soluções emergenciais para o ensino enquanto contamos mortos e escolas destruídas.

UM ESTUDO SOBRE GÊNERO

QUADRO TEÓRICO

Para pensar as questões de gênero, buscamos suporte na perspectiva pós-estruturalista. Antes de discutir o pós-estruturalismo, é pertinente explicar brevemente o movimento estruturalista. Essa linha teórica, derivada dos trabalhos do linguista suíço Ferdinand de Saussure, buscou identificar e compreender as regras que estruturam as linguagens. Segundo Saussure, os sinais não possuem características naturais que os associem com os objetos do mundo

real que representam na linguagem; essa relação é arbitrária. Portanto, para alcançar o objetivo de mapear as finitas estruturas que governam uma determinada linguagem, é necessário contrastar diferentes casos e categorias sintáticas e gramaticais. Nesse contexto, um conjunto limitado de regras gramaticais determina as combinações e permutações válidas para aplicação nos casos concretos de um dado sistema linguístico (Silva, 2017).

O estruturalismo não se restringiu à Linguística, alastrando-se para outros campos a partir das décadas de 1950 e 1960. Na Antropologia, o francês Claude Levi-Strauss empenhou-se no exame das diversas estruturas que determinam as interações e comportamentos humanos, investigando a organização das relações de parentesco e os esquemas básicos encontrados em todas as mitologias, independentemente da cultura. Outro importante teórico francês da linha, Jacques Lacan, aplicou o estruturalismo na Psicanálise, investigando as regras que regem o inconsciente dos sujeitos. No campo da Psicologia da Educação, o suíço Jean Piaget dedicou-se ao mapeamento das estruturas elementares da cognição, em uma abordagem que ele definiu como construtivista.

O movimento pós-estruturalista mantém a ênfase na linguagem, mas abandona a rigidez e a universalidade das análises estruturalistas, abraçando a indeterminação e a fluidez. Os pós-estruturalistas concordam que os significantes adquirem valor apenas pela diferenciação que estabelecem com relação aos outros significantes. Contudo, o pensador francês Jacques Derrida vai além, afirmando que o processo de significação é sempre adiado. Um exemplo paradigmático é o dicionário, que lista palavras — significantes — e as associa ao seu significado — a definição da palavra. Entretanto, essa definição é formada por outras palavras/significantes e, por sua vez, essas outras palavras também são definidas por outros significantes, e assim por diante. Desse modo, o processo de significação nunca tem fim, sendo continuamente adiado; a busca pelo significado de uma palavra leva à necessidade de definir uma série de outros significantes em um ciclo eterno de significação (Silva, 2017).

Em sua coletânea de quatro volumes sobre a história da sexualidade, Michel Foucault realiza uma genealogia dos corpos e da sexualidade, analisando discursos e jogos de poder nas sociedades europeias após as revoluções burguesas. Sua abordagem genealógica pós-estruturalista conceitua o poder como relacional, fluido e capilar, contrastando com a visão tradicional, que o entendia como um sistema de dominação centralizado, controlado por um grupo específico. Nessa perspectiva, o poder é indissociável do saber, de modo “que não há relação de poder sem constituição correlata de um campo de saber, nem saber que não suponha e não constitua ao mesmo tempo relações de poder” (Foucault, 1999, p. 27).

Foucault (2023) argumenta que a história da sexualidade está intimamente ligada à criação e ao exercício de estruturas de poder, as quais são sustentadas pela formulação de verdades sobre o sexo. Ele destaca que a ideia de um sexo biológico, que supostamente fundamenta a sexualidade, é uma construção histórica normativa, utilizada como um instrumento estratégico para a regulação dos corpos pelos Estados-nação. O autor traça a genealogia da sexualidade como uma identidade, destacando sua emergência entre os séculos XVII e XVIII, concomitantemente à formação dos Estados-nação burgueses. Nesse contexto, a sexualidade funciona como um dispositivo de governo das populações, cuja função é garantir a reprodução da força de trabalho nas economias em processo de industrialização.

As obras de Michel Foucault tiveram um impacto profundo nos estudos de gênero e sexualidade, mas o filósofo também enfrentou duras críticas provenientes dos movimentos feministas. Essas críticas concentraram-se na falta de atenção do autor às desigualdades de gênero em suas análises da sexualidade, desconsiderando a extensa literatura feminista que, havia mais de uma década, interpretava a sexualidade como generificada, manifestando-se em uma forma feminina e outra masculina (Lauretis, 2019). Paralelamente, no final da década de 1970, emergiu o “feminismo cultural”, um ramo do movimento feminista que buscava redefinir e valorizar atributos

culturalmente associados à feminilidade. Entretanto, ao fazê-lo, a vertente feminista essencializou a categoria “mulher”, promovendo a ideia de uma natureza e energia feminina intrínsecas, disseminando o mito de uma pré-história matriarcal, entre outras posições que se aproximavam do determinismo biológico⁷ e que universalizavam a experiência de mulheres brancas de classe média.

Diante das limitações tanto do pensamento de Foucault quanto do feminismo, em 1990, a pessoa filósofa⁸ estadunidense Judith Butler desenvolveu análises que integraram o pós-estruturalismo às teorias feministas sobre gênero. Essa síntese resultou no que hoje conhecemos como “teoria *queer*”. Butler (2017) interpreta o gênero como performativo; uma prática citacional que ocorre por meio da reprodução de uma série de atos que reiteram continuamente normas regulatórias de gênero altamente rígidas, as quais exigem que nos tornemos homens ou mulheres. No entanto, nunca nos tornamos plenamente um gênero ou outro; esse processo é sempre adiado, pois estamos constantemente fazendo, desfazendo e refazendo o gênero. Além disso, Butler concebe o poder sob uma ótica pós-estruturalista, reconhecendo que as normas regulatórias nunca são repetidas perfeitamente — de tal forma que sempre há margem para negociações com o poder, ecoando a ideia foucaultiana de que “onde há poder, há resistência” (Foucault, 2023, p. 104).

Na teoria butleriana, o ordenamento de gênero não é estático e está sujeito a mudanças devido à possibilidade de repetições disruptivas das normas regulatórias. Contudo, indivíduos que não reproduzem adequadamente determinadas normas de gênero estão sujeitos a processos de abjeção, que os desumanizam, tornam suas

7 Ideia de que as diferenças sociais, psicológicas e comportamentais entre homens e mulheres são consequências diretas da natureza sexuada dos corpos.

8 Desde 2021, Judith Butler se identifica publicamente como uma pessoa não binária e expressa preferência pelo uso de pronomes neutros para referir-se a sua pessoa. Disponível em: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2021/sep/07/judith-butler-interview-gender>. Acesso em: 15 jul. 2024.

vidas precárias e menos dignas de luto. Com isso, embora não sejamos radicalmente livres para expressar gênero de maneira subversiva, a performatividade envolve uma duplicidade. Por um lado, somos coagidos a reproduzir as normas de gênero; por outro, existe um certo grau de liberdade que nos permite agir ativamente contra essas normas.

ONDE ESTÁ A FÍSICA NO DEBATE DE GÊNERO?

Ao discutir ciência e educação, é fundamental reconhecer que ambos os campos são permeados por dinâmicas e dispositivos generificados. Esse atravessamento não é unilateral; pelo contrário: ciência e educação também moldam e influenciam as relações de gênero. Dentro de uma linha pós-estruturalista, podemos identificar um processo contínuo de construção mútua entre gênero, ciência e educação, no qual cada elemento é constantemente (re)feito a partir de suas interações.

Historicamente, o empreendimento científico foi predominantemente masculino, branco, heterossexual e cisgênero. O projeto iluminista da ciência elevou o homem branco heterossexual cisgênero à posição de sujeito universal, o único presumido como capaz de exercer a racionalidade científica e de atingir os critérios de neutralidade e objetividade (Harding, 1993). Entretanto, o feminismo provocou transformações na ciência, tanto em termos da distribuição demográfica dos cientistas — ainda que o grau dessas mudanças varie consideravelmente entre diferentes áreas do conhecimento — quanto no conteúdo das pesquisas. Um exemplo de como a ciência buscou fabricar e reforçar relações de gênero pode ser encontrado na Craniologia dos séculos XIX e XX. Baseado em pressupostos racistas e sexistas, esse campo tentou demonstrar que o cérebro das mulheres era pequeno o suficiente para torná-las biologicamente incapazes de exercer a racionalidade científica — uma tentativa pouco sutil de justificar cientificamente a segregação social (Schiebinger, 1987).

Quando voltamos nosso olhar para a escola, a influência das relações de gênero torna-se ainda mais evidente. Assim como outros espaços sociais, a instituição escolar está imersa em jogos de poder e é atravessada por hierarquias de gênero, raça, classe e sexualidade. Essa dinâmica tem implicações significativas na educação, como aponta Guacira Lopes Louro (2014, p. 89-90) dentro de uma visão pós-estruturalista:

[A] escola não apenas transmite conhecimentos, nem mesmo apenas os produz, [mas ela] também fabrica sujeitos, produz identidades étnicas, de gênero, de classe; se reconhecemos que essas identidades estão sendo produzidas através de relações de desigualdade; se admitimos que a escola está intrinsecamente comprometida com a manutenção de uma sociedade dividida e que faz isso cotidianamente, com nossa participação ou omissão; se acreditamos que a prática escolar é historicamente contingente e que é uma prática política, isto é, que se transforma e pode ser subvertida; e, por fim, se não nos sentimos conformes com essas divisões sociais, então, certamente, encontramos justificativas não apenas para observar, mas, especialmente, para tentar interferir na continuidade dessas desigualdades.

No que diz respeito à forma como as questões de gênero são abordadas na Física e no ensino de Física, Vidor *et al.* (2020) realizaram uma revisão sistemática da literatura entre 2010 e 2019. As autoras analisaram os trabalhos publicados em 60 periódicos nacionais e 42 internacionais sobre educação em ciências, ensino de Física, comunicação e divulgação científica, estudos de gênero, estudos feministas ou história, filosofia e sociologia das ciências com classificação A1, A2, B1, B2, B3, B4 ou B5 na avaliação Qualis (2013-2016) da CAPES. Ao todo, foram identificados 25 artigos brasileiros e 105 internacionais. Mais de três quartos dos estudos (76,9%) abordam a falta de representatividade feminina na Física e o baixo número de mulheres que seguem carreira nessa área, investigando maneiras de atrair e reter mais mulheres na profissão. Esses trabalhos foram

subdivididos em quatro categorias: os que buscaram dar visibilidade às contribuições históricas de cientistas mulheres (9,2%); os que examinaram a trajetória profissional de mulheres na Física (21,5%); aqueles que realizaram análises quantitativas sobre a proporção de mulheres cientistas na área (4,6%); e os que documentaram e procuraram atuar nas diferenças de desempenho entre meninas e meninos em testes padronizados de Física, conhecido como *"gender gap"* (41,5%).

A luta do movimento feminista hegemônico por mais representatividade das mulheres na ciência apresenta várias limitações. Em primeiro lugar, o foco exclusivo na categoria "mulher" é problemático, pois se trata de uma categoria extremamente ampla, abrangendo cerca de 50% da população. Assim, surge o questionamento: quais mulheres realmente se beneficiam dessas reivindicações por maior participação na ciência? A tendência é que tais demandas beneficiem apenas uma parcela restrita das mulheres: aquelas que são brancas, heterossexuais, cisgêneras e de classe média. Além disso, esse debate frequentemente naturaliza e essencializa o sujeito mulher, ignorando que o gênero é construído performativamente em um processo contínuo e sem fim. Em terceiro lugar, essa visão tende a romantizar a opressão enfrentada por indivíduos de grupos subalternizados, desconsiderando que há sujeitos que atuam na reprodução das normas que os subjugam (Favero, 2020).

Portanto, os debates sobre gênero na Física não podem se limitar à questão da baixa representatividade das mulheres no campo, pois há o risco de favorecer apenas um pequeno grupo de indivíduos privilegiados. É fundamental direcionar esforços para promover uma atuação política progressista que combata efetivamente as desigualdades e opressões de gênero. De acordo com a teorização de Butler, a resistência política se dá através de alianças entre sujeitos precarizados, e não por atos subversivos isolados. É por meio da união de corpos em performances públicas organizadas politicamente que se pode expandir as normas, permitindo que

outras subjetividades habitem esferas que antes lhes eram inacessíveis (Butler, 2018). Nesse contexto, a luta política não se resume ao *slogan* “mais mulheres na ciência”, mas envolve o constante (re) fazer e desfazer tanto do gênero quanto da própria ciência, a partir de uma coalizão daqueles que, historicamente, foram considerados incapazes de exercer a racionalidade científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos que é necessária a aproximação entre a Física e os debates contemporâneos, pois eles são de interesse social. A Física não é um conhecimento neutro que se constrói de forma autônoma. A Física é constituída e dependente de profissionais, que, antes de mais nada, são pessoas que vivem em sociedade. Se a sociedade colapsar, a Física irá colapsar. Por outro lado, a luta pelo ambiente e por uma sociedade mais inclusiva precisa da Física. Por isso, devemos nos organizar e nos perguntar onde está a Física. Se a resposta for “longe dos debates contemporâneos”, é nosso dever levá-la para junto da luta pela construção de um mundo melhor.

Debates cruciais sobre questões sociais e políticas, como trouxemos aqui, não podem ser cooptados por perspectivas neoliberais, que tendem a individualizar opressões sistêmicas, esvaziando a luta dos movimentos sociais. Gênero, raça, classe e sexualidade são elementos constitutivos das relações sociais e, como tal, estruturam tanto as interações nas salas de aula da Educação Básica quanto na universidade ou nos laboratórios de pesquisa. Assim, é imperativo reconhecer, investigar e enfrentar opressões em suas diferentes formas, aproximando a Física da construção de uma sociedade mais justa e inclusiva.

AGRADECIMENTOS

Fernanda Ostermann e Flavia Rezende agradecem ao CNPq pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa. Desirée Dornelles e Amanda Bueno agradecem ao apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para o desenvolvimento destas pesquisas (Código de Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

BOMFIM, A. M. Educação Ambiental para além do capital: balanço de estudos e alguns apontamentos à EA sob a perspectiva do trabalho. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2011.

BOMFIM, A.; PICCOLO, F. Educação Ambiental Crítica: a questão ambiental entre os conceitos de cultura e trabalho. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental (Remea)**, v. 27, p. 184-195, 2013. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3236>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BUTLER, J. **Corpos em aliança e a política das ruas**: notas para uma teoria performativa de assembleia. 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2018.

BUTLER, J. **Problemas de gênero**: feminismo e subversão da identidade. 15. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2017.

DORNELLES, D. **Educação ambiental crítica na formação de professores de Física**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

FAVERO, S. Por uma ética pajubariana: a potência epistemológica das travestis intelectuais. **Equatorial**: Revista do Programa de Pós-graduação em Antropologia Social, v. 7, n. 12, p. 1-22, 2020.

FOSTER, J. B. **A ecologia de Marx**: materialismo e natureza. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2023.

FOUCAULT, M. **História da sexualidade I**: a vontade de saber. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2023. v. 1.

FOUCAULT, M. **Vigiar e punir**: nascimento da prisão. 20. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 56. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

HARDING, S. A instabilidade das categorias analíticas na teoria feminista. **Estudos feministas**, v. 1, n. 1, p. 7-32, 1993. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43904445>. Acesso em: 15 jul. 2024.

LAURETIS, T. A tecnologia de gênero. In: HOLLANDA, H. B. (org.). **Pensamento feminista**: conceitos fundamentais. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2019. p. 121-155.

LEMKE, J. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.

LEMKE, J. L. Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 296-316, 2000.

LOPES, A. C. Teorias pós-críticas, política e currículo. **Educação, Sociedade e Culturas**, n. 39, p. 7-23, 2013.

LOURO, G. **Gênero, Sexualidade e Educação**: uma perspectiva pós-estruturalista. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

LÖWY, M. **O que é o ecossocialismo**. São Paulo: Cortez, 2014.

MARX, K. **O 18 de brumário de Luís Bonaparte**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2017.

MORENO, C.; SPEICH, D.; FUHR, L. **A Métrica do Carbono**: abstrações globais e epistemicídio ecológico. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2016.

SAITO, K. **O ecossocialismo de Karl Marx**. São Paulo: Boitempo, 2021.

SCHIEBINGER, L. The history and philosophy of women in science: a review essay. **Signs: Journal of Women in Culture and Society**, v. 12, n. 2, p. 305-332, 1987.

SILVA, T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

VIDOR, C. B.; DANIELSSON, A.; REZENDE, F.; OSTERMANN, F. Quais são as representações de problemas e os pressupostos sobre gênero subjacentes à pesquisa em gênero na Física e no ensino de Física? Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 1133-1168, 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

2

Nathan Willig Lima

Matheus Henrique Thomas Becker

Leonardo Albuquerque Heidemann

**MAS VOCÊS AINDA QUEREM
ENSINAR FÍSICA? PORQUE
APRENDER CONCEITOS CIENTÍFICOS
AINDA É IMPORTANTE
NO MUNDO PÓS-PANDÊMICO**

INTRODUÇÃO

A constatação de que as pessoas, mesmo passando por um ensino formal, dificilmente mobilizam conceitos e teorias científicas fora do contexto educacional, limitando a razão de ser desses conhecimentos à resolução de exercícios que só fazem sentido dentro das salas de aula ou em concursos, está no âmago de muitas das críticas historicamente dirigidas ao modelo tradicional de educação. Apesar das frequentes reformas pelas quais o sistema educacional tem passado nas últimas décadas, poucas mudanças significativas podem ser identificadas nesse cenário, e os conhecimentos científicos tratados nas escolas continuam sendo frequentemente assumidos pelos estudantes como abstrações cujo sentido é limitado ao que acontece entre as paredes da escola ou da universidade, com pouca relação com qualquer contexto externo a esses ambientes. Nos últimos anos, porém, a área de Educação (bem como a área de Educação em Ciências) consolidou uma ampla gama de críticas ao ensino tecnicista que vai além da desconexão entre as instituições de ensino e as necessidades e interesses dos estudantes.

Denuncia-se que, abdicando de discussões sobre as relações de poder estabelecidas na sociedade, o ensino tecnicista favorece a reprodução de desigualdades sociais. Defende-se, então, um currículo alinhado com ideais progressistas e democráticos, crítico em relação ao poder centralizado, de modo a promover a consciência das relações de poder étnicas, raciais e de gênero. Trata-se de uma educação inclusiva, reflexiva e orientada para a justiça social. Nesse contexto, os objetivos do ensino de ciências se expandem, contemplando não apenas a aprendizagem dos conceitos científicos, mas também conhecimentos sobre ciências, para fazer ciência e para refletir sobre questões sociocientíficas (Hodson, 2014).

Dentro desse movimento de ampliação dos temas de pesquisa (bem como das cosmovisões e quadros teórico-metodológicos subjacentes), o ensino focado na aprendizagem de conceitos passa a ser criticado por setores do campo de pesquisa em Educação em Ciências. Chamado pejorativamente de “conteudista”, é tomado como ingênuo e acrítico. Dessa forma, passa a circular uma compreensão de que toda preocupação com ensino e aprendizagem de conceitos é necessariamente uma preocupação do currículo e da escola tradicional e, portanto, é positivista, tecnicista, alienada e excludente. Para essas vertentes específicas do campo de pesquisa em Educação em Ciências, os objetivos relacionados com a aprendizagem sobre relações de poder e as desigualdades sociais parecem ser suficientes para o ensino de ciências.

Nosso objetivo, no presente capítulo, é discutir como a pesquisa em ensino e aprendizagem de conceitos pode não somente se afastar das perspectivas tradicionais de educação como, na verdade, ser fundamental para as perspectivas críticas e pós-críticas de educação. Argumentamos que ensinar e aprender conceitos pode ser um caminho profícuo para a promoção da justiça social e para a construção coletiva de soluções para o mundo contemporâneo.

Defendemos que a aprendizagem conceitual, entendida como o domínio dos significados, das situações e das representações simbólicas compartilhadas pela comunidade científica, assim como das proposições que relacionam os conceitos em uma ampla rede de modelos e teorias, é essencial para o ensino de Ciências, independentemente da vertente educacional assumida. A compreensão profunda desses conceitos é crucial para a participação crítica e informada nas discussões científicas que impactam a sociedade. Evidentemente, não se trata aqui de defender um ensino desprovido de significado, que limite o processo de ensino-aprendizagem à memorização de definições e ao uso mecânico de equações na resolução de exercícios. Em vez disso, buscamos esclarecer o papel central da aprendizagem de conceitos científicos dentro de diferentes perspectivas curriculares, desde o currículo tradicional até abordagens focadas em uma educação inclusiva e reflexiva.

Nossa argumentação está estruturada em diálogo com as ideias apresentadas por Thomaz Tadeu da Silva (1999), assumindo o currículo como um campo de disputa, em que se articulam questões de poder, cultura, identidade e conhecimento. O autor destaca que o currículo tradicional é tomado como um conjunto fixo de conhecimentos universais e neutros que devem ser difundidos de maneira linear e objetiva. A perspectiva crítica, defendendo um ensino empoderador, questiona essa neutralidade, denunciando que o currículo tradicional perpetua relações de poder e desigualdades sociais. Indo além, a perspectiva pós-crítica foca na produção de significados, identidades e subjetividades, abordando questões étnicas, raciais e de gênero. Considerando essas três perspectivas curriculares, apresentamos, nas próximas seções, nossas reflexões sobre a aprendizagem conceitual separadas conforme as perspectivas tradicional, crítica e pós-crítica.

O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM PERSPECTIVAS TRADICIONAIS DO CURRÍCULO

As primeiras noções de currículo emergem do esforço de estabelecer o campo da Educação como objeto de pesquisa científica, em consonância com uma reformulação do sistema de ensino em países onde o modelo capitalista havia se consolidado. Como explicado por Silva (1999), as propostas curriculares da primeira metade do século XX adotavam vieses tecnicistas, por um lado, e progressistas, por outro. No primeiro caso, a escola era encarada como uma espécie de indústria, com metas e objetivos bem determinados, alinhados à formação e inserção de indivíduos no mercado de trabalho capitalista. Já pela perspectiva progressista, por mais que se respeitasse a lógica tecnicista, também se propunha como essencial a formação de cidadãos aptos a exercer a democracia.

Ambas as noções, mas em especial a tecnicista (Silva, 1999), reforçam o currículo como mecanismo de unificação do sistema de ensino. Essa unicidade evolui rapidamente no contexto da Guerra Fria, quando os norte-americanos dirigem esforços massivos à elaboração de um currículo para a formação de cientistas. Nesse cenário, o ensino de ciências se consolida como objeto de pesquisa (Nardi, 2014). Mais que isso, a estratificação do ensino em disciplinas culmina na centralização dos conceitos científicos como conteúdo curricular. Em outras palavras, os conteúdos científicos são o núcleo de um programa de ensino associado a um objetivo de formar futuros cientistas.

Este formato ficou conhecido como *currículo tradicional*. A título de exemplo, têm-se os projetos curriculares de Física, Química e Biologia do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Resultados de forte investimento monetário, os materiais didáticos desses projetos estavam alinhados a um enfoque no ensino de conceitos para a resolução de problemas e para a experimentação. O livro didático *Physics*, do Physical Science Study Committee (PSSC, 1967), expressa uma organização do currículo de Física em grandes temas de conhecimento (o Universo, Óptica e Ondulatória, Mecânica, Eletricidade e estrutura atômica), subdivididos em tópicos essencialmente conceituais. A seção sobre Mecânica, por exemplo, contempla sete capítulos, nomeados “Leis do Movimento de Newton”, “Movimento na superfície da Terra”, “Gravitação Universal e Sistema Solar”, “*Momentum* e conservação de *Momentum*”, “Trabalho e energia cinética”, “Energia potencial” e “Calor, movimento molecular e conservação de energia”. A descrição de cada capítulo contempla, essencialmente, os conceitos científicos a serem apreendidos.

Com a ampla difusão desse modelo curricular, tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior, um processo de colonização do currículo de ciências consolidou o ideal da escola americana profissionalizante (Ostermann; Rezende, 2020). No Brasil, o programa educacional seguiu essa lógica de formação, tanto no período

da ditadura militar quanto no atual período democrático. Com o ensino de conceitos científicos no âmago, os currículos foram organizados não só por disciplinas, mas também em sequências progressivas e propedêuticas. Essa estrutura perdura até os dias de hoje, inclusive com a ascensão do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Pode-se constatar que, ao longo do tempo, esses materiais didáticos variaram seus sumários apenas no nível do conteúdo específico, mas mantiveram a lógica geral de grandes áreas subdivididas em tópicos. A título de comparação, um livro da década de 1980, *Física Clássica* (Calçada; Sampaio, 1985), segue essencialmente a mesma estrutura de conteúdos de outro livro, da década de 2000: *Física: Ensino Médio* (Máximo; Alvarenga, 2006).

A incipiente pesquisa em Ensino de Ciências inicialmente contribuiu para a manutenção desse formato de centralização dos conteúdos. Perspectivas teóricas de aprendizagem, como o construtivismo, e linhas de pesquisa, como as concepções alternativas, estavam subjacentes ao problema da otimização da aprendizagem de conceitos técnicos pelos estudantes. O tópico das concepções alternativas, em particular, dedicava-se à identificação de concepções alternativas de conceitos científicos (Harres, 1993; Gravina; Buchweitz, 1994; Peduzzi, 1996). Concepções alternativas sobre temas epistêmicos emergiram tardiamente, no final dos anos 1990, quando essa linha de pesquisa já estava em menor produção (Valadares, 1995; Harres, 1999).

Diversos autores argumentam que o currículo tradicional foi posto em xeque na década de 1990 (Gesser, 2002) e que a lógica de centralização dos conceitos científicos foi extensivamente ressignificada. Entretanto, como discutido por Lopes (2002), documentos com *status* de orientação oficial, apesar de aspirarem à mudança em pautas de pesquisa “inovadoras”, mantiveram veladas intenções profissionalizantes e tecnicistas do currículo tradicional. A autora cita o caso dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999), que se apoiam na *contextualização* para reforçar o ensino de conceitos

científicos. Esse tema de pesquisa, alinhado a perspectivas construtivistas, emerge de críticas ao fato de o currículo tradicional ser descontextualizado e despersonalizado. Pelo lado positivo, ele evoca a mobilização do saber prévio dos estudantes, bem como a consideração do cotidiano na sala de aula. Por outro, ele é desvirtuado ao se restringir ao espaço da resolução de problemas (Lopes, 2002), objetivo característico do currículo tecnicista tradicional.

O mais recente documento normativo da educação brasileira, a Base Nacional Comum Curricular, de 2018, também se submete a uma lógica de profissionalização por meio da aplicação do conhecimento. Ele está centrado na noção de competência, que, por sua vez, apesar de alterar a lógica de estratificação das disciplinas⁹, segue pressupostos neoliberais. Ademais, a organização em torno de itinerários voltados para o mundo do trabalho, bem como uma base comum atrelada ao ensino de conhecimentos científicos, ressalta o ensino desses conceitos como elemento indispensável. É destacado no documento que:

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos (Brasil, 2018, p. 548).

9 Na BNCC, as Ciências da Natureza não são separadas explicitamente nas disciplinas de Física, Química e Biologia. Ela engloba essas disciplinas de modo a se sujeitar às competências específicas estabelecidas. Nesse sentido, o conteúdo de uma disciplina é mobilizado conforme sua pertinência perante uma competência. Entretanto, essa incorporação é destituída quando conveniente. Por exemplo, a competência EM13CNT304 enuncia o objetivo de “analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros)” (Brasil, 2018, p. 559), que envolvem, essencialmente, tópicos de Biologia, o que retorna a uma lógica de separação das disciplinas para atingir esse objetivo.

Nesse sentido, é razoável considerar que os conceitos científicos são elementos essenciais do currículo tradicional. A estratificação das disciplinas, bem como a organização sequencial dessas em tópicos conceituais progressivos, garante um *status* de centralidade dos conceitos científicos nessa modalidade. Essa centralidade se justifica na proposta de formar cidadãos com um conhecimento básico comum que os insere no mercado de trabalho profissional, seja por um viés de titulação ou de competência.

Entretanto, como discutido, a centralidade dos conceitos científicos e, de modo geral, o currículo tradicional carregam diversas questões problemáticas, amplamente criticadas na literatura em Educação. Além da hierarquização do conhecimento, esse formato ignora diversas discussões, como as relações de poder sociais e econômicas e os aspectos entre ciência, cultura e sociedade, por exemplo. Com isso, o currículo confere ao sistema de ensino um *status* de acriticidade. A valorização dos conceitos científicos propulsiona estereótipos da ciência, como a existência de um “método científico” neutro e a linearidade das “descobertas científicas”. Essas visões positivistas e empirista-indutivistas não só engessam as discussões sobre ciência enquanto prática sociocultural como também reforçam a noção de escola como instituição de transmissão de um “conhecimento absoluto”, ocidental e eurocêntrico, superior a outras de formas conhecimento.

O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM PERSPECTIVAS CRÍTICAS DO CURRÍCULO

Enquanto a escola é imaginada como um espaço de efetivação da democracia nas perspectivas tradicionais do currículo, por meio da formação do suposto cidadão ideal, e o currículo é visto como um conjunto de conhecimentos absoluta e universalmente

necessários para esse processo, as teorias críticas sobre o currículo colocam em suspeição não somente a capacidade da escola de atingir seus objetivos, mas também a própria intencionalidade por trás dos conteúdos ensinados (Silva, 1999). Podemos usar de exemplo três obras, publicadas originalmente em 1970, para falar desse tema.

A primeira é o livro *A ideologia e os aparelhos ideológicos do Estado*, de Louis Althusser (1970), que analisa as práticas e a organização da escola como uma forma de dominação das classes dominadas pelas classes dominantes. Nesse ensaio, Althusser discute como, além de ensinar conteúdos, a escola ensina a forma como os alunos devem se portar, preparando-os para ocupar sua posição social como classe trabalhadora:

Mas, por outro lado, enquanto ensina essas técnicas e conhecimentos, a escola também transmite as «regras» dos bons costumes, isto é, o comportamento que todo indivíduo da divisão do trabalho deve observar, conforme o lugar que ocupa: regras de moral, decência cívica e profissional, o que significa exatamente regras de respeito pela divisão social e técnica do trabalho, pelas normas estabelecidas pela dominação de classe. Ensina também a “falar bem”, a “redigir bem”, o que, para os futuros capitalistas e seus servidores, significa a “arte de comandar bem”, isto é, a “falar bem” aos trabalhadores, etc. (Althusser, 1970, p. 21).

Ideia semelhante é desenvolvida no livro de Paulo Freire (1987), também publicado originalmente em 1970, intitulado *A pedagogia do oprimido*, no qual a “educação bancária”, em que os conhecimentos são depositados nos alunos, também instiga a adequação a um posicionamento de passividade. O aluno aprende a ocupar uma posição de inércia, de obediência, na qual outros irão lhe dizer o que fazer, como fazer, o que é correto, o que é o real. A educação bancária, dessa forma, também é um reflexo da organização social em que há classes que mandam e há classes que obedecem.

Enquanto esses elementos da obra de Althusser e Freire indicam que a forma como a escola opera fortalece o sistema capitalista e atua a fim de favorecer as classes dominantes, os conceitos ensinados podem parecer neutros ou indiferentes ao processo de dominação ideológica. Talvez tenham sido Pierre Bourdieu e Jean-Claude Passeron (1982), na obra *A reprodução*, também de 1970, quem melhor apontou uma relação íntima entre os conteúdos ensinados e o processo de dominação entre classes na sociedade capitalista.

Nesse livro, os autores argumentam que a escola não somente é incapaz de promover uma sociedade mais justa e igualitária (valores caros às democracias), mas ela mesma é responsável pela reprodução e manutenção de desigualdades e exclusões sociais. Diferentemente dos pontos mencionados nas obras de Althusser e Freire, o mecanismo de tal reprodução está intimamente ligado, para Bourdieu e Passeron, com o ensino de conteúdos (Silva, 1999).

Os autores ressaltam que os conteúdos escolhidos no currículo refletem a cultura das classes dominantes: aquilo que é considerado relevante para ser ensinado, que é valorizado, que é, inclusive, cobrado dos estudantes, é escolhido por uma elite social e, portanto, reproduz os conhecimentos, valores e interesses dessa elite. Isso faz com que alunos originários de classes dominadas tenham maior dificuldade e estranhamento em relação àquilo que é ensinado, ao mesmo tempo que aquilo que eles conhecem de sua vivência cultural não é valorizado, reconhecido, ensinado ou cobrado. Assim, a diferença cultural faz com que alunos de classes dominadas tenham pior desempenho, evadam, sejam excluídos do sistema educacional ou não alcancem a possibilidade de acessar os cursos superiores e socialmente mais prestigiados.

Assim, o ideal progressista da escola tradicional é uma falácia. Na prática, o ensino reproduz as desigualdades sociais. Essa reprodução está centrada, em parte, na própria escolha dos conteúdos que são ensinados. É a “lista de conteúdos” privilegiada que cria o processo de exclusão educacional e, portanto, de manutenção das desigualdades sociais.

Embora os autores mencionados apresentem críticas substanciais à escola, ao currículo e aos conteúdos ensinados, deve-se atentar que nenhuma dessas críticas implica o abandono do ensino dos conteúdos. Primeiramente, a crítica de Althusser se dá com relação às metodologias e práticas da escola e não sobre os conteúdos. Freire, por sua vez, embora se oponha a um currículo universal e proponha que se parta de temas geradores, segue colocando a finalidade do processo de aprendizagem como a construção do conhecimento formalizado, rigoroso, distante da curiosidade ingênua. Na obra *Extensão ou comunicação?* (Freire, 2013), por exemplo, percebe-se que, embora Freire defenda a comunhão de conhecimentos como ponto de partida para o diálogo, o conhecimento especializado é o destino desse processo.

Diferentemente de Althusser e Freire, a obra de Bourdieu e Passeron critica diretamente a lista de conteúdos. Poderia imaginar-se que esse trabalho, sim, levaria à defesa do abandono dos conteúdos. Entretanto, Bourdieu e Passeron não sugerem que, ao invés de ensinar a cultura da classe dominante, deveria ensinar-se a cultura das classes dominadas. Como comenta Tomás Tadeu da Silva:

Sua análise não nos diz que a cultura dominante é indesejável e que a cultura dominada seria, em troca, desejável. Dizer que a classe dominante define arbitrariamente sua cultura como desejável não é a mesma coisa que dizer que a cultura dominada é desejável. O que Bourdieu e Passeron propõem, através do conceito de pedagogia racional, é que as crianças das classes dominadas tenham uma educação que lhes possibilite ter — na escola — a mesma imersão duradoura na cultura dominante que faz parte — na família — da experiência das crianças das classes dominantes. Fundamentalmente, sua proposta pedagógica consiste em advogar uma pedagogia e um currículo que reproduzam, na escola, para as crianças das classes dominadas, aquelas condições que apenas as crianças das classes dominantes têm na família (Silva, 1999, p. 36).

Deve-se ressaltar que outros autores do campo crítico, como Dermeval Saviani, também defendem uma oposição à escola e ao currículo tradicional sem abrir mão do ensino de conteúdos. A dúvida que surge, entretanto, é a seguinte: se a cultura dominante é *arbitrariamente* definida como aquela a ser ensinada, por que não podemos conceber uma escola em que outros conhecimentos e saberes sejam ensinados? Se a lista de conteúdos de um currículo é definida somente por uma questão de poder, então qualquer outra lista de conteúdos deveria ser possível e aceitável.

Em alguma medida, essa é justamente a defesa apresentada no movimento denominado Nova Sociologia da Educação, cujas principais teses são apresentadas na obra organizada por Michael Young, *Knowledge and control: new directions for the Sociology of Science* (1971). Nessa obra, podemos encontrar alguns dos principais argumentos de Young na época:

[...] Identifica também dois argumentos construídos na década de 1970 sobre os quais repousava essa sua primeira abordagem: o primeiro deles é que a estrutura do conhecimento no currículo pode ser vista como expressão da distribuição de poder na sociedade; e o segundo é que a estruturação do conhecimento em qualquer sistema de ensino determina como as oportunidades educacionais são distribuídas e para quem. Nesse sentido, Young ressalta quatro consequências dos argumentos anteriormente apresentados. Uma delas é que, se se considera que o que conta como conhecimento é socialmente construído e, portanto, é expressão das relações de poder na sociedade e na escola, o currículo é fundamentalmente um instrumento político para manter as relações de poder existentes. Outra consequência é que, se a estrutura do conhecimento é uma expressão da distribuição de poder na sociedade, não pode haver nenhuma base objetiva para distinguir diferentes tipos de conhecimento; qualquer conhecimento teria o mesmo valor. Uma terceira seria que os esforços para distinguir o conhecimento escolar do conhecimento cotidiano seriam apenas meios

que alguns grupos utilizam para legitimar suas perspectivas sobre o conhecimento e para mascarar as relações de poder que as sustentam (o que chama de tese do “conhecimento é poder”). E, por fim, essa abordagem ofereceria uma base poderosa para criticar o currículo escolar e mesmo qualquer tipo de conhecimento especializado ou institucionalizado, já que qualquer seleção de conhecimento seria sempre uma imposição dos interesses de grupos poderosos (Galian; Louzano, 2014, p. 1112).

Quatro décadas depois, entretanto, na obra *Bringing knowledge back in: from social constructivism to social realism in the Sociology of Education*, de 2011, Young revisa suas discussões originais e passa a defender uma tensão entre “conhecimento dos poderosos” e “conhecimentos poderosos” (Galian; Louzano, 2014). Para Young, todo conhecimento ou disciplina é, sim, atravessado por questões políticas, mas isso não modifica o fato de que há conhecimentos potentes na resolução de problemas e na tentativa de compreender a realidade natural e social. Em uma entrevista, Young menciona:

Um exemplo óbvio é a Física. Não há dúvida de que se trata de uma construção social, mas tampouco há dúvida de que esse conhecimento possui objetividade e de que é o mais próximo da verdade que chegamos na explicação sobre o mundo natural, o que, até certo ponto e de maneiras diferentes, pode ser aplicado também a outras disciplinas (Galian; Louzano, 2014, p. 1115).

Parte da motivação e entendimento de Young vem de estudos da teoria vygotskyana do conhecimento, segundo a qual os conceitos são os fundamentos do pensamento, assim como tijolos são a base de uma construção. Não se constrói nenhuma edificação sem uma base material sólida; assim, não se constroem pensamentos complexos sem os instrumentos semióticos adequados. É por meio da manipulação de conceitos que podemos aprofundar o pensamento e o entendimento sobre a realidade natural e social e elaborar possibilidades de sua transformação.

Young ressalta, ademais, que a preocupação com diferentes questões sociais, políticas e identitárias é fundamental na pesquisa em educação, mas deve vir aliada com a preocupação com a determinação de quais conhecimentos podem trazer transformação social:

A pesquisa sociológica anteriormente produzida abordava o currículo com o intuito de identificar os seus vieses: um viés que o opunha aos interesses dos trabalhadores, um que o opunha aos interesses das mulheres, outro, contrário aos interesses dos negros... Tudo isso é importante, mas também é importante verificar se o currículo disponibiliza de fato um conhecimento relevante, porque seria necessário que o fizesse (Galian, Louzano, 2014, p. 1115).

Dessa forma, Young entende que muitas discussões contemporâneas sobre currículo são infrutíferas e incapazes de promover mudanças reais na Educação:

Eu sou muito crítico no que se refere à maioria das teorias do currículo porque elas têm fugido justamente da discussão sobre o conhecimento, muito influenciadas pelos estudos culturais e por ideias filosóficas. Essas teorias perderam o contato com o seu objeto de estudo, que é essencialmente aquilo que se ensina às crianças e o que elas aprendem na escola. Uma das consequências disso é que, em muitos países, inclusive no meu, os políticos responsáveis pelo estabelecimento do currículo nacional não prestam a menor atenção ao que dizem os teóricos do currículo, porque estes não têm nada a dizer (Galian, Louzano, 2014, p. 1116).

Assim, Young e os teóricos anteriores entendem que o conhecimento especializado tem um papel importante no processo de transformação social. Uma dúvida que ainda poderia ser levantada nesse contexto é se conceitos e disciplinas, construídas no contexto de uma sociedade burguesa, ou de uma elite social, podem, de fato, servir a ideais emancipatórios. Isto é, o conhecimento carrega os valores da sociedade que o constrói? O cientista não é neutro, mas o conhecimento gerado é neutro ou carrega valores? Obviamente, existem diferentes respostas a essa pergunta, dependendo do posicionamento filosófico adotado.

No campo crítico, como no movimento CTS (Ciência, Tecnologia, Sociedade) latino-americano, tem-se assumido a noção de adequação sociotécnica (Auler, 2018). De acordo com essa proposição, ainda que o conhecimento não seja neutro e, portanto, carregue valores da sociedade que o constrói, esses valores não são rígidos e podem ser ressignificados a serviço de outros ideais. Então, um conhecimento construído no contexto da lógica capitalista pode ser tensionado e ressignificado para estar a serviço da construção de uma sociedade mais igualitária.

Em síntese, os autores do campo crítico aqui discutidos concordam que a escola e o currículo tradicionais funcionam a serviço da manutenção das desigualdades sociais. Por outro lado, todos concordam que o aprendizado de conteúdos, feito de uma forma crítica, contextualizada e problematizadora é capaz de aumentar a capacidade dos sujeitos de entender a realidade natural e social e, portanto, de transformar tal realidade. O afastamento da preocupação com o ensino de conteúdos e conceitos, que vemos hoje na área de Educação em Ciências, poderia implicar um aumento das desigualdades sociais e não sua mitigação.

O ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM PERSPECTIVAS PÓS-CRÍTICAS DO CURRÍCULO

Embora perspectivas críticas apresentem importantes reflexões sobre a relação entre educação, sociedade e poder, no geral, suas proposições aderem à noção de realismo social e assumem uma metanarrativa do processo histórico que é típica dos ideais modernistas. Assim, o ensino de conteúdos parece uma forma concreta de viabilizar o processo de “desenvolvimento”, avançando de concepções “alternativas” (cultura popular) em direção ao saber especializado, identificado como o real (cultura da classe dominante).

Os estudos que se distribuem no vasto campo de perspectivas pós-modernas (Lopes, 2013), por outro lado, dialogam com a noção de que a realidade e a verdade são efeitos do discurso. Tal perspectiva coloca em suspeição a noção de realidade subjacente às propostas tradicionais e críticas e abre campo para pensarmos na equipolência entre as diferentes formas de conhecimento e saberes.

Assim, no campo pós-crítico, podemos encontrar uma variedade de trabalhos, com diferentes concepções ontológicas e epistemológicas, destacando que devemos levar em conta questões identitárias (como questões de gênero e étnico-raciais), bem como visibilizar atores e saberes que foram apagados do processo histórico (estudos culturais e decoloniais, por exemplo). Todas essas propostas representam um ganho fundamental para a área de Educação e Educação em Ciências, ampliando de forma significativa os objetivos e interesses desse campo de estudo.

Abdicando de uma noção de realidade (natural ou social), é mais difícil argumentar em favor de um conjunto de conteúdos que deveria ser difundido nas escolas, uma vez que qualquer escolha seria arbitrária e fruto de restrições sociais e culturais. A filósofa belga Isabelle Stengers (2018) define o termo *cosmopolítica* para discutir a noção de que diferentes coletivos têm não somente culturas distintas, mas vivem em diferentes realidades (diferentes cosmos). Assim, não há uma Natureza transcendental capaz de servir de juiz entre as proposições de diferentes coletivos. A autora defende ainda a interrupção do processo de “universalização” de conhecimento, identificando-o como um dos principais responsáveis pelas crises que vivemos hoje, como a crise ambiental.

O filósofo francês Bruno Latour (2020), entretanto, baseado no trabalho de Stengers, discute a importância de um processo cosmopolítico que seja capaz de promover o que chama de *mundo comum*. Isto é, reconhecendo que cada coletivo tem sua realidade

e que a linguagem tem um papel importante na constituição dessa realidade (ainda que não seja o único fator a definir o real), Latour defende a importância de um amplo diálogo em busca de consensos sobre o real.

Ou seja, ao abdicar de uma noção de realidade objetiva e autônoma, somos colocados diante de uma tensão política: devemos nos esforçar para uniformizar a nossa forma de entender e falar do mundo (proposta de Latour) ou devemos incentivar a multiplicidade e incomensurabilidade entre os diferentes *cosmos* (proposta de Stengers)? Em princípio, ambas propostas apresentam potencialidades e desafios.

O problema, conforme discute Latour, é que as questões contemporâneas já não podem mais ser resolvidas de forma individual ou mesmo em pequenos coletivos. Se uma pessoa compreender que o aquecimento global tem origem antropogênica e decidir morar em uma comunidade alternativa com baixa emissão de gases estufas, e o resto da população negar a ação humana nas mudanças climáticas, continuando a emitir altas quantidades de CO_2 na atmosfera, essa pessoa não escapará dos efeitos do aquecimento global. Ou seja, ou todos concordam sobre esse assunto (criando uma realidade comum) e agem de acordo, ou todos sofrerão as consequências do desacordo.

Aquecimento global ainda parece algo distante para muitos. Vivemos, entretanto, na pandemia, um fenômeno semelhante. Mesmo que um grupo pequeno acreditasse na existência da pandemia de COVID-19, se a maioria da população não acreditasse e não se vacinasse, todos estariam em risco. Ou seja, para superar a pandemia, era necessária uma realidade comum: o vírus existe, estamos em uma pandemia, precisamos nos afastar e tomar outras medidas sanitárias.

Em outras palavras, para enfrentar os desafios contemporâneos, como mudanças climáticas e pandemias, precisamos de uma realidade comum, precisamos de consensos, precisamos de ação coordenada. Isso só é possível por meio de um processo obviamente político. É necessário o diálogo entre diferentes setores da sociedade. Para que esse diálogo possa existir, é fundamental que haja uma linguagem parcialmente unificada.

Ao falar com as pessoas sobre a existência de um novo vírus, todos precisam saber o que é um vírus. Ao falar da temperatura da Terra, todos precisam saber o que é temperatura. Ao falar da probabilidade de contaminação, todos precisam saber o que é contaminação e como funciona a probabilidade. Para que o vírus seja real, ele precisa existir na linguagem das pessoas. Para que a temperatura e o aquecimento da Terra sejam reais, eles precisam existir na linguagem das pessoas.

Mas como esses conceitos são incorporados na linguagem da população? Pela escola, pela educação e, mais precisamente, pelo campo da Educação em Ciências. Portanto, ensinar conceitos nas escolas é uma forma de garantir a existência de um *mundo comum*. E garantir esse mundo comum, uniformizado na linguagem, é o passo inicial para estabelecer qualquer processo político para resolução dos problemas contemporâneos. Se não houver tal linguagem, o processo político sequer é possível.

A escola e o currículo têm um papel cosmopolítico. Eles garantem a existência dos diferentes elementos que são necessários no processo político (vírus, bactérias, temperatura, pressão, probabilidade, etc.). Se abdicarmos do ensino desses conceitos, em uma perspectiva cosmopolítica (e, portanto, alinhada com as discussões pós-críticas), esses elementos param de existir. Assim, como fazer campanhas de vacinação? Como discutir redução da atividade industrial? Como planejar ações concretas que garantam nossa sobrevivência? Ter uma linguagem comum e, portanto, um mundo comum é fundamental para pensar e realizar ações.

Nesse sentido, para enfrentar os problemas contemporâneos, os quais afetam a população em grande escala e têm potencial de arrasar vidas de forma global, é necessário compartilhar uma linguagem e uma realidade. Diante de tal cenário, ensinar e aprender conceitos não é uma questão de academicismo ou de tecnicismo; é uma ação necessária para garantir um mundo habitável e viável.

Obviamente, os conteúdos pensados e abordados devem ser aqueles capazes de viabilizar a reflexão sobre os problemas contemporâneos. Tais problemas, ainda que científicos, são também atravessados pela dimensão social, política, identitária. Por esse motivo, é fundamental que o currículo seja pensado de forma ampla, democrática, dialogada, a fim de incorporar diferentes posicionamentos, perspectivas, vivências e experiências. Quem identifica quais são os problemas relevantes e quais conteúdos dão conta desses problemas? Essa questão precisa ser debatida e sua resposta precisa ser construída coletivamente. Ademais, tal resposta jamais será universal, absoluta e permanente. Ela precisará ser continuamente construída.

Um ensino de conceitos aliado a uma profunda formação política é um caminho viável para o estabelecimento de um mundo comum e a busca por soluções para os problemas contemporâneos. Se renunciarmos ao ensino e à aprendizagem de conceitos, corremos o risco de não somente alargar as desigualdades sociais, mas também de inviabilizar a construção de qualquer mundo habitável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, apresentamos uma breve discussão sobre o papel do ensino de conteúdos (e, portanto, de conceitos científicos também) de acordo com diferentes perspectivas do campo do currículo. Mais especificamente, apresentamos ideias associadas

às perspectivas tradicionais, críticas e pós-críticas e discutimos de que forma, em cada uma delas, é possível defender a importância do ensino e aprendizagem de conteúdos.

As áreas de Educação em Ciências e de Ensino de Física têm passado por uma importante renovação, tanto no que diz respeito aos seus temas de pesquisa quanto nos marcos teórico-metodológicos com que dialogam. Essas mudanças têm sido fundamentais para repensarmos a educação científica e para construirmos um ensino científico contemporâneo que seja potente no sentido de promover justiça social, formar para a cidadania e criar soluções coletivas para os problemas atuais.

Argumentamos, neste capítulo, que tais renovações cosmo-visivas, teóricas, metodológicas, temáticas não implicam o abandono da preocupação com o ensino e aprendizagem de conteúdos. Pelo contrário, uma escola capaz de ensinar conteúdos de forma reflexiva é uma escola capaz de contribuir para a redução das desigualdades sociais e de garantir a criação do *mundo comum*, elemento necessário para a prática política atual.

AGRADECIMENTOS

Nathan Willig Lima agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa. Matheus Henrique Thomas Becker agradece ao apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALTHUSSER, L. **Ideologia e os aparelhos ideológicos do Estado**. Lisboa: Editorial Presença, 1970.

AULER, D. **Cuidado!**: um cavalo viciado tende a voltar para o mesmo lugar. Porto Alegre: Appris, 2018.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **A reprodução**: elementos para uma teoria do sistema de ensino. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Brasil: Ministério da Educação, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasil: Ministério da Educação, 1999.

CALÇADA, S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica**: Mecânica. Brasil: Atual, 1985.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GALIAN, C. V. A.; LOUZANO, P. B. J. Michael Young e o campo do currículo: da ênfase no "conhecimento dos poderosos" à defesa do "conhecimento poderoso". **Educação e Pesquisa**, v. 40, n. 4, p. 1109-1124, out. 2014.

GESSER, V. A evolução histórica do currículo: dos primórdios à atualidade. **Revista Contrapontos**, v. 2, n. 1, p. 69-81, 2002.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com Eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, p. 110, 1994.

HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 3, p. 220-234, 1993.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

HODSON, D. Learning Science, learning about Science, doing Science: different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

LATOUR, B. **Onde aterrar?:** Como se orientar politicamente no Antropoceno? São Paulo: Bazar do Tempo, 2020.

LOPES, A C. Os parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 80, p. 386-400, 2002.

LOPES, A. C. Teorias pós-críticas, política e currículo. **Educação, Sociedade & Culturas**, n. 39, p. 7-23, 2013.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física:** Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 2006. v. 1.

NARDI, R. Memórias do Ensino de Ciências no Brasil: a constituição da área segundo pesquisadores brasileiros, origens e avanços da pós-graduação. **Revista do Imae**, v. 2, n. 2, p. 13-46, 2014.

OSTERMANN, F.; REZENDE, F. Uma interpretação da Educação em Ciências no Brasil a partir da perspectiva do currículo como prática cultural. **APeDuC Revista: Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 30-40, 2020.

PEDUZZI, L. O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da Mecânica? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **PSSC Physics**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1967.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade:** uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Autêntica, 1999.

STENGERS, I. A proposição cosmopolítica. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, v. 69, p. 442-464, 2018.

VALADARES, J. **Concepções alternativas no ensino da Física** à luz da filosofia da ciência. 1995. Tese (Doutoramento em Ciências da Educação) – Universidade Aberta, Lisboa, 1995. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/2520>. Acesso em: 15 ago. 2024.

YOUNG, M. **Knowledge and control:** new directions for the Sociology of Education. New York: McMillan Publishing, 1970.

3

Terrimar Ignácio Pasqualetto

Ives Solano Araujo

Eliane Angela Veit

**COERÊNCIA METODOLÓGICA
ENTRE A APRENDIZAGEM
BASEADA EM PROJETOS
DE BENDER E OS PERCURSOS
DE ESTUDO E PESQUISA
DE CHEVALLARD**

INTRODUÇÃO¹⁰

No atual estado do conhecimento humano, parece natural dizer que o caminho para uma formação discente apropriada envolve não só conhecimentos acadêmicos como diversos outros construtos e capacidades, indo muito além da mera acumulação de informações. Envolve, entre outras coisas, a capacidade de seleção e tratamento de informações, a transposição de conhecimentos de uma situação e/ou contexto para outro, a resolução de problemas autênticos e a capacidade de trabalhar de forma cooperativa.

Apesar disso e das conhecidas limitações de suas estratégias didáticas baseadas quase exclusivamente na apresentação oral do conteúdo, o chamado “ensino tradicional” é ainda muito presente no ambiente escolar. Isso faz com que as tarefas propostas para os estudantes se constituam, em grande medida, em problemas acadêmicos, fechados e descontextualizados. Ademais, a perpetuação de metodologias de ensino e de avaliação focadas na ideia de transmissão e recepção de conhecimentos acaba fortalecendo a percepção do processo educativo em um formato que trata o conhecimento como um ente a ser visitado, e não construído, pelo indivíduo.

Entre os diversos autores que tratam desse tema, Chevallard (2013) propõe uma alternativa para superar alguns dos principais fenômenos didáticos que ele aponta como característicos do ensino tradicional. Um deles é o “monumentalismo”, forma de ensino na qual os saberes são apresentados cristalizados, como monumentos a serem visitados. Para uma abordagem didática com foco na construção de conhecimento, Chevallard propõe, a partir do que chama de Paradigma de Questionamento do Mundo, um dispositivo didático denominado Percursos de Estudo e Pesquisa (PEP).

10

Este trabalho é resultado dos estudos de doutorado de Terrimar I. Pasqualetto e contém trechos constantes na respectiva tese (Pasqualetto, 2018).

Nesse paradigma, o conteúdo é apresentado aos estudantes de maneira autêntica, isto é, que não seja a justificativa central o “estudar por estudar” ou o objeto de estudo. É importante, ainda, que os estudantes sejam protagonistas, determinando tarefas, propondo e gerenciando suas soluções, e que o professor não seja a principal fonte de conhecimento ou o principal validador das respostas encontradas (Benito, 2019). Os PEP se constituem em um processo investigativo orientado por uma questão geratriz, com a qual os estudantes e professores se envolvem colaborativamente na busca de uma resposta. Nessa busca, os estudantes, organizados em grupos, desenvolvem novas questões e propõem soluções parciais, procurando validá-las junto a diferentes fontes de conhecimento. Como detalhado na seção seguinte, é nesse processo de questionamento que os estudantes têm a oportunidade de aprender.

Sua proposta considera relevantes mudanças nos papéis exercidos por professores e alunos, ressignificando a dinâmica da sala de aula e possibilitando uma aprendizagem mais robusta e contextualizada. Apesar disso, os PEP não apresentam uma estrutura metodológica bem definida, o que pode causar insegurança em professores menos experientes.

Uma possível alternativa pode ser a busca de um dispositivo didático com maior potencial de disseminação, mas que mantenha coerência metodológica com os PEP. Afinal, os PEP não representam a única alternativa na solução dos problemas didáticos apontados pela Teoria Antropológica do Didático (TAD), mas um modelo a ser usado como exemplo ou mesmo como instrumento de pesquisa e avaliação (Bosch, 2018).

Das alternativas metodológicas com potencial coerência com os PEP e com maior potencial de disseminação, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Há uma variedade de propostas dessa metodologia para o contexto brasileiro e internacional, envolvendo diferentes cenários, disciplinas e níveis de ensino

(Pasqualetto; Veit; Araujo, 2017; Santos, A. *et al.*, 2019; Santos, S. *et al.*, 2024). É preciso, no entanto, atentar-se ao fato de que há uma relevante dispersão quanto a concepções e orientações metodológicas dentro do que se chama “Aprendizagem Baseada em Projetos” (Pasqualetto; Veit; Araujo, 2017). Dentre as possibilidades, elegeu-se a abordagem de ABP de Bender (2014), por tratar-se de uma proposta representativa das principais vertentes de ABP associadas à área de Ensino de Física. Isso é reflexo da preocupação do autor em explicitar os processos metodológicos e sua fundamentação em resultados da literatura, além de tratar-se de um texto direcionado a professores e, portanto, possuir compromisso com a realidade da sala de aula (Pasqualetto, 2018).

Sendo assim, apresenta-se aqui uma análise da coerência metodológica entre os PEP de Chevallard e a ABP de Bender. Essa análise é desenvolvida a partir da comparação direta das principais características teóricas e metodológicas de cada um dos dois dispositivos didáticos. Para tanto, apresenta-se a estrutura teórica e metodológica dos PEP, seguida pela análise da coerência entre a ABP e os PEP e de comentários finais.

PERCURSOS DE ENSINO E PESQUISA DE CHEVALLARD

Na luta por enfrentar os fenômenos didáticos que tanto critica, Chevallard (2004, 2006, 2013) propõe um dispositivo didático que chama de *Percurso de Estudo e Pesquisa*¹¹. Trata-se de uma proposta que “pretende recuperar a relação genuína entre questões e respostas que está na origem da construção do conhecimento

11

O termo original, cunhado em francês, é *Parcours D'étude et de Recherche* (PER). Em espanhol, foi traduzido como *Recorridos de Estudio e Investigación* (REI) e, em inglês, *Study and Research Courses* (SRC).

científico em geral e da atividade matemática em particular” (Barquero; Bosch; Gascón, 2011, p. 341). Os PEP, portanto, têm sido apresentados como uma possível resposta a parte dos problemas identificados em propostas didáticas (por exemplo, o monumentalismo):

[I]ntroduziremos a noção de Percurso de Estudo e Pesquisa (PEP) (Chevallard, 2004, 2005, e 2006) como um novo tipo de organização didática que, ao contrário do ponto de vista «monumentalista» que põe em primeiro plano o estudo ou «visita» dos saberes cristalizados, aposta na introdução de uma nova epistemologia escolar que deveria substituir o paradigma escolar de «inventariar» os saberes por um paradigma de questionamento do mundo. De certa maneira, os PEP representam, como veremos, a materialização do que a TAD considera como processos didáticos baseados em um ensino «funcional» das matemáticas (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, p. 555, tradução nossa).

A construção desse dispositivo didático, assim como qualquer problema didático orientado pela TAD, exige o estabelecimento de um Modelo Epistemológico de Referência (MER). Trata-se de um modelo não normativo com função técnico-experimental sujeita a ajuste e/ou ampliação, de forma que se torne cada vez mais completo.

No caso da criação de um PEP, o MER tem a função de

[...] nos conduzir a conhecer mais profundamente o que é esse objeto de estudo e por qual motivo é estudado; além disso, deve servir como referência para construirmos um Modelo Epistemológico Dominante (MED), ou seja, um texto que nos mostra como o objeto matemático é encontrado em livros (textos ou didáticos) usados nas instituições de ensino e ainda nos permite identificar condições a serem cumpridas e restrições que possam dificultar a inserção do paradigma de questionamento do mundo na(s) instituição(ões) em que se pretende ensinar o objeto matemático (Barquero; Bosch; Gascón *apud* Benito, 2019, p. 30).

Serve, ainda, como referência, por indicar as praxeologias que devem ser consideradas durante o PEP, ensejando a análise epistemológica do objeto a ser estudado, bem como seu papel no contexto de ensino.

Contudo, apesar da clara relevância do MER no contexto da TAD e, conseqüentemente, dos PEP, a discussão sobre sua natureza e seu processo de construção extrapola os objetivos deste texto. Dessa forma, após essa breve explanação sobre o MER, passa-se a tratar da estrutura geral dos PEP.

Esse dispositivo didático não possui uma estrutura metodológica rígida, sendo guiado pelo *paradigma de questionamento do mundo* e baseado no chamado *esquema herbatiano*:

$$[S(X;Y;Q) \leadsto M] \hookrightarrow R^*.$$

Esse esquema representa um sistema didático (S) que envolve um grupo de alunos (X) apoiados por um ou mais professores (Y) na busca de uma resposta (R^*) para uma questão (Q). Tal busca gera um processo de investigação que envolve todo um meio didático (M) composto por diferentes elementos de pesquisa, tais como questões derivadas ($Q_1, Q_2, \dots$), respostas parciais ($R_1^*, R_2^*, \dots$) e processos de apropriação, modificação e adaptação de tais respostas.

Trata-se, portanto, de um dispositivo didático complexo, cuja estrutura é suficientemente flexível para permitir diferentes processos metodológicos. Tal característica, entretanto, não representa em nenhuma hipótese uma “anarquia metodológica.” Ao contrário disso, estabelece princípios e valores que orientam todo o processo e que acabam dando origem a características comuns entre diferentes iniciativas de PEP.

Um exemplo disso é a possível descrição da dinâmica de investigação estabelecida nos PEP a partir de três dialéticas centrais

no processo de produção, validação e disseminação da resposta ($R^\bullet$) produzida a partir da questão geratriz (Q_0) (Bosch, 2018). Trata-se da *dialética pergunta-resposta*, da *dialética média-meio* e da *dialética indivíduo-coletividade*.

A dialética pergunta-resposta trata exatamente da relação entre Q_0 e $R^\bullet$, conduzindo essa associação ao centro do processo de estudo. Com isso, não só oferece uma primeira descrição estrutural do processo como possibilita uma série de marcos durante a investigação. Isso porque, ao abordar uma questão (Q), é natural a análise de uma série de respostas possíveis ($R^\bullet$), promovendo sua desconstrução, reconstrução e adaptação diante da questão (Q) que se busca responder. Dessa forma, a dialética pergunta-resposta promove o surgimento de novas questões e contribui para a cronogênese do processo, fornecendo elementos visíveis do andamento da investigação (Bosch, 2018).

Levando isso em conta, os PEP tomam como ponto de partida uma questão viva, isto é, com um forte poder de gerar a aparição de numerosas questões derivadas, chamada *questão geratriz* (Barquero; Bosch; Gascón, 2011). Para se caracterizar como tal, a questão geratriz necessita despertar interesse real na comunidade de estudo, não devendo, portanto, "ser uma questão imposta pelo professor em função de certas necessidades didáticas que este se proponha" (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, p. 567). Espera-se que a questão geratriz dê origem a diversas questões derivadas e que a busca por respostas a todas elas conduza os envolvidos na construção dos saberes:

Ao longo do PEP, o estudo da questão geratriz Q_0 evolui e dá lugar à proposição de muitas novas «questões derivadas»: $Q_1, Q_2 \dots Q_n$. O estudo de Q_0 e de suas questões derivadas conduz à busca de respostas e, com isso, à construção de um grande número de saberes que delimitam o mapa e os limites provisórios do «território» a percorrer durante o processo de estudo. Este processo,

que podemos sintetizar como uma rede de questões e respostas (Q_i, R_i), contém as possíveis trajetórias a «percorrer» geradas a partir do estudo de Q_0 (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, p. 567, tradução nossa).

A questão geratriz, portanto, assume grande importância no desenvolvimento de um PEP, já que, junto com as questões dela derivadas, é origem, motor e razão de ser de todo o processo de estudo. É fundamental que a questão geratriz esteja presente atuando como eixo articulador ao longo de todo o processo, o que não significa que ela seja imutável; ao contrário: ela evolui e se desenvolve ao longo do processo de estudo:

Esta questão geratriz Q_0 deve ser «levada a sério» pela comunidade de estudo, já que sua resposta deve permitir atuar em algum sentido importante (vital). A resposta desejada não pode ser limitada a uma simples informação; o estudo de Q_0 deve requerer a construção de toda uma organização matemática como resposta, isto é, a construção de um conjunto de tipos de problemas, de técnicas para resolver esses problemas e de elementos tecnológicos-teóricos que permitam explicar e justificar o trabalho realizado (Chevallard, 1999 *apud* Barquero; Bosch; Gascón, 2010, p. 567, tradução nossa).

Sendo assim, não basta estabelecer uma questão a ser estudada. É preciso atentar-se ao tipo de pergunta, ao seu potencial de arborescência e ao tipo de respostas que ela origina. No ensino tradicional, as respostas habitualmente obtidas são aquelas estabelecidas nos livros-texto e apresentadas pelo professor, pois as questões investigadas costumam ter essa mesma origem. Já nos PEP, as questões estudadas são de outro tipo, exigindo um período mais longo de estudo e a elaboração de uma resposta personalizada. Portanto, respostas oriundas das fontes citadas costumam não responder plenamente à questão geratriz, o que exige que as informações obtidas sejam desconstruídas e reconstruídas em função das necessidades (Barquero; Bosch; Gascón, 2010). A validação das respostas passa

a envolver espaço para argumentação e defesa da resposta construída pela comunidade de estudos, ainda que essas tenham um caráter provisório.

A dialética média-meio, por sua vez, faz referência ao processo de gestão e construção do conhecimento. Ela refere-se ao processo de evolução do *milieu* (ou meio), no qual as respostas à questão central — e aquelas dela derivadas — são validadas pelos estudantes. Trata também do processo de análise das fontes de pesquisa usadas nas respostas, bem como dos critérios utilizados pelos estudantes para tais validações.

Já a dialética indivíduo-coletividade diz respeito à forma de atuação dos alunos (X) e professores (Y). Ela destaca que alunos (X) atuam em conjunto entre si e em cooperação com os professores (Y) de forma que, embora o resultado global esteja atrelado ao coletivo, dependerá diretamente do trabalho de cada indivíduo (x e y) envolvido na solução do problema.

Ao considerar essas duas dialéticas, é possível elencar uma série de características dos PEP. A primeira delas é a modificação no contrato didático tradicional, exigida pelos PEP. Essa mudança envolve desde alterações nas funções e responsabilidades dos professores e alunos (Barquero; Bosch; Gascón, 2007, 2014; Bon *et al.*, 2011; Llanos; Otero, 2012) até a alteração do tipo de problema explorado (Bon *et al.*, 2011).

Nos PEP, os estudantes precisam assumir a responsabilidade por aspectos que, no contrato tradicional, são tarefas do professor: “planejamento do estudo, tempo dedicado a cada uma das atividades, seleção das ferramentas matemáticas supostamente apropriadas, uso de ferramentas computacionais e bibliográficas, institucionalização das respostas parciais, avaliação dos resultados, etc.” (Barquero; Bosch; Gascón, 2011, p. 348). É necessário, portanto, “ceder aos estudantes a máxima autonomia e responsabilidade,

negociando explicitamente muitos dos aspectos que muitas vezes permanecem implícitos e sob a responsabilidade exclusiva do professor” (Barquero; Bosch; Gascón, 2014, p. 96, tradução nossa).

De igual forma, o professor também precisa assumir uma função diferente daquela assumida no contrato didático tradicional. Ele precisa “assumir um novo papel e optar por atuar como diretor do processo de estudo promovendo a autonomia progressiva dos estudantes, ao invés de optar por uma instrução de caráter «autoritário» (ou mesmo «ditatorial»)” (Barquero; Bosch; Gascón, 2014, p. 97, tradução nossa).

Embora as características apresentadas representem uma reorganização significativa se comparadas ao processo didático tradicional, as modificações exigidas pelos PEP não se limitam a elas. Outra modificação relevante, incentivada pela dialética indivíduo-coletividade, está relacionada à forma de trabalho dos estudantes. Enquanto no contrato didático tradicional há predomínio de atividades de natureza individual, nos PEP, uma comunidade de estudos investiga coletivamente a questão geratriz em busca de uma resposta compartilhada e, nesse processo coletivo, dividem tarefas, negociam responsabilidades e compartilham conhecimento (Barquero; Bosch; Gascón, 2010). Trata-se, portanto, de um trabalho colaborativo que envolve toda a comunidade de estudo, possibilitando que os atores envolvidos no processo assumam diferentes papéis (*topos*) dentro da investigação, de maneira que haja espaço para desenvolvimento e aproveitamento de capacidades individuais e coletivas.

Como é possível perceber, a proposta trazida pelos PEP envolve profundas modificações didáticas e enfrenta uma série de restrições em diferentes níveis institucionais. Entretanto, foge ao escopo do presente texto o aprofundamento nas restrições na implementação de PEP. Adota-se a ideia de que os PEP se constituem em um dispositivo didático que apresenta propriedades consideradas ideais:

[V]amos esclarecer o significado deste esquema e descrever algumas das propriedades gerais das organizações didáticas «ideais» que decorrem da noção de PEP e que aparecem como uma resposta apropriada às carências que estão na origem de algumas das restrições que dificultam e inclusive impedem a integração da modelização matemática nas instituições escolares (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, tradução nossa).

Nessa perspectiva, e considerando-se que se elegeu a Aprendizagem Baseada em Projetos de Bender como o dispositivo didático a ser adotado, resta verificar a coerência metodológica entre os PEP e a APB.

ANÁLISE DA COERÊNCIA ENTRE A ABP DE BENDER E OS PEP DE CHEVALLARD

Segundo Bender (2014, p. 15),

[a] ABP pode ser definida pela utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa, ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo para a resolução de problemas.

Trata-se, portanto, de um dispositivo didático cuja estrutura metodológica também é guiada pelo paradigma de questionamento do mundo, trabalhando a partir de um sistema didático (S) que envolve grupos de alunos (X) na busca da produção de artefatos A^* que materializem uma resposta R^* para a questão, tarefa ou problema, chamado de Questão Motriz (Q_M). Esse processo se desenvolve por meio de investigações que envolvem professores (Y) em um meio didático (M) que conta com questões derivadas

$(Q_1, Q_2, \dots)$ e respostas parciais $(R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots)$, materializadas ou não na forma de protótipos. Se tomarmos o esquema herbatiano que descreve a ABP, teremos, então:

$$[S(X; Y; Q_M) \leadsto M] \hookrightarrow A^\star.$$

Embora a semelhança entre os esquemas herbatianos da ABP e dos PEP seja grande, é possível aprofundar o estudo da coerência entre tais organizações didáticas, comparando as principais características e processos dos referidos sistemas didáticos.

Ao detalhar as propriedades dos PEP, Barquero, Bosch e Gascón (2010) começam discutindo aquele que é o ponto de partida de um PEP, a questão geratriz (Q_0). Trata-se de uma questão que delimita, motiva e dá sentido ao processo de estudo. Essa questão, segundo eles, deve apresentar características específicas, tais como o potencial de que dela, e de suas respostas parciais, derivem novos questionamentos que, junto com a Q_0 , irão orientar o estudo. A Q_0 deve também ser capaz de envolver, de maneira séria, a comunidade e, portanto, sua resposta deve apresentar potencial relevância, não devendo restringir-se a mera informação (Barquero; Bosch; Gascón, 2010).

Semelhantemente aos PEP, a ABP também tem como ponto de partida uma questão central, denominada questão motriz (Q_M). Essa questão “é o foco principal da experiência de ABP” e tem a função tanto de “despertar a atenção dos alunos quanto focar seus esforços nas informações específicas de que eles necessitam para abordar o problema” (Bender, 2014, p. 44).

Tanto na ABP quanto nos PEP, há uma preocupação com a autenticidade da questão inicial. Diversos autores (Thomas, 2000; Bender, 2014; Hsu *et al.*, 2015) destacam que a questão motriz deve manter relação com o mundo real — ou, como costumam dizer, deve ser uma questão *autêntica*. Chevallard (2006), por sua vez,

apresenta preocupação semelhante ao defender que as questões investigadas pelos estudantes precisam ser cruciais e, portanto, legítimas; como Barqueiro *et al.* (2010, p. 567) definem, a questão “deve ser levada a sério”.

Outra propriedade compartilhada pela ABP e pelos PEP é sua estrutura “arborescente”. Trata-se da nomenclatura dada à característica de, a partir de uma questão geral, gerarem-se diversas questões derivadas e, dessas, ainda outras, cujas respostas parciais agrupam-se para compor a resposta à questão original. Essa estrutura é encontrada tanto nos PEP como na ABP:

Ao longo do PEP, o estudo da questão geratriz Q_0 evolui e dá lugar ao estabelecimento de muitas novas «questões derivadas» $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ cuja pertinência deve sempre ser constantemente questionada. Neste sentido, o critério essencial para decidir sobre a pertinência e boa formulação de Q_i é sua capacidade de proporcionar respostas R_i que ajudem a elaborar uma resposta a Q_0 (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, tradução nossa).

Por fim, a própria questão motriz deveria estimular outras questões mais específicas. Nas primeiras sessões de *brainstorming*, durante o processo da ABP, os alunos identificarão e priorizarão a importância de muitas questões específicas que se relacionam com a questão motriz. Além disso, outras questões que poderiam surgir em sessões abertas de *brainstorming* talvez não fossem consideradas, após um pouco de discussão e reflexão, relacionadas de modo crucial com a questão motriz (Bender, 2014, p. 45).

Ainda relacionada à estrutura arborescente dos PEP e da ABP, há outra característica discutida por Barquero, Bosch e Gascón (2010): a dialética do estabelecimento de perguntas e sua respectiva busca por respostas. No âmago dessa dialética está a responsabilidade de proposição de perguntas que, no modelo tradicional de ensino, geralmente recai sobre o professor. Nos PEP, bem como na ABP, pode ser que, por vezes, a pergunta inicial seja estabelecida

pelo professor, mas a partir daí as questões a serem exploradas se originam do processo de estudo, sendo negociadas entre professor e alunos. Na verdade, esse maior protagonismo dos estudantes não se restringe apenas à proposição de perguntas, mas permeia toda a proposta, tanto nos PEP quanto na ABP. De certa forma, essa dialética está relacionada à mudança no contrato didático que se estabelece nos PEP e na ABP em relação ao modelo tradicional. Nesse sentido, controlada pela dialética individual-coletivo, a divisão de responsabilidades entre professores e estudantes na ABP e nos PEP é consideravelmente diferente daquela encontrada no modelo tradicional. Nos PEP, há uma redistribuição de tarefas entre professores e estudantes, já que os alunos assumem um papel central nesse dispositivo didático.

Se nos focamos na divisão de responsabilidades durante a gestão dos PEP, temos que destacar a enorme mudança que se produziu em comparação com um curso tradicional. Desde o princípio, a professora buscou atuar como uma verdadeira diretora do processo de estudo, concedendo a máxima autonomia e responsabilidade aos alunos e negociando explicitamente muitos dos aspectos que muitas vezes são implicitamente deixados sob responsabilidade do professor: planejamento do estudo, tempo dedicado a cada uma das atividades, seleção das ferramentas matemáticas supostamente apropriadas, uso de ferramentas computacionais e bibliográficas, institucionalização das respostas parciais, avaliação dos resultados, etc. (Barquero; Bosch; Gascón, 2011, p. 348).

Essa diferenciação no contrato didático também é encontrada nas iniciativas de ABP. Em tal metodologia, preconiza-se que os estudantes assumam papel central e que possuam maior participação e responsabilidades no processo de estudo, ficando o professor com a função de orientador do processo.

Outro aspecto do nível de conforto em relação ao ensino na ABP envolve a modificação do papel do professor

nesse tipo de ensino. Em vez de servirem como fornecedores de informações (ou seja, em uma aula tradicional e baseada em discussões), a ABP requer que os professores sejam facilitadores e orientadores educacionais, à medida que os estudantes avancem em suas atividades de projeto (Bender, 2014, p. 38).

Embora já seja possível estabelecer uma considerável semelhança entre a ABP e os PEP, ela não se limita aos fatores já discutidos, avançando em outras características fundamentais das duas organizações didáticas. Uma delas é a forma de trabalho dos estudantes ao longo das investigações, o que Barquero, Bosch e Gascón (2010) nomeiam dialética do indivíduo-coletividade. Tanto a ABP quanto os PEP tomam o trabalho coletivo como princípio educativo. Para Bender (2014, p. 49):

Nesse contexto, precisamos apenas afirmar que ajudar os alunos a aprender a trabalhar juntos na resolução de problemas é um dos resultados mais importantes da ABP, e os professores não devem poupar esforços para facilitar a cooperação e o trabalho em grupos adequados.

De forma semelhante, os PEP são desenvolvidos com os estudantes trabalhando em grupos (Barquero; Bosch; Gascón, 2011; Bon *et al.*, 2011; Costa; Arlego; Otero, 2015). A investigação desenvolvida nos PEP se dá a partir da ideia de uma comunidade de estudos, formada por um conjunto de estudantes (X) orientados por ao menos um diretor do estudo (Y):

Esta comunidade de estudo deve ser a encarregada de estudar coletivamente a questão Q_0 e produzir solidariamente uma resposta própria $R^\forall$. Em contraposição a preponderância de um «trabalho individual» e «personalizado» sob as ordens de Y , a coletividade de estudantes com seu diretor de estudos deve repartir o conjunto de tarefas e negociar as responsabilidades que cada um deve assumir (Barquero; Bosch; Gascón, 2010, p. 570, tradução nossa).

É interessante notar, ainda, que o trabalho dessas comunidades de estudo se dá em um ambiente de grande autonomia. Tanto a ABP quanto os PEP são organizações didáticas de caráter aberto, isto é, não possuem um caminho estabelecido com respostas previamente escolhidas pelo professor, tampouco são utilizadas como mero pretexto para demonstrar a utilidade dos novos conhecimentos ensinados. Os conhecimentos de livros, Internet, entre outras fontes, são utilizados como meio para o desenvolvimento da resposta à questão que originou o estudo e para outras que surgiram ao longo dele. Ambas as organizações didáticas preveem o seu desenvolvimento em um contexto de participação efetiva do estudante, o que acaba por fortalecer o seu envolvimento e a apropriação do processo por parte deles.

Outra característica compartilhada pelos PEP e pela ABP, em particular nas propostas representadas por Bender (2014), é a sua modularidade. Trata-se de estudos que permitem sua inserção paulatina no contexto escolar através de iniciativas pontuais que podem envolver o estudo de um tema, uma unidade de ensino ou mesmo a adoção da metodologia em tempo integral.

Há de se citar, porém, algumas diferenças entre a ABP e os PEP. A mais evidente delas parece ser a ênfase na apresentação das respostas à questão central por meio do que Bender chama de artefatos:

São itens criados ao longo da execução de um projeto e que representam possíveis soluções, ou aspectos da solução, para o problema. O termo artefato é usado para enfatizar que nem todos os projetos resultam em um relato escrito ou em uma apresentação (Bender, 2014, p. 16).

Embora esse elemento não seja rigidamente definido, a ABP prevê a materialização das respostas à questão motriz na forma de um artefato, enquanto os PEP não apresentam a mesma ênfase. Sendo assim, embora ambos prevejam um processo de construções

e análises de respostas à questão principal, a ABP preconiza que essas respostas sejam formalizadas por meio de artefatos tangíveis, oriundos de um projeto.

A ênfase no uso educacional da tecnologia, presente na ABP de Bender, também pode ser apontada como uma diferença entre as duas abordagens. Ainda que não negue o uso de elementos tecnológicos, os PEP não os enfatizam na mesma proporção que a ABP de Bender o faz. Na ABP, o apoio de elementos tecnológicos é tido como recurso fundamental, enquanto, nos PEP, parece ser tomado apenas como possível.

Outro ponto de destaque é a necessidade de estabelecer um Modelo Epistemológico de Referência para o planejamento e execução dos PEP. Essa não é uma exigência imposta pela ABP, o que pode deixar implícitos aspectos relevantes de como os conhecimentos a serem estudados deveriam ser concebidos e interpretados, além da própria razão de ser do objeto em estudo e porque este está sendo estudado. Apesar das diferenças apontadas, é importante ressaltar que não foram identificadas incoerências ou incompatibilidades entre os PEP e a ABP. As distinções apontadas limitam-se a ênfases procedimentais, não representando contradições teóricas ou metodológicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise comparativa apresentada, é possível identificar não só uma semelhança metodológica como o compartilhamento de princípios teóricos e conceituais entre os PEP e a ABP. As semelhanças são identificadas já no elemento central de ambas as organizações didáticas, incluindo a questão geratriz/motriz e suas características fundamentais, a forma de trabalho colaborativo e as

mudanças no contrato didático previstas, além da orientação por um processo investigativo autêntico. Portanto, embora a origem da ABP não esteja ligada à modelagem matemática como a dos PEP, a análise realizada mostra que a ABP contém os elementos centrais dos PEP, tratando de maneira coerente com a TAD as principais questões que os originaram.

Tomando os PEP como modelo de referência (Barquero; Bosch; Gascón, 2010), é possível identificar a ABP como um modelo didático não monumentalista, fundamentado em um paradigma de questionamento do mundo e coerente com as premissas da TAD. Por ser mais estruturada e trazer mais orientações sobre como organizar as atividades didáticas, a ABP pode se apresentar como uma alternativa para os primeiros passos no Paradigma de Questionamento do Mundo ou mesmo como dispositivo didático de transição entre o Paradigma de Visitação de Obras para os PEP.

Em síntese, a análise realizada revela uma coerência substancial entre a ABP de Bender e os PEP de Chevallard, destacando a possibilidade de integração dessas abordagens dentro de um mesmo paradigma educacional. As diferenças apontadas entre os modelos não configuram incompatibilidades teóricas, mas sim variações que podem enriquecer as práticas pedagógicas ao oferecerem múltiplos caminhos para o desenvolvimento de processos de ensino-aprendizagem centrados na investigação e na autonomia do estudante. Assim, a ABP pode não apenas complementar, mas também servir como uma porta de entrada acessível para educadores que desejam adotar o Paradigma de Questionamento do Mundo, proporcionando uma base para a transição gradual para os PEP. Dessa forma, ao reconhecer as particularidades e pontos de convergência entre essas metodologias, é possível ampliar o leque de possibilidades didáticas disponíveis, o que pode contribuir para a promoção e qualificação do ensino.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). O segundo autor agradece a bolsa de Produtividade do CNPq.

REFERÊNCIAS

- BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCON, J. Ecología de la modelización matemática: los recorridos de estudio e investigación. **III Congreso Internacional sobre la TAD**. Barcelona, 2010. Disponível em: <http://www.atd-tad.org/wp-content/uploads/2012/05/BarqueroBoschGascon-CITAD-III-2011.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCON, J. Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 1, p. 83-100, 3 mar. 2014.
- BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCON, J. Los recorridos de estudios e investigación y la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 29, n. 3, p. 339-352, 2011.
- BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCON, J. Using research and study courses for teaching mathematical modelling at university level. **Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 5)**. Larnaca (CY), 2007. p. 2050-2059.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BENITO, R. N. **Construção de um Percurso de Estudo e Pesquisa para formação de professores**: o ensino de cônicas. 2019. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, São Paulo, 2019.
- BON, C. F.; PEREIRA, A.; MANUEL, J.; MIRAS, C. Una herramienta para el estudio funcional de las matemáticas: los Recorridos de Estudio e Investigación (REI). **Educación Matemática**, v. 23, n. 1, p. 97-121, 2011.
- BOSCH, Marianna. Study and Research Paths: a model for inquiry. **VI International Congress of Mathematicians**. Rio de Janeiro, 2018.

COSTA, V. A.; ARLEGO, M.; OTERO, M. R. Las dialécticas en un Recorrido de Estudio e Investigación para la enseñanza del Cálculo Vectorial en la Universidad. **Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria**, v. 8, n. 3, p. 146-161, 2015.

CHEVALLARD, Y. Enseñar Matemáticas en la sociedad de mañana: alegato a favor de un contraparádigma emergente. **Journal of Research in Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 161-182, 2013.

CHEVALLARD, Y. Steps towards a new epistemology. **Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 4)**. 2006.

CHEVALLARD, Y. **Vers une didactique de la codisciplinarité**: notes sur une nouvelle épistémologie scolaire. 2004.

HSU, P.-S.; VAN DYKE, M.; CHEN, Y.; SMITH, T. J. The effect of a graph-oriented computer-assisted project-based learning environment on argumentation skills. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 1, p. 32-58, 2015.

LLANOS, V. C.; OTERO, M. R. Las funciones polinómicas de segundo grado en el marco de un Recorrido de Estudio y de Investigación (REI): alcances y limitaciones. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, n. 31, p. 45-64, sep. 2012.

PASQUALETTO, T. I.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 551, 2017.

PASQUALETTO, T. I. **O Ensino de Física via Aprendizagem Baseada em Projetos**: Um estudo à luz da Teoria Antropológica do Didático. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SANTOS, A. P. S.; MEDEIROS, F. P.; PAZ, A.; RODRIGUES JÚNIOR, J. G.; MEDEIROS, R. F. Uso de projetos em salas de aula dos Institutos Federais: uma análise sob a ótica da Aprendizagem Baseada em Projetos e das competências do século 21. **Revista Princípios**, n. 44, p. 113-121, 2019.

SANTOS, S. S. R. F.; SILVA, L. N.; RESENDE, L. M. M.; PILATTI, L. A. Aprendizagem baseada em projetos de Educação Básica: revisão sistemática da literatura **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 3, 2024.

THOMAS, J. W. **A review of research on project-based learning**. California: The Autodesk Foundation, 2000.

4

Alexsandro Pereira de Pereira

Daniela Borges Pavan

Igor Dalbosco Lovison

UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DISCURSIVA PARA O ENSINO INTERCULTURAL DE ASTRONOMIA:

UMA ABORDAGEM CENTRADA NA AÇÃO MEDIADA

INTRODUÇÃO

No início deste século, a pesquisa em Educação em Ciências, no Brasil, passou por uma “virada discursiva” (Mortimer; Scott, 2002). Diversos estudos passaram a investigar o modo como os significados são produzidos nas aulas de ciências por meio da linguagem e demais recursos semióticos, tais como gestos, imagens e outros “modos de comunicação” (Piccinini; Martins, 2004). Alguns autores focaram no discurso de sala de aula de modo mais amplo (p. ex., Mortimer; Scott, 2002), enquanto outros examinaram formas mais específicas de prática discursiva, tais como a argumentação (p. ex., Santos; Mortimer; Scott, 2001) e a explicação (p. ex., Martins; Ogborn; Kress, 1999).

Mais recentemente, com a difusão das “teorias pós-críticas” (Silva, 1999) na área de Educação em Ciências, é possível observar um aumento expressivo de estudos ocupados com questões relativas à diversidade cultural (Nascimento; Gouvêa, 2020). Esse movimento culminou na criação de uma linha temática intitulada Diversidade, Multiculturalismo e Educação em Ciência¹² no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, em 2009. No caso específico da Física, a institucionalização desse movimento se refletiu na criação, em 2018, da linha temática Equidade, Inclusão, Diversidade e Estudos Culturais e o Ensino de Física no XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Essa linha temática inclui, entre outras questões, educação do campo, indígena, quilombola e de outros grupos sociais específicos.

No presente capítulo, buscamos aproximar esses dois movimentos ao sugerir uma ferramenta de análise discursiva para investigar o ensino de Astronomia em um contexto intercultural. O objetivo é identificar elementos da cultura científica ocidental que

12

Em 2019, esse grupo temático passou a se chamar Diferença, Multiculturalismo e Interculturalidade em virtude das divergências conceituais internas referentes aos termos “multiculturalismo” e “interculturalidade” (Nascimento; Gouvêa, 2020).

possam estar em conflito com a cultura tradicional de sociedades não ocidentais (Ogawa, 1986). O termo “intercultural” é aqui usado como uma tradução livre da expressão “*cross-cultural*”, conforme utilizada em pesquisas na tradição sociocultural, e se refere ao funcionamento psicológico em diferentes culturas (Cole, 1988). Essa definição é importante considerando-se as disputas de sentido que caracterizam debates atuais sobre multiculturalismo e interculturalidade (Nascimento; Gouvêa, 2020).

O contexto intercultural de particular interesse para os propósitos deste capítulo é o ensino de ciências para estudantes indígenas. A Resolução nº 5, de 22 de junho de 2012, que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica (Brasil, 2012), estabelece o direito a uma educação escolar diferenciada — como um direito humano e social —, oferecida em instituições próprias (escolas localizadas em terras habitadas por comunidades indígenas), garantindo a centralidade no território. Os fundamentos da educação escolar indígena se baseiam nos princípios da igualdade social, da diferença, da especificidade, do bilinguismo e da interculturalidade, valorizando suas línguas e conhecimentos tradicionais.

Dentre os objetivos da educação escolar indígena (artigo 3º), destacam-se: “I - a recuperação de suas memórias históricas; a reafirmação de suas identidades étnicas; a valorização de suas línguas e ciências; II - o acesso às informações, conhecimentos técnicos, científicos e culturais da sociedade nacional” (Brasil, 2012, p. 3). Com relação a este último, o acesso a conhecimentos científicos pode ser problemático no que se refere à integridade da visão de mundo cultural dos estudantes (Baker; Taylor, 1995). Perspectivas culturais da educação em ciências concebem o ensino dessa disciplina como um processo de *enculturação*, no qual o estudante é iniciado nas ideias e práticas da comunidade científica (Driver *et al.*, 1994). No entanto, transmitir a subcultura da ciência para estudantes

de outra cultura pode resultar em *assimilação*, processo que ocorre quando a visão científica ocidental rompe com a visão de mundo tradicional dos estudantes e tende a substituí-la ou a marginalizá-la (Aikenhead, 1996).

Tendo em vista as especificidades e os objetivos da educação escolar indígena, a nossa ferramenta de análise discursiva é motivada pela seguinte questão de pesquisa: como evitar que a educação em ciências para estudantes indígenas sirva como um agente do “imperialismo cultural ocidental” (Baker; Taylor, 1995)? Nas próximas páginas, descrevemos o contexto educacional no qual essa ferramenta de análise foi construída. A seguir, apresentamos a nossa visão de educação em ciências para estudantes indígenas e os pressupostos básicos da abordagem sociocultural, que serviu como fundamentação teórica para a construção da ferramenta. Por fim, delineamos as dimensões de análise de nossa ferramenta e discutimos suas possibilidades de uso em contextos socioculturais diversos.

UM CONTEXTO INTERCULTURAL DE ENSINO: O PROJETO DE EXTENSÃO ASTRONOMIA JURUÁ

O contexto educacional que suscitou a construção da nossa ferramenta de análise é formado pelas oficinas do projeto Astronomia Juruá. O Astronomia Juruá é um projeto de extensão que promove ações de divulgação científica para estudantes indígenas. O objetivo é estabelecer um diálogo intercultural entre a ciência astronômica escolar e conhecimentos tradicionais celestes de povos originários. A equipe do projeto é formada por professores e estudantes de graduação e de pós-graduação do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IF-UFRGS). As ações são realizadas

junto à Escola Estadual Indígena Nhamandú Nhemopu'ã, situada na *Tekoá Pindó Mirim*, aldeia indígena habitada por uma comunidade Mbyá Guarani. A aldeia fica em Itapuã, distrito do município de Viamão/RS, e é composta por cerca de 200 indígenas.

A escola atende cerca de 120 estudantes, organizados em turmas multisseriadas nas modalidades Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos. Os estudantes são falantes da língua guarani, tendo o português como segunda língua. O primeiro contato deles com a língua portuguesa ocorre na Educação Infantil, por volta dos quatro anos de idade. O corpo docente é formado por três professores Mbyá Guarani e nove professores não-indígenas. A infraestrutura da escola é formada por quatro salas de aulas equipadas com computadores, quadros brancos, televisão e carteiras para 20 alunos, além de banheiros, sala de professores, cozinha e biblioteca. A escola também conta com um centro cultural com amplo espaço para a realização de atividades. A organização do espaço escolar em termos de calendário, horário e lista de conteúdos programáticos é feita com a participação das lideranças da aldeia.

O Astronomia Juruá surgiu em 2018, após um primeiro período de interações com a *Tekoá Pindó Mirim*. Em 2016, o programa de extensão Observatório Educativo Itinerante (OEI), do IF-UFRGS, em parceria com o Museu e o Planetário da UFRGS, realizou o Encontro Astronomia nas Culturas UFRGS, que reuniu representantes de diversas culturas, além de estudantes e professores da Educação Básica. O evento possibilitou a aproximação do OEI com a escola e com a comunidade. De modo similar ao caso relatado por Walmir Cardoso (2019) em um estudo de Astronomia Cultural no noroeste amazônico, lideranças Mbyá Guarani manifestaram preocupação com a falta de interesse dos mais jovens da aldeia com relação aos seus conhecimentos ancestrais. O desafio, portanto, passou a ser o resgate de conhecimentos tradicionais celestes do povo Mbyá Guarani a partir do ensino de Astronomia, buscando contribuir para

o fortalecimento de suas identidades e cultura, em sintonia com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica (Brasil, 2012).

Em nossas incursões na aldeia ao longo dos anos de 2018, 2019 e 2022¹³, nos reunimos com a equipe da escola e com lideranças indígenas, participando de eventos culturais e realizando atividades do projeto de extensão (Bruxel; Pereira; Pavani, 2018; Wirti; Pereira; Pavani, 2019). A partir dessas incursões, elaboramos uma sequência de oficinas com base no trabalho de conclusão de curso *Calendário Cosmológico: os símbolos e as principais constelações na visão Guarani* (Moreira; Moreira, 2015). Esse material foi produzido no âmbito da Licenciatura Intercultural Indígena do Sul da Mata Atlântica da Universidade Federal de Santa Catarina. Os autores, Geraldo Moreira e Wanderley Cardoso Moreira, são lideranças Mbyá Guarani que atuam na aldeia de Biguaçu/SC e que guardam parentesco próximo com líderes da *Tekoá Pindó Mirim*.

O tema central das oficinas é o calendário civil ocidental. O objetivo é explicar a estrutura do calendário a partir de fenômenos astronômicos que marcam as passagens de tempo correspondentes a um dia, uma semana, um mês e um ano. Os temas rotação da Terra, fases da Lua e estações do ano são trabalhados a partir da construção de um modelo concreto do sistema Sol-Terra-Lua (Telúrio). A abordagem de ensino é centrada na oralidade, privilegiando o método de contação de histórias. Inicialmente, são abordadas histórias da cultura Mbyá Guarani sobre o Sol, a Lua e as constelações que marcam as estações do ano — como a constelação do Homem Velho (*Tudja'í*), que marca a chegada do Tempo Novo (*Ara Pyau*)¹⁴

13 As saídas de campo do Astronomia Juruá foram suspensas nos anos de 2020 e 2021 devido à pandemia de COVID-19.

14 O Homem Velho é uma constelação da cultura Mbyá Guarani que compartilha algumas estrelas com a constelação de Órion. O Tempo Novo é o período correspondente à primavera e ao verão no hemisfério sul.

— para só então introduzir histórias da cultura ocidental, incluindo a “estória científica” (Mortimer; Scott, 2002). O foco na oralidade e na confecção de materiais é consistente com o processo educativo da cultura Mbyá Guarani (Silva; Tempass; Garcia, 2019). Ao final, é proposta aos estudantes a construção de um calendário astronômico indígena, baseado em marcadores temporais próprios da cultura Mbyá Guarani.

UMA VISÃO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA ESTUDANTES INDÍGENAS

Um dos desdobramentos do multiculturalismo mencionado na introdução desse capítulo tem sido a pesquisa com estudantes indígenas, que reconhece os efeitos históricos e contínuos da colonização, incluindo a subjugação de seus conhecimentos, sua língua e sua cultura (McKinley, 2007). Ao fazer uma releitura do ensino de ciências a partir da teoria pós-colonialista, Lyn Carter (2004) forneceu um panorama dos estudos sobre diversidade cultural no início do século e identificou duas tendências principais. A primeira, caracterizada como perspectiva culturalmente sensível, foca na identidade de estudantes culturalmente diversos e, apesar de reconhecer o universalismo hegemônico da ciência ocidental, alega que todos devem ter acesso ao conhecimento científico para funcionar de forma competente no mundo globalizado. A segunda posição, identificada como abordagem multicultural à ciência, problematiza a ciência ocidental e questiona o lugar do conhecimento do “Outro” na ciência escolar.

A visão de educação em ciências para estudantes indígenas que adotamos em nossos estudos se baseia nas ideias de Masakata Ogawa (1986). Em um artigo intitulado “Toward a rationale of science education in a non-Western society”, o autor propôs uma

nova perspectiva de educação em ciências a partir de uma crítica à perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade. De acordo com Ogawa, a relação “ciência-sociedade” não traz uma racionalidade clara de educação em ciências para sociedades que não são tão fortemente influenciadas pela ciência e pela tecnologia. O autor propôs a substituição do termo “sociedade” por “cultura” por entender que a ciência evoluiu da cultura ocidental. Essa troca torna claro o fato de que a educação em ciências praticada em sociedades ocidentais não representa um padrão para toda a educação em ciências, e sim um modelo particular.

Pensar a Educação em Ciências como a disciplina que se ocupa da interface entre ciência e cultura (em vez de sociedade) leva à seguinte questão: como relacionar a ciência com a cultura tradicional de uma sociedade não ocidental? Tendo em vista que a ciência é um produto da cultura ocidental, só podemos concluir que a ciência deve ser entendida como uma cultura estrangeira para povos não ocidentais. Nesse sentido, é útil adotar como hipótese de trabalho uma perspectiva na qual ciência e tecnologia são vistas como um “invasor cultural” (Ogawa, 1986). Uma vez que a ciência se tornou uma cultura amplamente difundida no mundo, a questão central passa a ser como levar a ciência, enquanto cultura, para dentro de culturas tradicionais. Na visão de Ogawa, as sociedades não ocidentais devem considerar a ciência a partir da sua cultura e não o contrário — ou seja, considerar sua própria cultura a partir do ponto de vista da ciência (isto é, cultura ocidental) —, porque isso significaria renunciar sua própria identidade.

No modelo de Ogawa, existem elementos da cultura tradicional e da cultura científica que podem estar em conflito entre si. O autor focou dois elementos: 1) visão de ser humano e natureza¹⁵

15

No artigo de 1986, Ogawa usou o termo “homem” no elemento “visão de homem e natureza” (“*view of man and nature*”). Adotaremos aqui a expressão “ser humano” no intuito de evitar formas machistas de discurso.

e 2) modo de pensar. A visão de ser humano e natureza se refere à maneira como determinada cultura vê a relação entre a natureza e os seres humanos. O modo de pensar, por sua vez, diz respeito à lógica usada por cada cultura. Obviamente, há outros elementos incluídos na cultura que afetam esses dois elementos. No entanto, ao considerar o ensino de ciências, esses elementos são vistos como sendo os principais em uma cultura, assumindo a premissa de que quanto menor o número de elementos, mais simples é o modelo. Nessa perspectiva, portanto, o conflito entre ciência e cultura tradicional significa o conflito entre suas visões de ser humano e natureza e/ou entre seus modos de pensar.

A partir do modelo de Ogawa, o objetivo do ensino de ciências em sociedades não ocidentais passa a ser o de comparar as visões de ser humano e natureza e os modos de pensar da ciência e da cultura tradicional de modo a esclarecer suas similaridades e diferenças. O entendimento dessas similaridades e diferenças pode ser útil para a tomada de decisão dos estudantes em suas vidas diárias. A racionalidade do modelo de Ogawa (1986) pode ser resumida a partir das seguintes recomendações:

- A ciência deve ser entendida em um contexto cultural e deve ser relativizada.
- Características da ciência como cultura (especialmente sua visão de ser humano e natureza e o modo científico de pensar) devem ser comparadas com características da cultura tradicional.
- A ciência como cultura deve ser considerada a partir da perspectiva cultural dos estudantes.

O modelo de Ogawa nos permite identificar elementos da cultura tradicional de comunidades indígenas que podem estar em conflito com a ciência que é ensinada na escola. Essa é a principal motivação que nos levou à construção da ferramenta analítica.

UMA ABORDAGEM SOCIOCULTURAL AO ENSINO INTERCULTURAL DE ASTRONOMIA

A perspectiva teórica que fundamenta a nossa ferramenta de análise discursiva é a abordagem sociocultural de James V. Wertsch (1991, 1998). O objetivo da abordagem sociocultural é entender como a ação humana está relacionada com o contexto cultural, histórico e institucional no qual ela ocorre. A unidade de análise dessa abordagem é a “ação mediada” (Wertsch, 1991). O pressuposto básico é o de que a ação humana, incluindo a ação mental, é mediada por “ferramentas culturais” (Wertsch, 1998) que moldam a ação de maneira essencial. O termo “ferramenta” é usado em um sentido amplo, incluindo instrumentos de trabalho e formas de mediação semiótica, tais como a linguagem. Tendo em vista que as ferramentas culturais são disponibilizadas em um cenário sociocultural particular, a categoria “ferramenta cultural” estabelece a conexão entre a ação humana e o contexto cultural, histórico e institucional.

Uma propriedade definidora da ação mediada é a de que ela envolve uma “tensão irreduzível” (Wertsch, 1998) entre agentes ativos e as ferramentas culturais que eles empregam para realizar a ação. Essa formulação nos permite ir além do agente individual ao analisar as forças que configuram a ação humana. Nessa perspectiva, tanto os agentes quanto as ferramentas culturais devem ser entendidos como *momentos* ou *dimensões* da ação mediada. Embora seja possível e até desejável abstrair esses momentos como parte de uma estratégia analítica, a relação dialética entre eles é tão fundamental que é mais adequado falar de “indivíduo(s)-agindo-com-meios-mediacionais” (Wertsch, 1991) ao se referir aos agentes envolvidos do que falar simplesmente de indivíduos. Assim, qualquer tentativa de reduzir a ação mediada em qualquer um de seus elementos corre o risco de destruir o fenômeno que está sendo observado.

Na lógica da abordagem sociocultural, a linguagem é uma ferramenta cultural e o discurso é uma forma de ação mediada. Nessa perspectiva, "discurso" se refere tanto a processos comunicativos sociais quanto a processos psicológicos individuais. Essa estreita conexão entre pensamento e fala reflete uma herança intelectual da tradição de Vygotsky (1981), que afirma que as funções mentais superiores, no indivíduo, derivam de processos sociais. Essa tradição, no entanto, incorpora um tipo de racionalismo universal humano e progresso que resulta na tendência de interpretar diferenças culturais em termos de diferenças no estágio de desenvolvimento histórico. Nesse aspecto, a abordagem sociocultural se afasta da tradição de Vygotsky e se aproxima da tradição antropológica de Boas, Sapir e Whorf, que enfatiza as diferenças qualitativas entre culturas, assumindo que cada uma deve ser entendida em seus próprios termos (Wertsch, 1991).

Na abordagem sociocultural, as diferenças entre grupos são entendidas em termos da variedade de ferramentas culturais às quais os indivíduos têm acesso e os padrões de escolha que eles utilizam ao selecionar uma ferramenta particular em uma situação específica. Nesse sentido, em vez de considerar os meios mediacionais como um todo único e indiferenciado, é mais produtivo pensá-los como diversos itens de um "kit de ferramentas" (Wertsch, 1991). A analogia do *kit* de ferramentas é consistente com a noção de "heterogeneidade" de Tulviste (1987), que alega que uma característica fundamental da atividade humana é a existência de uma variedade de formas qualitativamente diferentes de representar e agir sobre o mundo. De acordo com essa perspectiva, tipos qualitativamente diferentes de pensamento verbal coexistem em qualquer cultura e em qualquer indivíduo.

A abordagem sociocultural é compatível com diversas direções de pesquisa. Uma das direções consiste na análise da produção e/ou do consumo de ferramentas culturais. O consumo de ferramentas culturais, em particular, está associado a questões de *domínio*, *apropriação* e *resistência* (Wertsch, 1998). O domínio se refere a como utilizar uma ferramenta cultural com facilidade. A apropriação,

por sua vez, envolve identificar-se com uma ferramenta cultural. Nos casos de mediação textual, por exemplo, apropriar-se de um texto significa acreditar nele, às vezes de forma cega e visceral. A noção de apropriação deriva dos escritos de Bakhtin (1981) e se refere ao processo de tomar a palavra da boca de outra pessoa e torná-la própria. Nesse processo, nem todas as palavras se submetem de forma igualmente fácil à apropriação, podendo soar estranhas na boca daqueles que as pronunciam. Isso aponta para um importante aspecto da apropriação: ela sempre envolve certo nível de *resistência*.

Outra direção de pesquisa compatível com a abordagem sociocultural consiste em analisar propriedades específicas de uma ferramenta cultural particular no intuito de especificar como tais propriedades fornecem “recursos e restrições” (Wertsch, 1998) à ação mediada. Nessa perspectiva, assim como as ferramentas culturais possibilitam a ação humana, elas também a limitam de forma essencial. Mesmo quando uma nova ferramenta cultural liberta os agentes de certas restrições prévias, ela introduz outras, novas, que lhe são próprias. Em virtude disso, o objetivo da ferramenta de análise que estamos propondo é identificar *modos de discurso* (Wertsch, 1987), ou *gêneros de fala* (Bakhtin, 1986), que possibilitam, ao mesmo tempo que restringem, diferentes representações do mundo natural.

UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DISCURSIVA PARA O ENSINO INTERCULTURAL DE ASTRONOMIA

Com o objetivo de identificar semelhanças e diferenças entre a cultura guarani e a cultura científica escolar, como forma de planejar as nossas oficinas, elaboramos um instrumento de análise discursiva inspirado na ferramenta sociocultural de Mortimer e Scott

(2002), mais precisamente no aspecto abordagem comunicativa. A ferramenta de Mortimer e Scott foi desenvolvida para analisar o discurso da sala de aula de ciências e se baseia nas perspectivas de Vygotsky e de Bakhtin, conforme delineadas por Wertsch (1991). Nossa proposta, no entanto, difere da dos autores na medida em que nosso foco de interesse está centrado especificamente em contextos interculturais envolvendo o ensino de ciências.

Para a construção da nossa ferramenta analítica, nos baseamos na metodologia dos *modos de discurso* (Wertsch, 1987). A análise de modos de discurso consiste em uma forma de metadiscurso (ou seja, uma forma de discurso sobre o discurso) capaz de identificar os pressupostos subjacentes a certos padrões de pensamento e fala. Em um estudo sobre o debate norte-americano sobre armas nucleares, Wertsch (1987) delineou duas dimensões segundo as quais os modos de discurso podem ser distinguidos: *escopo de identificação* e *forma de legitimação*. O escopo de identificação se refere ao grupo social com o qual o sujeito se identifica, podendo variar desde o indivíduo até a humanidade. A forma de legitimação, por sua vez, se refere ao raciocínio utilizado para justificar um argumento, podendo variar desde formas baseadas em fatores contextuais específicos até formas baseadas em conceitos mais abstratos.

Com relação ao escopo de identificação, o autor propõe uma distinção entre os modos de discurso *particularista* e *universal*. O modo de discurso particularista se refere a sujeitos que se veem como parte de um Estado-nação específico e implica uma lógica do tipo “nós contra eles”. Já o modo universal diz respeito a indivíduos que se consideram parte de toda a humanidade e resulta em uma atitude do tipo “estamos todos juntos nessa”. Com relação à forma de legitimação, o autor distinguiu entre os modos *descontextualizados* e *contextualizados* de discurso. Enquanto o primeiro se baseia no emprego da lógica formal, representando a realidade a partir de categorias abstratas, independentemente das particularidades do contexto em questão, o segundo apela para aspectos emocionais.

Nossa proposta consiste em flexibilizar essas dimensões de modo a acomodar os elementos da cultura discutidos por Ogawa (1986). Assim, o escopo de identificação é ampliado de modo a incluir não apenas seres humanos, mas também a própria natureza (Latour, 1994). Nesse sentido, uma importante distinção é entre aqueles que se veem como parte da natureza e aqueles que se veem separados dela. Tomando emprestado de Bruno Latour (1994), chamaremos o primeiro modo de "monista" e o segundo, de "dualista". Privilegiar um modo de discurso dualista implica assumir uma lógica do tipo "sociedade *versus* natureza", que concebe a natureza como um objeto de investigação e de exploração para o benefício humano (Watanabe, 1974).

A forma de legitimação, por sua vez, pode ser estendida de modo a incluir o modo de pensar em uma cultura. Isso é importante tendo em vista a centralidade dos mitos¹⁶ em sociedades tradicionais, que fornecem a estrutura teórica necessária para dar sentido a eventos que não têm causas observáveis (Ingle; Turner, 1981). Dessa forma, usaremos provisoriamente a distinção entre pensamento "tradicional" ou "mitológico" e pensamento "racional" ou "científico", conforme discutido por Ingle e Turner (1981).

Com relação a esses termos, é importante destacar que os próprios autores os empregam apenas por conveniência e questionam se esses são, de fato, dois tipos tão diferentes de pensamento. Em particular, a categoria "racional" é aqui utilizada em conexão com a "descontextualização dos meios mediacionais" (Wertsch, 1991) associado ao processo de escolarização formal, no qual unidades linguísticas são abstraídas de seus contextos comunicativos e se tornam objetos de reflexão.

16

Cabe salientar que o uso da expressão *mito* simplifica e pode até ser considerado ofensivo para os povos indígenas, pois se refere a relações atuais e presentes da comunidade com a natureza que estariam mais próximas do sentido de espiritualidade.

Coordenando as duas dimensões supracitadas, obtemos a seguinte matriz 2x2, representada na Figura 1.

Figura 1 – Modos de discurso no ensino intercultural de Astronomia

Escopo de identificação

<i>Dualista</i>	<i>Dualista, Tradicional</i>	<i>Dualista, Racional</i>
<i>Monista</i>	<i>Monista, Tradicional</i>	<i>Monista, Racional</i>

Tradicional Racional → *Forma de legitimação*

Fonte: elaborada pelos autores, adaptada de Wertsch (1987).

A combinação das categorias resulta em quatro modos de discurso: a) discurso monista-tradicional; b) discurso dualista-tradicional; c) discurso monista-racional; e d) discurso dualista-racional.

Nos termos das categorias fornecidas pela nossa ferramenta de análise, o discurso científico é normalmente caracterizado pelo modo *dualista-racional*, uma vez que é baseado na lógica formal e adota o mundo natural como objeto de estudo. No entanto, alguns discursos relativos à área da Biologia podem usar o modo *monista-racional* ao usar a lógica formal para classificar o ser humano como pertencendo ao reino animal. Por outro lado, discursos bíblicos sobre o homem ter sido criado à imagem e semelhança de Deus representam o modo *dualista-tradicional*, tendo em vista que seguem uma lógica religiosa que coloca o ser humano em uma posição de destaque em relação aos outros seres vivos. Já discursos ligados a práticas culturais indígenas podem estar associados ao modo *monista-tradicional*, pois são orientados por uma lógica espiritual que concebe o ser humano como estando em harmonia com a natureza.

Um exemplo desse último caso pode ser encontrado no trabalho de Moreira e Moreira (2015, p. 27), no qual os autores afirmam que “Nhamandu, o Pai Sol, guia a Mãe Terra, a Lua, as Estrelas e os Seres Vivos, e é guiado por Nhanderu Tenonde”. Além da lógica baseada na espiritualidade, o enunciado utiliza os “Seres Vivos” como escopo de identificação. É importante destacar que, ao identificar o modo de discurso usado pelos autores, não estamos dizendo que esse é o *único* modo disponível em sua cultura ou que o modo em questão é empregado *somente* nessa cultura. De modo similar, seria um absurdo sugerir que o pensamento de pessoas ocidentais de países desenvolvidos é sempre racional (Ingle; Turner, 1981). De acordo com a noção de heterogeneidade discutida por Tulviste (Wertsch, 1991), diferentes tipos de pensamento não correspondem a diferentes culturas, mas a diferentes formas de atividade.

Voltando às quatro categorias delineadas acima, cabe esclarecer que os modos de discurso não devem ser interpretados como sendo *ideologias* ou *visões de mundo*. Eles são formas de “enquadrar” (Wertsch, 1987) o pensamento e a fala e, como tal, podem restringir a perspectiva que alguém possa vir a adotar. No entanto, os modos de discurso, por si só, não especificam qualquer visão de mundo particular. Além disso, os modos de discurso representam alternativas excludentes. Isso significa que é possível mudar de um modo de discurso para outro, mas não usar mais de um simultaneamente. Isso levanta a questão de por que um modo discursivo particular é “privilegiado” (Wertsch, 1991) em detrimento de outros em uma situação específica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, propusemos uma ferramenta de análise discursiva para investigar o ensino de ciências em contextos interculturais. O contexto intercultural que serviu de base para a construção

da ferramenta foi formado por oficinas de Astronomia realizadas em uma escola estadual indígena. Após apresentar uma breve descrição do nosso projeto de extensão, expusemos nossa visão de educação em ciências para estudantes indígenas e o referencial teórico que baseou a construção da ferramenta. Por fim, delineamos as dimensões de análise da ferramenta, com base na proposta de Wertsch (1987), o que resultou em uma taxonomia de modos de discurso. Os modos de discurso resultantes são: monista-tradicional, dualista-tradicional, monista-racional, dualista-racional.

A ferramenta de análise aqui proposta, se relativizada, pode ser utilizada em contextos socioculturais diversos. A noção de ciência como uma "cultura estrangeira" (Ogawa, 1986) pode orientar o ensino de ciências em escolas públicas urbanas uma vez que a função social da escola é a reprodução do arbitrário cultural da classe dominante (Bourdieu; Passeron, 1975). Nesse sentido, as experiências de estudantes das classes dominadas podem ser entendidas como uma "travessia de fronteira" (Aikenhead, 1996) para a subcultura da classe dominante. Outro possível contexto é o incentivo à inclusão de meninas em atividades de ciência e tecnologia. Tendo em vista que a ciência foi historicamente construída por homens de uma sociedade patriarcal, a ciência escolar também pode ser entendida como um invasor cultural para as mulheres, especialmente no que diz respeito às "formas de saber" (Belenky *et al.*, 1986).

É importante salientar que o nosso objetivo com a ferramenta analítica não é representar o "Outro" (Said, 1978). Nossa proposta consiste em identificar elementos da ciência escolar que possam estar em conflito com a cultura tradicional. A identificação desses elementos pode representar um importante passo para ações pedagógicas que veem a ciência como um invasor cultural e que busquem genuinamente apresentar a ciência como uma cultura estrangeira. Da mesma forma que aprender uma língua estrangeira não implica a supressão da língua materna, a educação em ciências não precisa se tornar "assimilação cultural" (Aikenhead, 1996), mas,

em vez disso, pode representar um aumento do repertório intelectual de estudantes indígenas, adicionando a seu acervo conhecimentos sobre a cultura ocidental. Relativizar a ciência como um elemento da cultura ocidental é uma postura que pode ajudar o ensino de ciências a promover um diálogo mais horizontal com outras culturas, no qual dominação e marginalização são substituídas por respeito mútuo e entendimento (Pomeroy, 1994).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida ao terceiro autor deste capítulo.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. Science education: border crossing into the subculture of science. **Studies in Science Education**, v. 27, n. 1, p. 52, 1996.

BAKER, D.; TAYLOR, P. C. S. The effect of culture on the learning of science in non-western countries: the results of an integrated research review. **International Journal of Science Education**, v. 17, n. 6, p. 695-704, 1995.

BAKHTIN, M. M. **The dialogic imagination**: four essays by M. M. Bakhtin. Austin: University of Texas Press, 1981.

BAKHTIN, M. M. **Speech genres and other late essays**. Austin: University of Texas Press, 1986.

BELENKY, M. F. *et al.* **Women's ways of knowing**: the development of self, voice, and mind. New York: Basic Book, 1986.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J.-C. **A reprodução**: elementos para uma teoria do sistema de ensino. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica**. Brasília: CNE, 2012. Disponível em: portal.mec.gov.br/component/content/323-secretarias-112877938/orgaos-vinculados-82187207/18692-educacao-indigena. Acesso em: 4 maio 2024.

BRUXEL, G.; PEREIRA, A. P.; PAVANI, D. B. Atividade com gnômon astronômico em uma comunidade indígena: uma reinterpretação do conhecimento científico pela cultura Guarani-Mbyá. **XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: SBF, 2018.

CARDOSO, W. T. Descrevendo constelações indígenas: resultados obtidos em oficinas numa escola tukano do noroeste amazônico. **Avá**, n. 35, p. 155-180, dez. 2019.

CARTER, L. Thinking differently about cultural diversity: using postcolonial theory to (re) read science education. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 819-836, 2004.

COLE, M. Cross-cultural research in the sociocultural tradition. **Human Development**, v. 31, n. 3, p. 137-157, 1988.

DRIVER, R. *et al.* Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

INGLE, R. B.; TURNER, A. D. Science curricula as cultural misfits. **European Journal of Science Education**, v. 3, n. 4, p. 357-371, 1981.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994. (Coleção TRANS).

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 25-38, 1999.

MCKINLEY, E. Postcolonial, indigenous students, and science education. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2007. p. 199-226.

MOREIRA, G.; MOREIRA, W. C. **Calendário cosmológico**: os símbolos e as principais constelações na visão Guarani. Florianópolis: Centro de Filosofia e Ciências Humanas, 2015.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

NASCIMENTO, H. A. S.; GOUVÊA, G. Diversidade, Multiculturalismo e Educação em Ciências: olhares a partir do Enpec. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 469-496, 2020.

OGAWA, M. Toward a new rationale of science education in a non-Western society. **European Journal of Science Education**, v. 8, n. 2, p. 113-119, 1986.

PICCININI, C.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 6, n. 1, p. 24-37, 2004.

POMEROY, D. Science education and cultural diversity: mapping the field. **Studies in Science Education**, v. 24, n. 1, p. 49-73, 1994.

SAID, E. **Orientalism**. London: Routledge, 1978.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 140-152, 2001.

SILVA, L. S.; TEMPASS, M. C.; GARCIA, N. M. Infância Mbyá-Guarani e o processo educativo dos "pequenos indígenas" da Tekoá Pindó Mirim. **Revista Antropologia da UFSCAR**, v. 11, n. 1, p. 204-231, 2019.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Autêntica, 1999.

TUL'VISTE, P. L. Lévy-Bruhl and problems of the historical development of thought. **Soviet Psychology**, v. 25, n. 3, p. 3-21, abr. 1987.

VYGOTSKY, L. S. The genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J. V. (ed.). **The concept of activity in Soviet psychology**. Armonk: Sharpe, 1981. p. 144-188.

WATANABE, M. The conception of nature in Japanese Culture. **Science**, v. 183, n. 4122, p. 279-282, 1974.

WERTSCH, J. V. Modes of discourse in the nuclear arms debate. **Current Research on Peace and Violence**, v. 10, n. 2/3, p. 102-112, 1987.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind**: a sociocultural approach to mediated action. Massachusetts: Harvard University Press, 1991.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.

WIRTI, L. E.; PEREIRA, A. P.; PAVANI, D. B. Ensinando Astronomia para crianças indígenas: quem precisa atravessar a fronteira? **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Porto Alegre: ABRAPEC, 2019.

5

*Rodrigo Weber Pereira
Leonardo Albuquerque Heidemann*

O USO DO COMPUTADOR PARA UMA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA:

**ALTERNATIVAS PARA ABORDAR ELEMENTOS SOBRE
A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA**

INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais digital e conectado, a escola contemporânea precisa ser integrada ao universo das tecnologias para que tanto estudantes quanto professores/as possam usar continuamente computadores e dispositivos móveis para explorar recursos digitais e ferramentas de aprendizado interativas alinhadas com as necessidades específicas de cada contexto. Particularmente nas aulas de Física, os/as estudantes precisam, entre outras coisas, interagir com simulações computacionais, investigando a influência de diferentes parâmetros e variáveis na evolução dos fenômenos físicos, o que favorece bons resultados de aprendizagem dos conceitos e teorias científicas.

As pesquisas na área de ensino de Ciências corroboram essa concepção de escola na medida em que evidenciam que atividades com simulações computacionais podem proporcionar ao/à estudante (p. ex., Medeiros; Medeiros, 2002, Andrade; Viveiro; Viegas D'Abreu, 2024; Jaime; Leonel, 2024):

1. múltiplas representações simultâneas de um modelo teórico;
2. diminuição ou aumento do nível de complexidade do fenômeno a ser investigado, incluindo ou excluindo parâmetros e variáveis na representação, criando uma situação experimental que possibilita aos estudantes a concentração em elementos fundamentais;
3. representações pictóricas de conceitos e relações abstratas da Física;
4. execução e repetição de uma experiência de forma rápida, possibilitando dedicar mais tempo para os aspectos conceituais do modelo estudado;

5. construção de sentimentos favoráveis em relação à Física; e
6. interação com “experimentos virtuais” substitutos de experimentos reais potencialmente perigosos, caros ou que, por algum motivo, não são passíveis de reprodução em laboratório.

Se, por um lado, as pesquisas mostram potencialidades no uso de simulações computacionais, por outro, a análise das discussões teóricas sobre objetivos do ensino de Ciência nos mostra que essas investigações costumam estar focadas em uma única dimensão: a aprendizagem de conceitos e teorias. Ao menos desde quando a área de pesquisa em ensino de Ciências se aproximou de discussões sobre a filosofia da Ciência, principalmente por meio de debates sobre as ideias de Karl Popper e de Thomas Kuhn, os objetivos do ensino de Física passaram a ser repensados, englobando aspectos relacionados com, por exemplo, a gênese e a ontologia do conhecimento. Hodson (2014), por exemplo, destaca a “aprendizagem sobre ciências” como um dos objetivos centrais da educação científica. Em um momento histórico como o que vivemos, em que o conhecimento científico é tão atacado e desprezado, esse objetivo passa a ter uma relevância ainda maior. Identificar os elementos que caracterizam o conhecimento científico é fundamental para que as pessoas exerçam plenamente sua cidadania, participando ativamente dos debates que circundam questões sociocientíficas, não sucumbindo aos discursos propagados pelos movimentos anticientíficos. Gurgel (2023, p. IX) ressalta tal cenário dizendo: “se há pouco algumas pessoas poderiam achar que discutir a natureza das ciências seria um ‘luxo filosófico’, hoje a Epistemologia está no centro dos debates sociais”.

Aprender sobre a ciência demanda

[d]esenvolver uma compreensão das características da investigação científica, do papel e status do conhecimento que ela gera, das circunstâncias sociais e intelectuais que cercam a origem e o desenvolvimento

de teorias científicas importantes, das maneiras pelas quais a comunidade científica estabelece e monitora a prática profissional, incluindo um conhecimento robusto das convenções linguísticas para relatar, defender, escrutinar e validar alegações científicas, e da consciência das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Hodson, 2014, p. 2537).

Evidentemente, diferentes tipos de atividades precisam ser desenvolvidos para que os/as estudantes alcancem um objetivo com tamanha complexidade. Isso pode incluir, por exemplo, estudos de caso históricos e contemporâneos, debates sobre biografias e autobiografias e visitas a laboratórios de pesquisa ou outros locais onde a ciência é praticada. É importante destacar aqui que a literatura da área de pesquisa em ensino (p. ex., Lederman, 2006; Hodson, 2014) demonstra que é necessário tornar o “aprendizado sobre ciência” explícito, ressaltando aos alunos os aspectos-chave sobre ciência, cientistas e prática científica na medida do possível.

Procurando contribuir para a expansão das potencialidades das tecnologias no contexto educacional, particularmente do uso de simulações computacionais no ensino de Física, propomos, neste capítulo, alternativas para promover atividades em que esses recursos são explorados com o objetivo de proporcionar a aprendizagem sobre ciências. Especificamente, apresentamos exemplos de atividades em que simulações computacionais são exploradas com o objetivo de promover a compreensão de três aspectos fundamentais da filosofia da Ciência, quais sejam: i. o caráter representacional dos modelos científicos e a relação entre modelos e experimentos na Ciência; ii. a natureza das medições científicas e as implicações das incertezas experimentais; e iii. as diferenças entre as noções de causalidade, determinismo e previsibilidade.

Nosso objetivo aqui será diferente das reflexões de Seoane, Greca e Arriasecq (2022) e de Develaki (2019), que expõem profundos debates sobre aspectos epistemológicos relacionados com o papel das simulações computacionais na Ciência e no seu ensino. Com um viés didático, propomos reflexões sobre potencialidades do uso do computador na medida em que expomos três exemplos de atividades produzidas por participantes do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFRGS com o uso do *software* Insight Maker. Destacamos que não temos como objetivo propor uma discussão sobre a natureza da Ciência, de modo que, em muitos momentos, partimos do pressuposto de que o/a leitor/a possui domínio suficiente sobre o tema para compreender os debates epistemológicos desenvolvidos.

No primeiro exemplo, apresentado na próxima seção, apresentamos uma atividade sobre o movimento de corpos com massa variável, em que se demonstra que a escolha do melhor modelo teórico para representar os dados coletados envolve mais do que a análise da qualidade do ajuste dos modelos, demandando também uma avaliação das hipóteses assumidas (Heidemann; Campomanes; Araujo, 2021). No segundo exemplo, exposto na seção subsequente, apresentamos o uso de uma atividade sobre o paradoxo de queda livre com o objetivo de promover debates sobre o papel dos modelos científicos no processo de medição, particularmente implicações das incertezas experimentais nas previsões produzidas na Ciência (Silva; Heidemann; Campomanes, 2023). Por fim, na última seção antes do fechamento deste capítulo, expomos uma atividade sobre o movimento de um pêndulo amortecido forçado como uma alternativa para se debater os conceitos de causalidade, determinismo e previsibilidade, que são fundamentais para se compreender os pilares da construção do conhecimento (Weber; Heidemann; Martins, 2023). Essas três atividades são discutidas em nível adequado a cursos de Ensino Superior, mas, com adaptações, podem ser transpostas para o Ensino Médio.

O PAPEL DAS IDEALIZAÇÕES NOS MODELOS CIENTÍFICOS: VALIDANDO MODELOS CIENTÍFICOS PAUTADOS POR DIFERENTES HIPÓTESES REPRESENTACIONAIS

Antes de discutirmos a validação de modelos, é essencial ter clareza sobre o *status* ontológico do modelo com o qual se trabalha. Por exemplo, podemos estar lidando com modelos “históricos” (Justi; Gilbert, 1999), que já tiveram um papel de maior proeminência no passado, mas que no presente cumprem funções diversas, como motivar o estudo de uma nova disciplina. É o caso do modelo atômico de Bohr, que até hoje é utilizado para fazer a ponte entre a mecânica clássica e a quântica. Já modelos “científicos” são entendidos como modelos válidos para uma certa comunidade de cientistas que partilha o significado atribuído a esse modelo (Gilbert, 2004). Tais modelos podem ser consensuais ou não, a depender do seu reconhecimento pelos pares. Um exemplo de modelo consensual é o modelo de dipolo oscilante, conhecido como oscilador de Hertz, que explica a radiação emitida por cargas aceleradas. Por outro lado, modelos não consensuais são aqueles debatidos no âmbito da fronteira da Ciência e ainda não são amplamente aceitos pela comunidade científica.

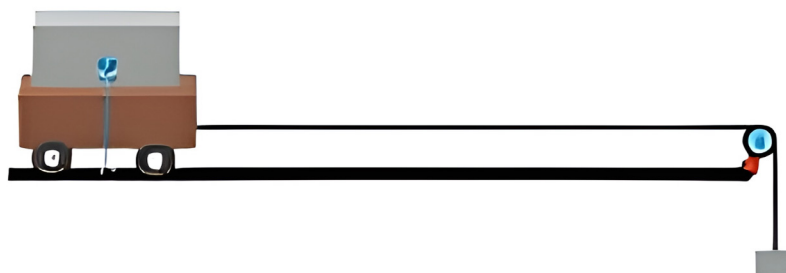
Em situações de ensino, o mais usual é a utilização de modelos “curriculares”, aqui chamados de modelos didático-científicos (Brandão; Araujo; Veit, 2011). Tipicamente, esses modelos são construídos com o objetivo de representar um objeto/evento físico, capturando seus aspectos essenciais. Nesse processo, é necessário fazer idealizações e simplificações que permitam, em última análise, a difusão desse modelo no âmbito do ensino. Por exemplo, ao descrever a propagação da luz na matéria, pode-se optar por analisar a situação idealizada em que o meio em questão é linear, homogêneo e isotrópico, o que permite estender o tratamento da luz no vácuo à matéria.

Nesse mesmo contexto, uma simplificação usual é considerar o meio como desprovido de cargas (e, portanto, correntes) livres. Ambas as simplificações e idealizações adotadas facilitam enormemente a solução das equações de Maxwell, que compõem a teoria subjacente ao modelo de propagação da luz. Esse processo consciente de construção do modelo didático é referido como o processo de modelagem científica.

Mesmo que os modelos sejam, por construção, representações aproximadas de eventos físicos, muitos estudantes compreendem que os modelos são imagens especulares da realidade, ignorando seu caráter eminentemente representacional (p. ex., Zu Belzen; Krüger; Van Driel, 2019). Tal falta de clareza é reforçada por atividades que supostamente se destinam a “provar” certa teoria ou modelo. Buscando combater essa dificuldade, Heidemann, Campomanes e Araujo (2021) propõem uma atividade experimental, com uso de recursos tecnológicos como os *softwares* Tracker e Insight Maker. Essa tarefa tem como objetivo apresentar a contrastação empírica de modelos teóricos explorando o caso particular do movimento de corpos com massa variável, como forma de destacar o papel do processo de modelagem científica. Na referida atividade, os autores propõem uma discussão sobre como um problema sobre a contrastação empírica de modelos científicos possibilita debates sobre a natureza da ciência, em particular sobre o caráter representacional do conhecimento científico e sobre o papel da experimentação no fazer científico. A seguir, explica-se a proposta.

Para motivar a atividade experimental, a seguinte situação-problema é enunciada: “Lançamento de foguetes, precipitação de areia sobre uma correia transportadora e caminhões-pipa regando longas extensões de terra são exemplos de situações que envolvem movimentos de corpos com massa variável. *Como a perda de massa de um corpo influencia seu movimento?*” Uma forma de responder à questão suscitada consiste em investigar uma situação mais simples, como a ilustrada na Figura 1: um carrinho que carrega um recipiente de água com um vazamento decorrente de um pequeno furo lateral é puxado sobre um trilho por um fio tracionado por um pequeno objeto fixado na sua extremidade após passar por uma polia muito leve.

Figura 1 – Representação da montagem experimental explorada.
A água do recipiente acoplado ao carro escorre por meio de um furo presente em uma das suas paredes laterais



Fonte: Heidemann, Campomanes e Araujo (2021).

Para representar o evento à luz de um modelo didático-científico, faz-se necessário responder a algumas questões: quais forças resistivas influenciam o movimento do carro? O que precisa ser considerado em um modelo teórico quando desejamos representar esse evento?

Sem exaurir todas as possíveis forças que podem influenciar o movimento do carrinho, os autores listam algumas forças que poderiam ser consideradas, a saber: força tensora $\vec{F}_T = mg\hat{i}$ realizada pelo fio fixado no carro, onde m é a massa do objeto pendurado e g é a intensidade do campo gravitacional; força de arrasto com o ar $\vec{F}_{\text{Arrasto}} = -(k_1 v + k_2 v | v |) \hat{i}$, onde v é a velocidade do carrinho e k_1 e k_2 são, respectivamente, os coeficientes de arrasto viscoso e inercial; força de resistência ao rolamento $\vec{F}_{\text{Rol}} = -\alpha M g \hat{i}$, em que M é a massa do carro e α é o coeficiente de resistência ao rolamento, que depende principalmente da deformação da roda do carro; e força interna, conhecida como força de empuxo, decorrente da vazão de água no recipiente $\vec{F}_u = M (\vec{v} - \vec{v}_{\text{Rel}})$, onde $\vec{v}_{\text{Rel}}$ é a velocidade da água saindo pelo orifício em relação ao carrinho. Como definir qual é o melhor modelo para representar um conjunto de dados?

O modelo teórico mais complexo que se pode construir com o que foi considerado até aqui é aquele em que todas as forças propostas são mobilizadas. Ou seja, um modelo com força resultante $\vec{F}_{res} = M(t)\vec{a} = \vec{F}_T + \vec{F}_{Arrasto} + \vec{F}_{Rol} + \vec{F}_u$. No entanto, é pertinente se questionar: um modelo que considera mais variáveis e parâmetros realmente possibilita uma compreensão mais ampla do evento investigado? Quão relevantes são as forças de arrasto ou de resistência ao rolamento, dado que a velocidade do carrinho é baixa e suas rodas são rígidas? Em outras palavras, que idealizações são pertinentes quando se deseja representar o evento em questão?

Os autores argumentam que essas questões são valiosas para professores que desejam enriquecer o debate em suas aulas de Física incorporando elementos sobre a natureza da ciência. Isso envolve uma reflexão sobre como os cientistas tomam decisões ao escolher as idealizações e aproximações em seus modelos. Responder a perguntas desse tipo exige uma análise profunda do processo de modelagem científica, destacando o aspecto representacional do conhecimento científico. Tais questões dirigiram o processo de modelagem científica e, conseqüentemente, a contrastação dos diferentes modelos teóricos elaborados.

Outro aspecto do processo de modelagem científica e, conseqüentemente, da natureza da ciência que os professores podem explorar a partir da investigação apresentada diz respeito aos critérios para avaliar se certos aspectos da realidade devem ou não ser considerados em um modelo teórico. É importante notar que essa avaliação vai além de simplesmente analisar a qualidade do ajuste das equações matemáticas aos dados experimentais, como destacado por Silveira e Ostermann (2002) e Mayo (2000). Isso ocorre porque escolher uma função que se ajusta bem a um conjunto de dados é pouco útil se não conseguirmos explicar o significado físico dessa função.

Os dados experimentais utilizados para testar os modelos teóricos desenvolvidos foram coletados por meio da análise de vídeos usando o Tracker, um *software* de código aberto dedicado à

videoanálise no ensino de Física (Wee *et al.*, 2012; Heidemann; Araujo; Veit, 2012). Aproveitando-se do princípio de que vídeos são sequências de imagens (quadros), o *software* permite registrar a posição de um objeto em cada quadro e fornece ferramentas para analisar esses registros. Para realizar o estudo, foram feitos dois experimentos, rendendo três vídeos. No primeiro experimento, capturado pelo vídeo 1, o carrinho se moveu com o furo tampado, de forma que sua massa permaneceu constante ao longo do movimento. No segundo experimento, em que o carrinho se movia com o furo aberto e, consequentemente, sua massa era variável, foram feitos dois vídeos: um focando o movimento do carrinho (vídeo 2), como no vídeo 1, e outro em um recipiente contendo a água que vazou durante o movimento (vídeo 3).

A partir do vídeo 1, os autores coletaram dados de posição em função do tempo do carrinho e puderam inferir os coeficientes k_1 , k_2 e α . Nesse método, presumiu-se que as constantes de proporcionalidade das forças de arrasto e de resistência ao rolamento são independentes da massa do carrinho. O vídeo 3 permitiu a determinação da taxa de variação da massa do recipiente M por meio de um ajuste polinomial de primeira ordem, gerando uma função explícita $M(t)$. Por fim, foram coletadas evidências empíricas da posição em função do tempo do carrinho com o vídeo 2. O procedimento descrito vai além do simples uso de métodos estatísticos para ajustar modelos teóricos aos dados experimentais coletados, pois inclui a realização de previsões com base em dados previamente medidos e a avaliação das diferenças entre essas previsões e as evidências empíricas. A análise dessas diferenças é utilizada como critério para determinar a pertinência das idealizações propostas. Isso permitiu que, utilizando os parâmetros determinados nos vídeos 1 e 3, fossem realizadas previsões contrastáveis, discutidas a seguir.

As previsões foram realizadas tanto por meio de soluções analíticas como por meio de soluções numéricas. Para se obterem soluções numéricas, foi utilizado o *software* Insight Maker, um *software on-line* e *open-source* para simulação computacional que permite a modelagem

de arrasto viscoso. No terceiro, apenas a resistência ao rolamento é incluída. No quarto, incluem-se tanto a força de arrasto viscoso quanto a resistência ao rolamento. No quinto, são consideradas as forças de arrasto viscoso e inercial. No último, todas as forças resistivas mencionadas anteriormente são levadas em conta. A análise dos resultados evidenciou que todos os modelos utilizados representam relativamente bem o evento em questão. A diferença entre as previsões da posição do carrinho e a sua posição medida não excedeu 3,4 cm (o que representa apenas 1,48% do percurso total do carrinho) em nenhum dos modelos investigados.

Neste ponto, podemos imediatamente identificar o valor dos modelos didático-científicos, pela sua capacidade de apreender aspectos essenciais dos fenômenos e proporcionar descrições que se constituem em boas aproximações. De fato, diferentes modelos podem ser concebidos para descrever um mesmo fenômeno, sem haver, necessariamente, perda de informações relevantes.

É natural que, na busca por precisão, se procure expandir os modelos usados para incorporar efeitos antes desconsiderados. É de se esperar, portanto, que a inclusão de mais parâmetros tornaria os resultados mais precisos. Entretanto, a análise dos resultados evidencia que o modelo teórico que melhor representou os dados experimentais foi o terceiro, que considera como força resistiva apenas a força de resistência ao rolamento.

Mas como um modelo menos completo foi mais preciso do que um modelo que leva em consideração mais influências físicas? Os autores explicam isso apontando a influência dos parâmetros k_1 , k_2 , α e $\dot{M}(t)$: as previsões utilizadas no processo de contrastação empírica foram construídas a partir dos valores desses parâmetros, mensurados com o vídeo 1. No artigo, mostra-se que, se fossem feitos ajustes a partir de parâmetros completamente definidos pelos dados experimentais coletados no vídeo 2, ou seja, se a curva ajustada fosse definida pelos próprios dados experimentais que se busca representar,

os modelos com mais parâmetros produziram, sim, previsões mais precisas. No entanto, isso implicaria uma contrastação empírica frágil, pois seria inteiramente fundamentada em um único conjunto de dados. Portanto, de fato, o modelo mais completo resultaria em uma previsão mais acurada caso fosse realizado um simples ajuste da curva desse modelo aos dados, mas a contrastação produzida seria marcada por desconfiança, resultando em conclusões menos significativas. Uma contrastação pautada em parâmetros oriundos da análise do vídeo 1, ou seja, de um outro experimento, em que a massa do carrinho é constante, é mais audaz. No entanto, as incertezas envolvidas no processo de otimização para a inferência dos parâmetros a partir do vídeo 1 fizeram com que o terceiro modelo, mesmo não sendo o mais completo, proporcionasse previsões com maior acurácia em comparação com outros modelos que possuem mais parâmetros a serem ajustados. Isso não significa que o terceiro modelo é mais completo do que os outros expostos; apenas indica que, com os procedimentos realizados, as melhores previsões foram alcançadas com ele. Com outros procedimentos, outros resultados poderiam ter sido obtidos.

Com base no exposto, professores podem usar essa situação experimental em uma aula de Física para ensinar conceitos como referencial, força e *momentum* linear, além de discutir a natureza do conhecimento científico. Em sala de aula, pode-se: i. destacar que um experimento não prova um modelo científico ou mesmo, isoladamente, o refuta, mas oferece apoio empírico para avaliar o domínio de validade dos modelos; ii. evidenciar que o conhecimento científico é representacional, mostrando que modelos teóricos têm validade limitada pelas idealizações e podem ser expandidos para outros eventos; e iii. discutir o caráter humano da modelagem científica, ressaltando que a escolha das idealizações é influenciada por conhecimentos, objetivos e crenças, e que a construção de modelos envolve criatividade e inspiração, além de procedimentos não algorítmicos.

A NATUREZA DAS MEDIÇÕES CIENTÍFICAS E SUAS IMPLICAÇÕES: SIMULANDO A PROPAGAÇÃO DE INCERTEZAS

A medição científica é uma ação tão corriqueira nos laboratórios de Física que pode parecer um procedimento empírico neutro, desvinculado de qualquer concepção epistemológica e afastado de questões filosóficas. No entanto, a medição científica é profundamente dirigida pelos modelos científicos mobilizados no laboratório (Pigosso; Heidemann; Veit, 2024), e a forma como os dados coletados são tratados é correlacionada à concepção de ciência dos estudantes (Lubben, 2001). Só medimos o que concebemos previamente em modelos que representam o objeto ou evento investigado. Como esses modelos são representações simplificadas, é natural que as medições não reflitam exatamente o que foi idealizado. Isso ocorre porque as idealizações dos modelos raramente são totalmente respeitadas nos experimentos, mesmo com o controle intencional dos aparatos.

Em uma revisão da literatura recente, Pigosso e Heidemann (2023) identificaram que a área de ensino de Física ainda demonstra pouca preocupação com o ensino do processo de medição. No geral, as pesquisas relacionadas ao processo de medição no Brasil têm caráter predominantemente empírico. Nos artigos dedicados ao tema, a ênfase geralmente recai sobre a coleta e a interpretação de dados experimentais, sendo o processo de planejamento da medição menos explorado. Em outras palavras, a medição é feita com pouca ou nenhuma reflexão sobre a relação entre o mensurando e o resultado da medição: a ênfase é basicamente no tratamento estatístico dos dados. Os autores verificaram, ainda, que pesquisas realizadas em diversos níveis de ensino mostram que os estudantes têm dificuldades em relacionar variáveis, interpretar dados e processá-los. Nesta seção, propõe-se uma alternativa para mitigar esses problemas.

Para ilustrar o problema da medição, consideremos o ato de medir a corrente elétrica que passa por um fio quando um resistor é conectado a uma fonte de tensão aproximadamente constante. Naturalmente, vão ocorrer, por exemplo, variações na tensão de saída da fonte, por menor que elas possam ser. Ainda assim, no modelo didático-científico, atribuímos um valor constante, acompanhado da sua incerteza, para a corrente elétrica no circuito. Portanto, consideramos um parâmetro que só tem significado nessa representação simplificada, em que a corrente elétrica é concebida como constante, ou seja, atribuímos uma propriedade para algo que sabemos que só ocorre de modo aproximado no evento investigado. Dessa perspectiva, uma das causas das incertezas experimentais são as diferenças entre o modelo de referência e o evento investigado: como a corrente elétrica do circuito não é constante, ocorre uma flutuação nos dados coletados, decorrente da variação da tensão de saída da fonte, ainda que possamos atribuir um valor, acompanhado da sua incerteza, para essa corrente elétrica.

Além do modelo em si, o instrumento de medida utilizado tem limitações que muitas vezes estão além do nosso controle, sendo ele próprio uma fonte de erros e incertezas. No caso da medida da corrente elétrica, o ato de conectar um amperímetro no sistema-alvo da medição já altera a corrente que efetivamente passaria por ele, já que o amperímetro é uma resistência adicional no circuito. Mesmo que se use um alicate amperímetro, projetado com alta impedância para minimizar efeitos de indução, o fenômeno introduz um erro na medida que pode ou não ser aceitável, dependendo do grau de precisão desejado para a medida. Em resumo, erros e incertezas são inerentes às medições e seus efeitos têm implicações importantes do ponto de vista prático e epistemológico.

À primeira vista, pode parecer que as simulações computacionais estariam imunes ao problema das incertezas nas medidas. Isso porque, ao estipular as condições iniciais hipotéticas de

um sistema-alvo da simulação, podemos argumentar que estamos simulando uma situação que poderia ser real, desde que, de fato, o sistema tivesse aquelas condições iniciais. Nesse sentido, o único problema das simulações seria o erro associado ao método de integração numérica. Entretanto, do ponto de vista epistemológico, será que faz sentido esse raciocínio? Se o sistema-alvo da simulação em questão fosse reproduzido no laboratório, obteríamos os mesmos resultados? Para isso, teríamos que garantir que as condições iniciais do sistema fossem as mesmas utilizadas no computador. Entretanto, no mundo real, como vimos no exemplo da corrente, isso é impossível, já que qualquer medida tem erros e incertezas.

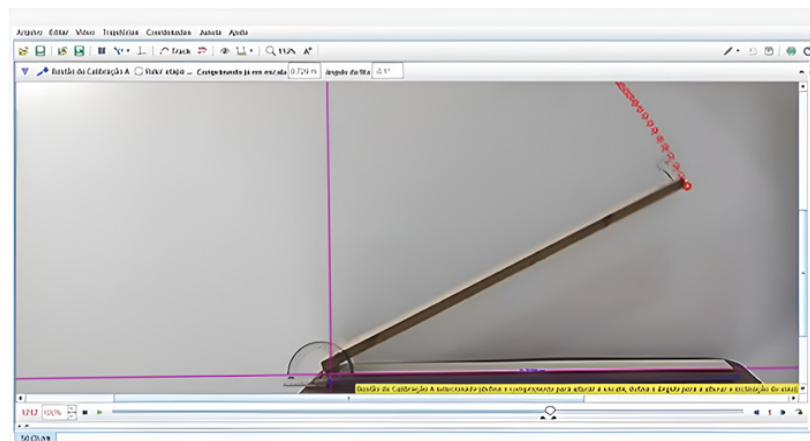
Uma forma de resolver esse problema seria incorporar a incerteza experimental na medida das condições iniciais na simulação e, a partir disso, avaliar seus efeitos, da mesma forma como se faz no método da propagação de incerteza pelo método das derivadas (Junior *et al.*, 2013). Evidentemente, isso exigiria um alto grau de aproximação e interatividade entre as atividades experimentais e computacionais.

Embora a integração de simulações computacionais com experimentos de laboratório tenha benefícios bem estabelecidos na literatura de ensino de ciências, planejar atividades que explorem essa complementaridade pode ser desafiador para professores de Física. Uma dificuldade é criar atividades que integrem efetivamente experimentação e simulação computacional, em vez de tratá-las como duas atividades desconectadas. Por isso, Silva, Heidemann e Campomanes (2023) propõem uma alternativa para promover uma integração robusta, em que os resultados empíricos de uma investigação são modelados computacionalmente e as implicações das incertezas dos experimentos são avaliadas.

Propõe-se que as implicações das incertezas experimentais, normalmente tratadas por métodos analíticos de propagação de incertezas, sejam inicialmente analisadas por meio da simulação numérica dos modelos teóricos de referência. Para exemplificar essa abordagem, os autores exploram uma investigação em que dados coletados com o *software* Tracker são contrastados empiricamente com um modelo teórico representado no Insight Maker. O exemplo abordado se refere ao fenômeno frequentemente associado ao “paradoxo da queda livre”, em que uma barra, com uma de suas extremidades fixa em uma superfície por meio de uma dobradiça, é liberada quando está inclinada. Demonstra-se que a aceleração da extremidade livre da barra varia de acordo com o seu ângulo em relação à superfície, podendo, em determinadas condições, exceder a aceleração de queda livre, o que constitui uma aparente contradição.

Para investigar essa situação, primeiramente os autores constroem um modelo teórico que descreve a velocidade e a aceleração de diferentes pontos da barra, deduzindo soluções analíticas para esse modelo. Os dados empíricos são coletados a partir da videoanálise da queda de uma barra rígida, com uma das extremidades fixada em um suporte por meio de dobradiças. A barra utilizada tinha comprimento $L = (0,729 \pm 0,010)m$ e os ângulos iniciais de queda foram de $\theta = 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ e 60° , com uma incerteza de $\pm 1^\circ$. O *software* Tracker foi usado para medir a posição da extremidade da barra em função do tempo, como evidenciado pela Figura 3. Já o *software* Insight Maker foi usado para prover soluções numéricas a partir do modelo construído, com enfoque na análise das implicações das incertezas dos dados coletados. O processo de análise envolveu a comparação das soluções analíticas do modelo teórico com suas soluções numéricas, assim como com dados experimentais, integrando, efetivamente, teoria, simulação e experimentação.

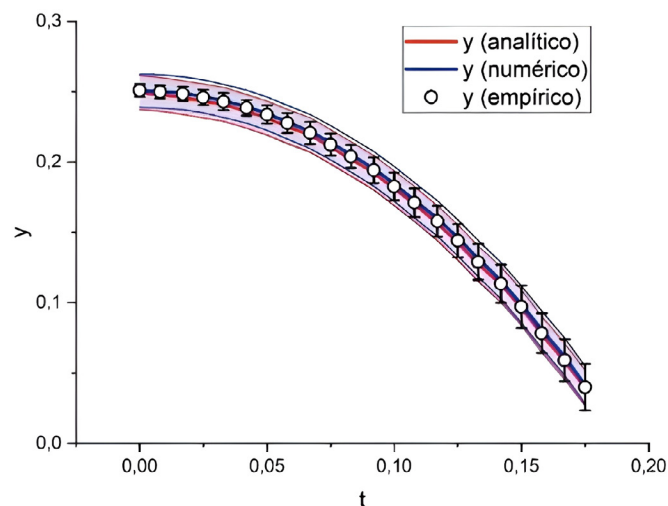
Figura 3 – Análise de um vídeo no *software* Tracker. Na imagem, registram-se posições sucessivas da extremidade da haste, como indicado pelos pontos vermelhos. A haste em questão foi deixada cair com um ângulo inicial de 50°



Fonte: Silva, Heidemann e Campomanes (2023).

Para simular a propagação da incerteza no Insight Maker, foi usada a função *sensitivity analysis*, a partir da qual é possível repetir a mesma simulação um número arbitrário de vezes. Para que o resultado não seja sempre o mesmo em cada simulação, altera-se, em cada repetição, o valor das condições iniciais, dentro de uma faixa específica estipulada pelo usuário. Nesse caso, as condições iniciais do comprimento da barra e dos ângulos seguiram, em cada simulação, a distribuição normal, com média igual aos valores medidos ($0,729m$, 20° , 30° , 40° , 50° e 60°), e desvio padrão igual às incertezas associadas ($\pm 0,010m$ e $\pm 1^\circ$). No Insight Maker, isso pode ser feito por meio da função “RandNormal (Média, Desvio Padrão)”. Com isso, avaliou-se o efeito de pequenas mudanças nas condições iniciais. A propagação das incertezas para a solução analítica foi feita usando o método usual das derivadas. A Figura 4 ilustra um exemplo do resultado obtido para um ângulo inicial específico.

Figura 4 – Gráfico representando a componente y das posições da extremidade da barra quando ela é abandonada do ângulo inicial de 20° . As sombras coloridas subjacentes às curvas indicam as incertezas das soluções analítica e numérica, enquanto as barras em preto indicam as incertezas dos dados experimentais



Fonte: Silva, Heidemann e Campomanes (2023).

A análise dos resultados permite concluir que as soluções analítica e numérica coincidem com os dados obtidos experimentalmente, levando em conta suas incertezas. Assim, pode-se afirmar que esses dados oferecem suporte empírico ao modelo teórico desenvolvido. Além disso, demonstrou-se que o método de avaliação das incertezas propagadas utilizando o Insight Maker é consistente com o método tradicional das derivadas, amplamente utilizado em disciplinas experimentais de graduação.

Didaticamente, é relevante observar que as soluções numérica e analítica são desenvolvidas com base em um modelo teórico, ou seja, uma representação idealizada do evento estudado. A comparação, entretanto, demonstra que, para os propósitos investigados, o modelo construído é suficientemente preciso, fornecendo previsões que correspondem aos dados experimentais, considerando as incertezas.

Em contextos didáticos, a integração proposta pode ser valiosa para discussões sobre as diferenças entre teorias e realidade, destacando o caráter representacional do conhecimento. Um debate interessante pode surgir ao refletir sobre possíveis expansões do modelo teórico, por exemplo, ao incorporar efeitos da força de arrasto do ar sobre a haste. Assim, ao contrastar simulações com resultados experimentais, evidencia-se o caráter essencialmente humano do processo de modelagem científica, que se manifesta nas decisões sobre as idealizações e aproximações adotadas nos modelos teóricos. Por fim, a integração proposta é útil para destacar o papel das incertezas nas predições feitas com modelos científicos, criando um espaço frutífero para debates sobre a medição científica, um tema fundamental para a alfabetização científica. Esses debates podem estimular reflexões sobre a importância de procedimentos de controle de variáveis em experimentos, evidenciando, entre outros aspectos, as implicações de variações nos parâmetros dos modelos devido ao controle inadequado das grandezas investigadas.

CAUSALIDADE, DETERMINISMO E PREVISIBILIDADE: UM ESTUDO SOBRE O CAOS

O caos determinístico representa um dos campos mais fascinantes e revolucionários da física. A teoria do caos revela como sistemas aparentemente simples podem exibir comportamentos complexos e imprevisíveis, desafiando a ideia tradicional de que a ciência é capaz de prever todos os fenômenos naturais de forma precisa. O caos não é um fenômeno unicamente da Física; ele tem implicações profundas em várias disciplinas, incluindo Economia, Biologia e Meteorologia (Skinner *et al.*, 1992; Vlad; Pascu; Morariu, 2010). Nesta seção, pretende-se explorar conceitos fundamentais do caos determinístico, especialmente à luz das abordagens educacionais e tecnológicas que tornam o tema acessível e instigante para um público amplo.

A descoberta do caos determinístico marcou uma ruptura paradigmática na ciência, evidenciando a sensibilidade extrema às condições iniciais em certos sistemas. Esse fenômeno é frequentemente ilustrado pelo denominado “efeito borboleta”, em que pequenas variações no estado inicial de um sistema podem levar a diferenças vastamente divergentes em seu comportamento subsequente. Nesta seção, pretende-se ilustrar como o *software* Insight Maker pode ser utilizado para produzir simulações computacionais com o potencial de demonstrar visualmente os princípios da dinâmica não linear. Apresenta-se uma síntese do trabalho de Weber, Heidemann e Martins (2023), que é focado na análise da previsibilidade dos fenômenos físicos, concentrando-se no estudo de dois modelos de pêndulos: o pêndulo simples e o pêndulo amortecido forçado. Para compreender as discussões que seguem, é fundamental ter alguma noção de como as ideias de causalidade, determinismo e previsibilidade se relacionam e evoluíram ao longo do tempo. A seguir, utiliza-se o exemplo do pêndulo para explicar esses conceitos.

A noção de causalidade é um dos princípios racionais do pensamento, sustentando que todo fenômeno possui uma causa, razão ou motivo. Essa concepção reforça a ideia de necessidade nas leis da natureza, que o pensamento racional humano seria capaz de compreender. A ideia de causalidade foi popularizada no século XVIII por D’Alembert e Lagrange no contexto do desenvolvimento da mecânica analítica, tornando-se a concepção dominante na Física (D’Alembert, 1752). Nessa perspectiva, o estado do pêndulo em um determinado instante é visto como a causa das suas variações de aceleração, ou seja, o que gera suas oscilações, sendo essas informações inerentes à própria forma da equação diferencial que descreve seu movimento:

$$\ddot{\phi} = -\frac{g}{l} \sin \phi$$

onde $\ddot{\phi}$ é a aceleração angular do pêndulo, g é a aceleração gravitacional, l é o comprimento do fio e ϕ é a posição angular.

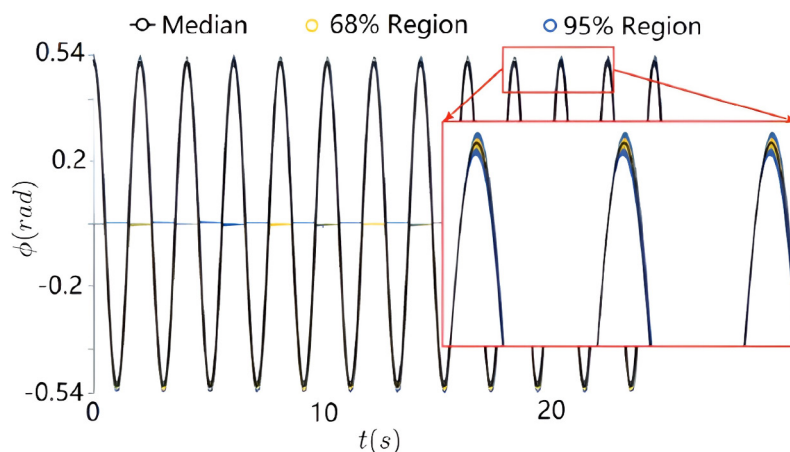
Isso nos leva à noção de determinismo: a noção de que, conhecendo as condições iniciais de um sistema, podemos prever com precisão seu comportamento futuro. O determinismo pode ser entendido como uma generalização do conceito de causalidade, expressando a ideia de fatalidade ou inexorabilidade dos eventos físicos. A noção de determinismo foi estabelecida no século XIX, quando o matemático e físico francês Laplace formulou a ideia de que o universo opera de acordo com leis determinísticas. Ele imaginou uma inteligência que, conhecendo a posição e a velocidade de todas as partículas do universo, poderia prever tanto o futuro quanto reconstruir o passado. Essa visão implica dizer que o futuro do universo é tão fixo e determinado quanto seu passado, desde que se conheçam as condições iniciais com precisão absoluta.

Nesse ponto, Laplace reconhecia uma limitação prática significativa: a impossibilidade de o ser humano obter um conhecimento completo e exato de todas as condições iniciais. Como visto na seção anterior, na prática científica, toda medição vem acompanhada de uma incerteza. Mesmo com instrumentos altamente precisos, não é possível medir uma grandeza física com precisão absoluta; sempre há um grau de incerteza associado. Isso significa que qualquer valor medido é, na verdade, representado como um intervalo de valores possíveis.

Diante disso, podemos nos questionar: qual é o impacto de pequenas imprecisões nas condições iniciais nas previsões a longo prazo? Em que medida a previsibilidade dos fenômenos é impactada por essa limitação intrínseca do fazer científico? Poincaré deu as primeiras respostas a tais perguntas ao reconhecer a existência do caos determinístico. Veja, em sequência, como esse efeito se manifesta no caso do pêndulo.

A evolução temporal do ângulo do pêndulo pode ser avaliada no Insight Maker por meio de um teste de sensibilidade, no qual as posições iniciais podem variar seguindo uma distribuição normal, como foi feito no primeiro exemplo deste capítulo. A Figura 5 ilustra o teste de sensibilidade com 500 repetições, realizado para um pêndulo simples de comprimentos e ângulos iniciais $L = 1,0\text{m} \pm 0,5\text{mm}$ e $\phi_0 = (30,0 \pm 0,5)^\circ$, respectivamente. As incertezas, típicas de uma régua milimetrada e de um transferidor, foram usadas como desvios-padrão nas condições iniciais durante o teste de sensibilidade.

Figura 5 – Resultado do teste de sensibilidade a variações nas condições iniciais para o pêndulo simples



Fonte: Weber, Heidemann e Martins (2023).

No destaque apresentado na figura, é possível ver que aproximadamente 68% dos resultados da simulação diferem menos que um desvio-padrão da média (representados em amarelo), enquanto 95% dos resultados diferem menos que dois desvios-padrão (representados em azul). Apesar de os resultados variarem ligeiramente devido a pequenas mudanças nas condições iniciais, eles reforçam a noção de que o evento descrito pelo modelo é previsível, já que as

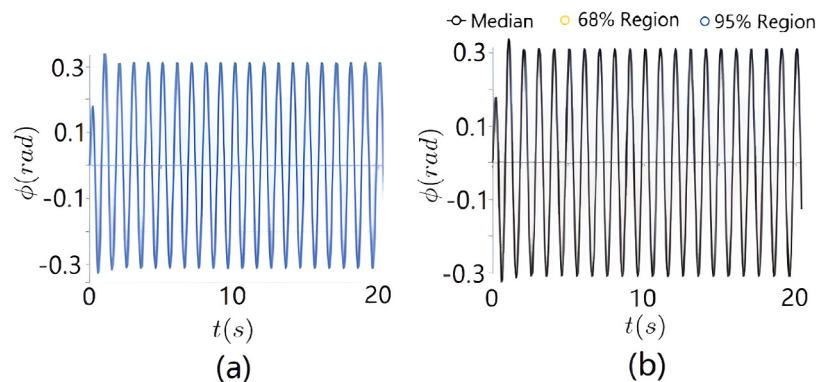
diferenças nos ângulos resultantes das simulações foram relativamente pequenas: o afastamento máximo entre as posições angulares mais distantes foi de apenas 3°, o que representa um valor pequeno dependendo dos objetivos em questão. Portanto, apesar das limitações associadas ao processo de medição, podemos concluir que é possível prever a evolução de um pêndulo de maneira aproximada usando o modelo de pêndulo simples.

A previsibilidade do fenômeno muda significativamente se acrescentarmos outros efeitos que poderiam estar atuando. No trabalho de Weber, Heidemann e Martins (2023), os autores consideram os efeitos da resistência do ar $\vec{F}_{ar} = -b \vec{v}$, onde b é uma constante de proporcionalidade que depende das características do corpo e do fluido, e de uma força periódica externa $\vec{F}(t) = \hat{v}F_0 \cos \omega t$, onde F_0 é a amplitude da força motriz e ω , sua frequência angular. Com isso, o modelo que descreve o movimento do pêndulo, usando m para representar a massa do corpo suspenso, passa a ser:

$$\ddot{\phi} = \frac{1}{ml}[F(t) - F_{ar} - mg \sin \phi].$$

Assim como no caso do pêndulo simples, foram escolhidos valores iniciais para os parâmetros e a cada um deles foram atribuídas incertezas. Para observar mudanças no comportamento do sistema, introduz-se o parâmetro $\gamma = F_0/mg$, que informa o quão intensa é a força periódica em comparação com o peso do corpo na extremidade do pêndulo. Na primeira simulação, cujos resultados estão expostos na Figura 6, os autores usam o parâmetro $\gamma = 0,2$ e se observa que, após um curto período de transiente, o sistema passa a oscilar periodicamente, com um período de 1s. O teste de sensibilidade às condições iniciais indicou que o evento é previsível, assim como o pêndulo simples.

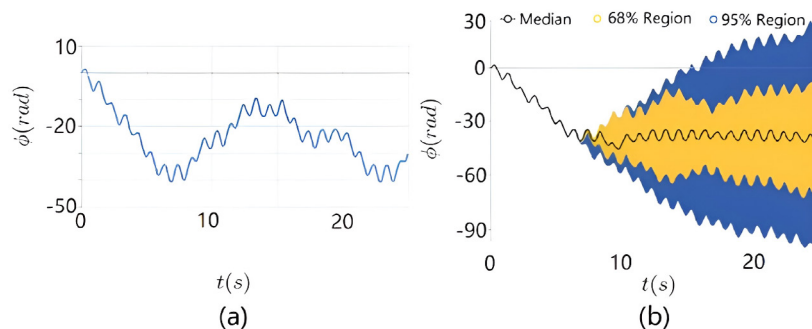
Figura 6 – (a) Resultado da simulação com o pêndulo amortecido forçado para $\gamma = 0,2$ e (b) o correspondente teste de sensibilidade



Fonte: Weber, Heidemann e Martins (2023).

Aumentando o parâmetro para $\gamma = 1,5$, indicando uma força periódica maior do que o peso do objeto preso à extremidade do pêndulo, podemos notar dois aspectos importantes, expressos na Figura 7. Analisando o resultado de uma única solução isoladamente (Figura 7a), vê-se que o sistema deixa de ser periódico, não importa a janela de tempo escolhida. Ainda, a análise do teste de sensibilidade (feito com a repetição da simulação 500 vezes) indica que, a partir de 7 segundos de simulação, a maioria das soluções obtidas numericamente divergem entre si, mostrando que a solução do problema tem alta sensibilidade às condições iniciais.

Figura 7 – (a) Resultados da simulação com o pêndulo amortecido forçado para $\gamma = 1,5$ e (b) o correspondente teste de sensibilidade



Fonte: Weber, Heidemann e Martins (2023).

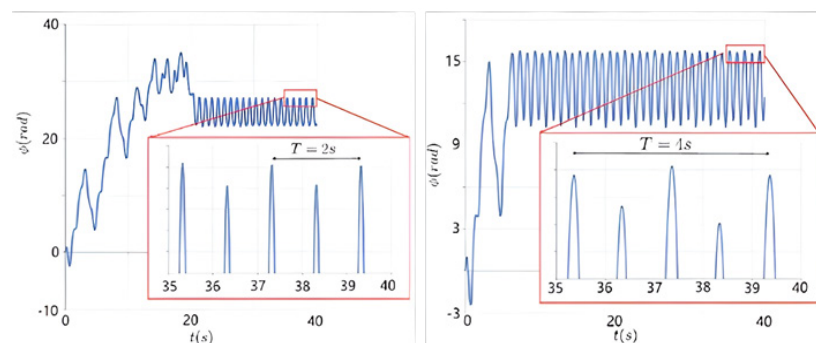
Em outras palavras, o parâmetro $\gamma = 1,5$, torna o sistema imprevisível, indicando que estamos em regime de caos. Cabe destacar que a imprevisibilidade do evento não implica concluir que o fenômeno não seja determinístico! A imprevisibilidade diz respeito ao fato de que não podemos prever com precisão satisfatória a posição do corpo em um tempo arbitrariamente longo por conta da imprecisão no conhecimento das condições iniciais. Entretanto, o evento em si é determinístico, ao menos no sentido de que as posições do corpo são dadas, em cada instante, em função de sua posição anterior. Do contrário, como poderiam ter sido geradas as simulações?

Outra pergunta pertinente é: a partir de que valores do parâmetro γ o sistema apresenta comportamento caótico? De fato, pode-se variar o parâmetro γ gradualmente e observar a chamada “rota para o caos”, que envolve, dentre outros comportamentos inesperados, a duplicação do período. Repetindo a simulação com $\gamma = 1,0650$ (Figura 8a), podemos ver a primeira duplicação (período 2s). Aumentando o parâmetro para $\gamma = 1,0818$ (Figura 8b), surge a segunda duplicação no período (período 4s), e assim sucessivamente, até um valor conhecido γ_c , sendo γ_c o valor crítico ou limiar para a ocorrência

de caos no sistema. A partir desse ponto, o período tende ao infinito e o sistema entra em regime de caos. Mesmo assim, para alguns valores isolados de $\gamma > \gamma_c$, pode-se encontrar as chamadas “ilhas de ordem”, onde o sistema volta a ser periódico.

Utilizando as mesmas ferramentas descritas até aqui, também é possível estender a discussão sobre caos introduzindo o conceito de expoente de Lyapunov. Para aqueles que desejam se aprofundar mais no assunto, o tópico é explorado no artigo de Weber, Heidemann e Martins (2023).

Figura 8 - (a) Evolução do pêndulo amortecido forçado para $\gamma = 1,0650$; e (b) $\gamma = 1,0818$



Fonte: Weber, Heidemann e Martins (2023).

Como demonstrado nesta seção, o Insight Maker é um recurso tecnológico promissor para estudar sistemas não lineares e compreender o fenômeno do caos em contextos didáticos. A atividade sugerida se mostrou eficaz para fomentar discussões qualitativas e quantitativas sobre as implicações da quebra da previsibilidade, mesmo em fenômenos simples, como o movimento de um pêndulo. Além disso, a atividade fornece subsídios para que os estudantes aprendam tanto ciências (conceitos de mecânica e dinâmica não linear) quanto *sobre* a ciência (elementos de filosofia da ciência, como causalidade e determinismo).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As três atividades ilustradas neste capítulo evidenciaram o potencial didático das simulações computacionais para a discussão de elementos filosóficos da ciência. Além de auxiliar estudantes a aprender conceitos de Física, as simulações possibilitam aprender como se faz ciência. As principais ferramentas adotadas foram os *softwares* Tracker, para a coleta de dados experimentais, e Insight Maker, para as simulações. Em particular, as atividades demonstraram potencial para expandir a compreensão sobre os seguintes temas: domínio de validade dos modelos científicos, problema da medição no laboratório e seu tratamento nas simulações computacionais e, por fim, causalidade, determinismo e previsibilidade na Física.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Prof.^a Eliane Angela Veit pelas sugestões e pela leitura crítica do manuscrito. Rodrigo Weber Pereira agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado e estágio no exterior via edital PRINT (002/2023).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. E.; VIVEIRO, A. A.; VIEGAS D'ABREU, J. V. Simulações computacionais no ensino de Física: um estado da arte em teses e dissertações de 1973 a 2021. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 5, p. e024003, 2024.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507-545, dez. 2011.

D'ALEMBERT, J. R. D. **Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers**. Primeur – Libraire: Chez Pellet, 1752.

DEVELAKI, M. Methodology and epistemology of computer simulations and implications for science education. **Journal of Science Education and Technology**, v. 28, p. 353-370, 2019.

FORTMANN-ROE, S. Insight Maker: a general-purpose tool for web-based modeling & simulation. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 47, p. 28-45, 2014.

GILBERT, J. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 115-130, June 2004.

GURGEL, I. **Por que confiar nas Ciências?** Epistemologias para o nosso tempo. São Paulo: Livraria da Física, 2023.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma alternativa para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 965, 2012.

HEIDEMANN, L. A.; CAMPOMANES, R. R.; ARAUJO, I. S. A contrastação empírica de um modelo teórico sobre o movimento de corpos com massa variável como uma forma de promover discussões epistemológicas em aulas de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200185, 2021.

HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. Uso de simulações: um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230309, 2024.

JUNIOR, P. L.; SILVA, M. T. X.; SILVEIRA, F. L.; VEIT, E. A. Laboratório de mecânica: subsídios para o ensino de Física experimental. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/cref/labmecanica/Lima_Jr_et_al_2013.pdf. Acesso em: 31 jul. 2024.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. **Science & Education**, v. 8, n. 2, p. 287-307, May 1999.

LAUSCHNER, M.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. Tutorial para o uso do *software* Insight Maker. Porto Alegre: UFRGS, 2020. Disponível em: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n08_Lauschner/arquivos/tutorial_PDF.pdf. Acesso em: 31 jul. 2024.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2006. p. 831-879.

LUBBEN, F.; CAMPBELL, B.; BUFFLER, A.; ALLIE, S. Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. **Science Education**, v. 85, n. 4, p. 311-327, 2001.

MAYO, D. Experimental practice and an error statistical account of evidence. **Philosophy of Science**, v. 67, p. S193-S207, 2000.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

PIGOSSO, L. T.; HEIDEMANN, L. A. Uma revisão da literatura sobre a abordagem do processo de medição científica no ensino de Física na Educação Básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 28, n. 2, p. 332-351, 2023.

PIGOSSO, L. T.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. O processo de medição no ensino de Física a partir do enfoque no processo de modelagem científica: subsídios para o desenvolvimento de atividades no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, p. 66-93, 2024.

SEOANE, M. E.; GRECA, I. M.; ARRIASSECQ, I. Epistemological aspects of computational simulations and their approach through educational simulations in high school. **Simulation**, v. 98, n. 2, p. 87-102, 2022.

SILVA, M. S. D.; HEIDEMANN, L. A.; CAMPOMANES, R. R. Integração de atividades computacionais e experimentais: uma alternativa utilizando o paradoxo da queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, e20230082, 2023.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 7, 2002.

SKINNER, J. E.; MOLNAR, M.; VYBIRAL, T.; MITRA, M. Application of chaos theory to biology and medicine. **Integrative Physiological and Behavioral Science**, v. 27, p. 1, 1992.

VLAD, S.; PASCU, P.; MORARIU, N. Chaos models in economics. **Journal of Computing**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2010.

WEBER, R.; HEIDEMANN, L. A.; MARTINS, J. S. S. Caos determinístico: uma abordagem com o *software* Insight Maker focada em discussões sobre determinismo e previsibilidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230028, 2023.

WEE, L. K.; CHEW, C.; GOH, G. H.; TAN, S.; LEE, T. L. Using Tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. **Physics Education**, v. 47, p. 448, 2012.

ZU BELZEN, A. U.; KRÜGER, D.; VAN DRIEL, J. (ed.). **Towards a competence-based view on models and modeling in science education**. Switzerland: Springer, 2019. (Models and Modeling in Science Education, v. 12).

6

*Neusa Teresinha Massoni
Lisiane Araujo Pinheiro*

A INTERDISCIPLINARIDADE EM DIÁLOGO:

A PERCEPÇÃO DE PROFESSORES FORMADORES

INTRODUÇÃO

Este texto se ocupa da interdisciplinaridade, tomada como um princípio pedagógico nos documentos oficiais que regulam a Educação Básica brasileira há algumas décadas. Interdisciplinaridade não é um conceito fácil de ser definido, pois pode assumir vários sentidos e é, por isso, um conceito polissêmico. Além disso, na prática, é comumente confundida com outros preceitos como a multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade etc. Ivani Fazenda, renomada pesquisadora brasileira na área e coordenadora do Grupo de Estudos e Pesquisas Interdisciplinares (GEPI), diz que a interdisciplinaridade surge no cenário educacional internacional na França e na Itália, em meados da década de 1960, por meio de movimentos estudantis que receberam apoio de professores universitários e que buscavam romper com uma visão de educação compartimentada, unilateral e marcada por extrema especialização (Fazenda, 2002).

Para a autora, “se o conhecimento fosse absoluto a educação poderia constituir-se numa mera transmissão e memorização de conteúdos, mas, como é dinâmico, há necessidade da crítica, do diálogo, da comunicação, da interdisciplinaridade” (Fazenda, 2006a, p. 41). Assim, a interdisciplinaridade traz em si a proposição de ligação, de conexão. Ela busca promover trocas, intercâmbios, diálogos, além de oportunizar vínculos. A interdisciplinaridade é construtora de pontes; é libertação de modelos pré-determinados, mutação, questionamento; instiga ao ato de constantemente nos revisitarmos enquanto educadores. Interdisciplinaridade é a troca entre as diferentes áreas do conhecimento (Fazenda, 2002). Contudo, a autora pontua que a linguagem interdisciplinar nasce de uma linguagem disciplinar (Fazenda, 2006b), ou seja, interdisciplinaridade não implica não disciplinaridade.

Como prática coletiva, é preciso que os representantes de cada área estejam abertos ao diálogo; sejam capazes de reconhecer aquilo que lhes falta e que podem ou devem receber dos outros. A interdisciplinaridade vai muito além da união, adição ou coleção de várias disciplinas, ou componentes curriculares; é uma proposta que exige estruturas flexíveis e conteúdos articulados em função de problemas reais, contextualizados (Japiassu, 1976).

Para alcançar a construção de conhecimentos e currículos integrados, a dinâmica deve ser diferente: é preciso valorizar o processo de construção do conhecimento, a integração e a interação entre os envolvidos no processo e sua relação com a sociedade. Fazenda (2006b) entende que a academia é um dos pilares para a promoção do desenvolvimento do ensino, da extensão e da inovação — daí a importância da formação de profissionais qualificados para os desafios do século XXI. Nesse sentido, a interdisciplinaridade é também entendida como um princípio de reorganização epistemológica das disciplinas científicas, pois busca transcender os limites das especialidades e acolher contribuições de diferentes áreas; na educação, busca evitar o olhar do aluno para uma única, restrita e limitada direção, a “patologia do saber”, nas palavras de Japiassu (1976).

Para Fazenda (2002), a formação interdisciplinar de um professor perpassa a reflexão sobre suas vivências, fortalecendo a construção da sua identidade pessoal e profissional com autonomia suficiente para fazer suas escolhas interdisciplinares em sala de aula.

Neste texto, partimos do pressuposto de que o Ensino de Física é de extrema relevância na Educação Básica, pois os argumentos da Ciência podem “contribuir para a compreensão do significado da ciência e da tecnologia na vida humana e social, de modo a gerar protagonismo diante das inúmeras questões políticas e sociais” (Brasil, 1998, p. 46). Entendemos também que a interdisciplinaridade

pode ser um caminho potencial para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais interessante e atraente, especialmente na etapa dos Anos Finais do Ensino Fundamental, quando os conceitos físicos são introduzidos aos jovens.

Nesse sentido, um fator fundamental é lançar um olhar crítico à formação de professores para a Educação Básica. Uma possibilidade, se desejamos forjar atitudes interdisciplinares, é oferecer vivências interdisciplinares já na formação inicial. Com esse intuito, no âmbito da reestruturação curricular do curso de Licenciatura em Física da UFRGS, decorrente das Diretrizes Curriculares de 2015 (Brasil, 2015), propusemos a criação e inserção de uma disciplina interdisciplinar no início da formação, com base em uma investigação que resultou na tese de doutorado intitulada *O perfil e os desafios do educador em Física na perspectiva das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2015: a formação de profissionais críticos à Educação Básica* (Pinheiro, 2021)¹⁷. A disciplina, intitulada “A estrutura da matéria: do átomo à célula”, visa proporcionar uma vivência interdisciplinar, colocando na mesma sala de aula professores e estudantes de Física, Química e Biologia.

A PESQUISA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A PROPOSTA DE UMA DISCIPLINA INTERDISCIPLINAR

Segundo algumas pesquisas da área de Pesquisa em Ensino de Ciências, um projeto pedagógico que vise à interdisciplinaridade como princípio formativo precisa se pautar na questão de que esta se constitui como postura, tanto na atuação do professor formador

17

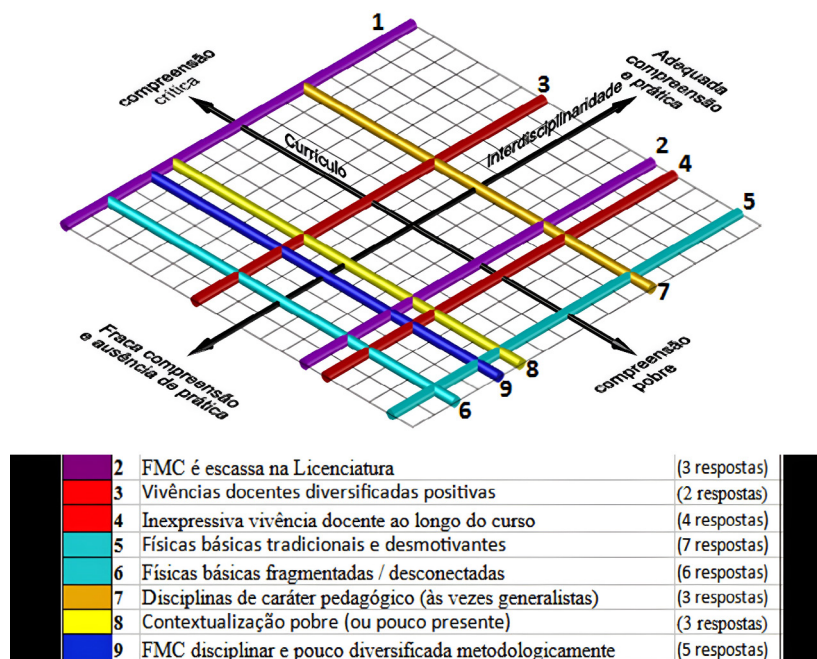
A tese recebeu o Prêmio SBF de Tese 2022 na categoria “Ensino de Física” e menção honrosa no Prêmio José Leite Lopes da SBF de Melhor Tese de 2022.

quanto nos direcionamentos que a organização curricular prevê a partir do seu PPC (Projeto Pedagógico de Curso) — adotar a interdisciplinaridade significa inseri-la na própria estrutura curricular do curso. Para que essa inserção ocorra, é preciso delinear caminhos e perspectivas pedagógicas que contemplem uma concepção menos compartimentalizada do conhecimento na formação inicial do licenciado. Para Mesquita e Soares (2012), os documentos públicos apresentam a interdisciplinaridade como um dos eixos de suas propostas pedagógicas, mas não oferecem suporte teórico nem indicam os caminhos metodológicos para tal adequação. Contudo, esses autores apontam a relevância da inserção da interdisciplinaridade no projeto pedagógico de formação de licenciandos enquanto uma oportunidade de constituição de uma nova atitude pedagógica.

Algumas experiências de integração interdisciplinar entre alunos de cursos de licenciatura articulando disciplinas de Prática de Ensino em Física e Prática de Ensino em Biologia se mostraram positivas (Pierson; Neves, 2001). Há, contudo, limitações, como mostram Lopes e Almeida (2019), ao discutirem limites e possibilidades da interdisciplinaridade em um curso de formação de professores em Ciências Naturais da UFBA: organização curricular disciplinar, desvalorização do curso, complexidade da interdisciplinaridade, mercado de trabalho e conservadorismo institucional. Ainda assim, nas falas dos participantes, o grupo reconheceu a relevância e apontou uma perspectiva factível de implementação da interdisciplinaridade na formação inicial.

Em uma investigação no Instituto de Física da UFRGS (Pinheiro, 2021), aqui denominado “Estudo II”, entrevistamos três grupos: professores de Física em formação (3 respondentes), professores egressos do curso de Física (3) e professores formadores (3) que atuavam na Licenciatura em Física. A análise das transcrições das entrevistas fez emergir duas dimensões, ou categorias axiais — a Interdisciplinaridade e o Currículo, e revelou várias subcategorias que foram surgindo das falas dos entrevistados. Cruzamos as subcategorias num diagrama de eixos, que pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama cuja estrutura, inspirada em Strauss e Corbin (2008), mostra o cruzamento de categorias axiais, subcategorias e conceitos identificados no Estudo II



Fonte: Pinheiro (2021, p. 177).

O mais revelador do diagrama mostrado na Figura 1 são os nós (pontos em que as linhas coloridas se cruzam). Percebe-se que o quadrante inferior direito mostra a emergência de nove (9) nós (a maior quantidade), que são tomados como pontos negativos ou que indicam a necessidade de mudanças tanto curriculares e metodológicas como de compreensão e promoção de vivências da interdisciplinaridade. Em outras palavras, esses nove nós expressam pontos considerados mais negativos e que precisam ser melhorados no curso de Licenciatura em Física da UFRGS de acordo com a visão dos entrevistados à época das entrevistas.

A categoria Física Moderna e Contemporânea (FMC), bastante visualizável no diagrama, demonstra sua importância e presença na formação docente. Identificamos que, mesmo sendo considerada essencial por todos os entrevistados, a percepção deles era a de que ela não estava efetivamente presente no currículo da Licenciatura em Física. Os participantes apontaram que, quando presente, ela é abordada de forma muito tradicional, ou seja, com uma metodologia de ensino que prioriza a resolução de exercícios-padrão e listas de exercícios e a realização de provas como principal instrumento de avaliação. Essas nuances fazem com que a categoria FMC apareça em diferentes traçados no diagrama.

O estudo identificou também categorias secundárias, que enriqueceram a análise, dado que os sujeitos de pesquisa apontaram inúmeros pontos relevantes, como o excesso de disciplinas teóricas, fragmentadas e rígidas no início do curso, o que pode gerar desencanto com a licenciatura. Este aspecto buscou ser corrigido na Licenciatura em Física da UFRGS na reestruturação curricular de 2015-2018, com a inclusão de duas disciplinas introdutórias diversificadas metodologicamente, por exemplo, “Introdução à Física” e “Tendências atuais na Física e seu ensino”, que oferecem, inclusive, interação com a escola básica já no primeiro semestre do curso. As falas apontaram o currículo como lugar de protagonismo (e tensão) na construção de uma identidade docente, considerada por eles importante, e indicaram a necessidade de um currículo mais aberto, mais flexível, com disciplinas cujas metodologias diversificadas possam estar presentes, pois é vivenciando-as que terão, segundo a visão dos licenciandos e professores egressos, condições de replicá-las em suas próprias práticas docentes.

Citaram como um aspecto relevante a ministração dessas disciplinas por professores com formação na área de Ensino de Física. Esse foi considerado um achado revelador, dado que os futuros professores e os professores egressos reconhecem e valorizam as atuações diferenciadas desses docentes formadores. Isso foi tomado como uma resposta positiva aos efeitos da pesquisa na área, dado que a maioria desses docentes atuam também como pesquisadores.

As vivências formativas também foram muito mencionadas, estando relacionadas às possibilidades de vivências em situações de docência (em espaços formais ou não formais) proporcionadas pelo curso de Licenciatura. Nessa categoria, os entrevistados apontaram, majoritariamente, que o curso não apresentava situações de experiências docentes significativas aos licenciandos. Esse aspecto, em boa medida, foi suprido pela profunda reestruturação curricular procedida a partir da Diretriz de 2015 (Resolução CNE 2/2015) na Licenciatura em Física da UFRGS (Massoni; Bruckmann; Alves-Brito, 2020).

No diagrama da Figura 1, no primeiro quadrante (superior esquerdo), onde teríamos um currículo mais rico e com experiências significativas aos estudantes, identificamos poucos nós, porém bastante significativos. Esses cruzamentos relacionam as impressões positivas de alguns alunos sobre suas vivências na formação inicial. Foi interessante destacar que, enquanto, no primeiro quadrante, os estudantes apontaram a potencialidade de algumas disciplinas pedagógicas, no segundo quadrante (superior direito), identificamos estudantes que consideraram as experiências vivenciadas nessas disciplinas pouco significativas, mostrando que não houve consenso e que diferentes licenciandos vivenciaram diferentemente algumas experiências.

No terceiro e quarto quadrantes (inferiores), os entrevistados demonstraram reconhecer a importância de alguns conceitos (embora falassem da ausência deles, na verdade) para a compreensão mais crítica do currículo. Por exemplo, relataram a falta de contextualização e da interdisciplinaridade para uma compreensão mais profunda de temas importantes, como os tratados, por exemplo, em disciplinas de Física Básica e FMC. Como foi dito, relacionaram essas situações às vivências docentes pouco significativas na sua formação.

No quarto quadrante, onde encontramos o maior número de nós, identificamos o olhar de apreciação cuidadosa e preocupada dos entrevistados sobre o currículo cursado à época; um olhar em que ficava marcada a pouca compreensão da interdisciplinaridade

e sua escassa presença na formação inicial, o que poderia contribuir para uma interpretação mais empobrecida do próprio currículo. A visão representada no referido quadrante mostra-nos que os estudantes apontam disciplinas como as Físicas Básicas e a FMC como desmotivadoras. A falta de contextualização e a inexpressiva vivência em situações de práticas de docência proporcionadas pelo curso apareciam como fatores que falavam sobre esse currículo como contribuindo de forma muito fragmentada e desconexa para uma formação docente mais crítica. Em muitas falas, o currículo parecia ser visto como uma lista de disciplinas e conteúdos que deveriam ser cumpridos para receber o diploma. Tal visão é completamente antagônica à proposta de currículo da teoria crítica e pós-crítica de Silva (2000), na qual o currículo é lugar, é território, é trajetória, é percurso, é viagem. O currículo é um percurso que escolhemos vivenciar, no qual somos modificados e construímos a nossa identidade.

Assim, um currículo que pretendesse conceder uma identidade própria ao curso de Licenciatura em Física na UFRGS, nosso caso de estudo, e propiciar aos seus egressos, futuros professores, uma identidade docente autenticamente crítica precisaria oferecer mais experiências e vivências diversificadas e inspiradoras. A interdisciplinaridade foi tão marcante (e ausente) que se tornou categoria axial.

Nesse intuito, propusemos, no âmbito da investigação, a disciplina intitulada “Estrutura da matéria: do átomo à célula”. Isso se deu, à época, no escopo das discussões e debates das Diretrizes Curriculares Nacionais de Formação de Professores, Resolução CNE nº 2/2015 (Brasil, 2015), que ocorreram de forma intensa e abrangente no Instituto de Física da UFRGS (Massoni; Bruckmann; Alves-Brito, 2020). A disciplina foi discutida, aceita e incluída na grade curricular das Licenciaturas em Física (diurna e noturna) como disciplina obrigatória e sua principal característica é ser interdisciplinar e interdepartamental (no âmbito da Universidade).

A disciplina nasceu como proposição para enfrentar o desafio de abordar a interdisciplinaridade na formação inicial docente em função: i) dos resultados do Estudo I da investigação (Pinheiro, 2021), que analisou e interpretou tanto a legislação sobre formação de professores como os documentos oficiais que regulam a Educação Básica das últimas duas décadas, os quais sugerem com grande relevância a interdisciplinaridade; e ii) das análises das entrevistas realizadas com professores (em formação, egressos e formadores) no Estudo II, como já mencionado, visto que a interdisciplinaridade foi um tema muito presente na fala dos sujeitos de pesquisa. Em particular, os professores formados, egressos do curso, apontaram a ausência de vivências interdisciplinares como uma defasagem na sua formação e informaram que, quando assumiram como docentes, a interdisciplinaridade lhes fora exigida, sem que a tivessem experienciado. Os licenciandos (professores em formação) reconheceram que, até aquele momento, a universidade não lhes proporcionara essas vivências e manifestaram que sabiam que o mercado de trabalho espera isso deles. Por fim, os professores formadores reconheceram a importância da interdisciplinaridade para a formação do futuro professor, mas apontaram que a licenciatura ainda não se adequara a essa demanda.

Assim, a disciplina “Explorando a matéria: do átomo à célula” surge como uma disciplina interdepartamental, com caráter interdisciplinar, visando atravessar a área das Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia) tanto em aspectos metodológicos como no conteúdo programático e nos critérios de avaliação. Sua principal característica é que foi desenhada para contar com a participação de docentes e estudantes dos três cursos — Física, Química e Biologia — na mesma sala de aula. Ela tem sido oferecida, desde 2019/1, em todos os semestres — no curso de Licenciatura em Física, como obrigatória, e nos cursos de Licenciatura em Química e em Biologia, como eletiva.

A segunda autora deste texto acompanhou a aplicação-piloto, em 2019/1, e a segunda edição da disciplina, em 2019/2, através de imersão participante. A análise desse período mostrou que o papel assumido pelos professores formadores foi o de provocadores/encorajadores: não eram dadas respostas para as perguntas propostas; essas respostas iam sendo construídas ao longo de interações entre todos os participantes. Os temas iniciais eram temas comuns ao Ensino de Ciências, levando os questionamentos até o limite do conhecimento específico. No momento em que a Física (ou a Química, ou a Biologia) não é mais capaz de fornecer as respostas para os questionamentos é que o olhar dos estudantes é levado a se expandir, pois se espera que reconheçam que seus conhecimentos, fundamentados na sua área específica de estudos, não são capazes de responder aos questionamentos-desafio. Aí entra em cena a busca por conhecimentos das outras áreas para completar as discussões. Ao final de cada encontro, sempre surgia a questão: "qual é a relação entre os conhecimentos da Física, da Química e da Biologia neste estudo?"

A análise mostrou que, em geral, os licenciandos afirmaram que se sentem parte da construção dos seus conhecimentos, e sempre há espaço para falarem. As temáticas abordam também a história e a epistemologia da Ciência, as teorias de ensino e aspectos metodológicos. Nesse contexto, também, quando os alunos apresentam alguma dificuldade de compreensão a respeito dos questionamentos, é papel dos professores construir novos questionamentos que instiguem e motivem mais ainda essa busca por interação entre as áreas. Ainda que no começo de cada semestre haja dúvidas, algum desconforto (por explorar os limites do conhecimento específico) e pouca participação, nas semanas subsequentes, a pesquisa mostrou que ocorre ativa participação, leituras e produção de trabalhos e apresentações. Foi possível inferir que a dinâmica da disciplina tem potencial para expandir a visão dos licenciandos e possivelmente apresentará resultados significativos em suas futuras práticas docentes.

PERCEPÇÃO DOS PROFESSORES FORMADORES SOBRE A VIVÊNCIA INTERDISCIPLINAR

Passados cinco anos desde a primeira versão da disciplina “Explorando a matéria: do átomo à célula”, realizamos um grupo focal com os três professores que ministram coletivamente a disciplina para compreender sua percepção atual dessa vivência interdisciplinar.

O grupo focal ocorreu em agosto de 2024 e teve duração de aproximadamente uma hora de gravação em áudio, que foi transcrita para a análise. A dinâmica iniciou com discussões sobre as mudanças que a disciplina sofreu com o passar do tempo e o contexto em que se deram. Na sequência, apresentamos extratos da percepção dos três professores formadores, que estão identificados pelas siglas PF (professor de Física), PQ (professor de Química) e PB (professor de Biologia).

PQ [sobre a disciplina no contexto da pandemia]: O que mudou mesmo foi a pandemia [...] tivemos a suspensão das aulas, com diversas readequações e depois disso tivemos a necessidade de *manter o estudante online; e que ele tivesse algum interesse de participar da atividade* para que não fosse simplesmente alguma coisa de constar. Daí a gente desenvolveu atividades, não tanto exposição nossa [...] a gente tentou fazer atividades em que o estudante pudesse *fazer coisas mais autônomas ou integradas... promover algum tipo de troca*.

PF [sobre as novas atividades na disciplina]: [...] [U]ma das atividades foi “*O que é vida?*”. A partir de notícias e textos de jornais, pedíamos para os estudantes relacionarem dois contextos distintos que envolviam essa conceituação de vida, por exemplo, vida para fora da Terra e quando se inicia a vida. Como fica a contextualização de vida nesses dois contextos? É o mesmo conceito de vida? Mas para

isso tínhamos oito casos [oito textos] e separávamos em quatro grupos de dois integrantes [...] Uma segunda atividade foi a de *criação de vida, que consistia em um grupo propor um planeta e os outros grupos proporem seres vivos para viverem nesse planeta*. E a terceira atividade foi a proposição de um jogo sobre o tema *Energia*.

Este tópico é aqui trazido porque, quando das duas primeiras aplicações da disciplina, era feita uma discussão, porém sem essas atividades (exercício de imaginar e habitar um planeta), até mesmo porque esses dois semestres, que foram acompanhados pela pesquisadora, não contavam ainda com o professor de Biologia na disciplina.

PQ [falando da nova atividade sobre energia]: O jogo sobre o tema energia [...] que parece ser um tema que trabalha nossas três áreas... com um tema como esse *poderíamos fazer grupos de estudantes entre Química e Biologia, entre Química e Física*, mas claro que o número de matrículas dos estudantes dos outros cursos sempre é menor do que o dos estudantes de Física. Então, às vezes faltam estudantes para fazer o intercâmbio de conhecimentos.

Como já explicado, a disciplina interdepartamental é obrigatória para a Licenciatura em Física e eletiva para as Licenciaturas de Química e Biologia, razão por que o PQ menciona que o número de matrículas é desigual.

A análise das falas aponta que mudanças foram necessárias para a adequação à pandemia de COVID-19. Contudo, foi possível manter a proposta inicial da disciplina, colocando em contato alunos de diferentes áreas. Também foi possível identificar que os tipos de atividades passaram a ter maior interdisciplinaridade com o passar do tempo, pois as dinâmicas começaram a relacionar mais intensamente temas de Ciências da Natureza. Por exemplo, a atividade de criação de vida em um planeta imaginário e que seres vivos poderiam habitá-lo mobiliza uma grande gama de conhecimentos de cada uma das áreas e, ao mesmo tempo, exige uma intensa integração entre os estudantes para ser realizada. O estudante é colocado em um lugar no qual ele

precisa dialogar, criticar, questionar, aprender a se comunicar com os demais para, então, construir uma proposta para a situação, exercitando preceitos fundamentais da interdisciplinaridade (Fazenda, 2006a).

Os professores percebem que as atividades acrescentadas e o seu desenvolvimento na modalidade *online* também provocaram mudanças na dinâmica das aulas.

PF [falando das mudanças na disciplina]: O que tem em comum *nestas atividades é que aparece muito conteúdo que a gente não consegue prever e temos que lidar com isso...* são atividades que estavam no modo *online* e vieram para o presencial. E no modo *online* você tem a questão da consulta ser muito fácil, então já ocorria essa *consulta instantânea* de forma assíncrona com a atividade... *as pessoas iam consultando, propagando e isso continuou no presencial*. A gente vê isso muito recorrente... o tempo inteiro alguém abrindo o celular [...] “peraí eu fiz uma pesquisa”.

PB: E nessa sala que tem até o computador [...]

PF: [...] então vai incrementando e *a gente vai tentando entender um pouquinho melhor a relação entre esses conhecimentos que vão aparecendo*. E com o tempo a gente vai entendendo quais são as recorrências que vão aparecendo... quais são as várias possibilidades... A criação do ser vivo, sempre aparece um ser vivo microscópico... um “Frankenstein”, que é aquele que vai pegando pedaços de vários seres vivos para montar um “super-homem”... e outros que optam por seres macroscópicos, mas este é mais difícil de pensar a sobrevivência num planeta hostil... ainda mais que ele é muito mais dependente de um ecossistema. *Então, todas essas questões, a gente vai colocando ali no meio da discussão*.

Os extratos de falas acabam por revelar aspectos da natureza do conhecimento científico — por exemplo, o quanto ele é dinâmico. No entanto, quando esse conhecimento vira conteúdo programático, os professores precisam oferecer aos estudantes um ambiente de

troca, de diálogo e de abertura para complementarem o conhecimento de suas áreas específicas e solucionarem o questionamento proposto. É justamente essa experiência que é significativa para a formação docente. Os futuros professores têm, assim, a vivência de uma situação muito próxima da que enfrentarão na sala de aula, falando de conteúdos que se atualizam muito rapidamente e de alunos que consultam em tempo real, mas que são saberes que se inter-relacionam. Experiências desse tipo proporcionam aos futuros professores a expansão do olhar para além das suas disciplinas, reconhecendo a complexidade do conhecimento, suas inter-relações e sua interdependência (Fazenda, 2003).

Essa importância é enfatizada também pelos professores formadores: o PF comentou sobre a relevância do diálogo, nesse espaço, para um público de diferentes áreas. Destacamos aqui a importância do diálogo pois é ele que media a interdisciplinaridade. Em uma sala de aula sem diálogo, não há espaço para a interdisciplinaridade. A possibilidade de falar e escutar é o ponto de partida para a construção de uma prática interdisciplinar, pois a atitude interdisciplinar é construída a partir do modo como cada ser humano vê o mundo, de suas vivências e de seu envolvimento com elas (Fazenda, 2002).

PF [sobre a comunicação nas aulas]: [...] [M]uitas vezes a gente tem *dois planos narrativos*, tem um que eu vou dialogando com os alunos da Física, mas eu tenho que dialogar mesmo se não tem aluno da Física. A disciplina é obrigatória para os alunos da Física, para os outros ela é eletiva, então tem que *ter dois planos de diálogo, um que vá mobilizando o estudante da Física, que vai trazer algo mais aprofundado; e se eu estou falando de Física, algo que os estudantes das outras áreas consigam compreender* [...]

PB: E como eles fazem para comunicar isso para o colega da outra área! É esse exercício da comunicação entre eles, para se tornarem compreensíveis entre áreas.

A questão da comunicação foi destacada pelos PF e PB, que reconhecem a comunicação como o pano de fundo para o desenvolvimento de um ambiente de reciprocidade e copropriedade, de diálogo, em que a interação dos saberes é facilitada (Fazenda, 2002).

Ainda em relação às mudanças que a disciplina sofreu, os professores descreveram a introdução da inteligência artificial na construção das atividades dos estudantes.

PQ: [...] [N]as últimas atividades que os estudantes têm feito, pelo menos para fazer a ilustração do planeta, ou a ilustração do ser vivo [...]

PB: [...] eles começaram a fazer ilustração [do jogo sobre energia]... nas últimas nem foi solicitado...

PQ: [...] eles utilizaram a *inteligência artificial* para criar. Então, acho que *a gente une as tecnologias digitais numa abordagem interdisciplinar* na Educação em Ciências da Natureza.

Apontam que o uso da inteligência artificial para a realização das tarefas é mais um dos efeitos das consultas (*online*) integradas às dinâmicas da disciplina. Especialmente nos jogos propostos mais recentemente na disciplina, ela foi muito útil, pois auxiliou os estudantes no planejamento dos espaços nos quais os jogos se desenvolveram.

SOBRE O IMPACTO DA DISCIPLINA EM OUTRAS DISCIPLINAS

Um dos temas abordados no grupo focal foi o impacto que a disciplina teve ao longo do tempo nas atividades de outras disciplinas.

PQ: Tem outro aspecto dessa atividade, é o deslizamento da atividade para fora da disciplina.

PF: [...] eu estava coordenando um grupo do PIBID o ano passado. Numa atividade de estudantes de Física com os da Filosofia, em que eles foram ministrar uma aula, a atividade era para pensar a questão sobre se deveríamos investir em salvar o nosso planeta ou em tentar colonizar outro [...]. A partir disso, numa disciplina do Ensino de Astronomia, que inseriu a carga horária de extensão, propuseram um curso de extensão com temática próxima tanto dessa do PIBID como desta da criação do ser vivo [...]. Aí eu comecei a ver relação, isso parece que está permeando [outras disciplinas]... eu ministro uma disciplina de Estágio e ontem eu tive a apresentação de um jogo; o jogo propõe mexer em variáveis de planetas, então, cada jogador tem um planeta com variáveis... essas variáveis vão incentivar ou não o surgimento de compostos orgânicos ali no planeta, e a partir do momento que você tem uma quantidade de compostos orgânicos, você começa a ter maior probabilidade de surgir a vida. Ganha o jogo quem faz a vida aparecer primeiro [...] então, vai se vendo que começa a permear. E tem um aluno específico que estive em todos esses momentos, então, você vai vendo que ele vai levando alguma coisa... a atividade nunca é a mesma; vai ganhando outra conotação. Vai permeando vários estudantes [e diferentes disciplinas].

PQ [falando da repercussão da disciplina "Explorando a matéria"]: Parece que a disciplina é um ambiente fértil para o desenvolvimento da criatividade desses estudantes. E eles levam a experiência que eles participam para outros contextos, para outras disciplinas. O que para nós pode ser um elogio da disciplina, ou seja, a disciplina não é inócua, ela é fértil, ela está fomentando uma apreciação que se reproduz em outro lugar [...].

O relato dos professores foi interpretado como uma boa aceitação da vivência interdisciplinar pelos estudantes, que tendem a replicar as atividades em outras disciplinas. O PF relata que, ao perceber os efeitos da disciplina em outros contextos da Universidade, identificou que um estudante que cursara "Explorando a matéria: do átomo à célula" esteve presente em todos os momentos descritos,

podendo-se inferir que a disciplina o sensibilizou, em termos de conteúdos e de suas estratégias didáticas. É possível que esse estudante leve esses aprendizados para a sua vida profissional, pois o professor só se torna interdisciplinar vivendo a interdisciplinaridade (Fazenda, 2010), e é na universidade que ele deve encontrar esse espaço para vivenciá-la e exercê-la, visando transpô-la na futura docência.

SOBRE O IMPACTO DA DISCIPLINA NOS ESTUDANTES

Os professores mencionaram relatos espontâneos dos estudantes que corroboram a grande aceitação da disciplina por parte destes.

PB: Aliás, eles (estudantes) sempre *elogiam a disciplina*. Na última aula, um aluno falou *“esta disciplina está sendo o bálsamo do semestre”*. Essa é uma disciplina que eles vêem, discutem e aprendem, mas aprendem de uma forma que é interessante, que eles se divertem com a ideia dessa discussão [...] então eles dizem que é uma disciplina que sabe... assim... *faz com que fique mais leve o semestre*. Achei muito legal que ele resolveu falar espontaneamente no final da aula [...]

PF: Sim, espontaneamente. No final da aula ele disse, eu preciso falar uma coisa com vocês, aí ele foi lá e deu o depoimento. [...] O que acaba chegando para a gente são os que elogiam, [...] mas acredito que possa ter esses que não gostam principalmente pelo estranhamento. ***É uma disciplina diferente, que não busca tanto a formalização do conhecimento***, então quem imagina que é isso que deveria ser uma disciplina, não deve se interessar. *Pelos que declaram, sim realmente é sempre grandes movimentos...* E os vários depoimentos que a gente tem são espontâneos, mas é bem recorrente a gente ter depoimentos espontâneos.

PQ: Teve até *uma aluna que disse que foi por esse tipo de disciplina* que ela não largou o curso (de Física).

O interesse dos alunos de diferentes áreas do conhecimento e de algumas pós-graduações foi igualmente citado pelos professores formadores.

PB: [...] [L]embram do *aluno da História*? Ele fez até uma parte considerável da disciplina, mas não efetivaram a matrícula dele.

PQ: Esta disciplina tem um problema administrativo, que vem da maneira como a UFRGS funciona; o estudante pode fazer a matrícula suplementar, mas ela precisa ser confirmada. [...] E aí tem os prazos da Universidade, é uma coisa complicada. A gente já teve estudante, além desse da História, que não conseguiu efetivar a matrícula [...] eu não me lembro, da *Medicina Veterinária* ou da *Agronomia*. [...] Eu queria enfatizar que nós tivemos muitas pessoas fazendo *estágio docente*. Eu tive uma *aluna de mestrado*, ela é da Biologia, eu oriento na Educação... aluna do *Programa de Pós-graduação em Ciências*. Ela veio fazer o estágio docente nesta disciplina. E ela trouxe determinadas apresentações formais, com uma discussão baseada na Biologia. *Fez uma aula muito interessante sobre a evolução do olho, que teve uma recepção muito boa* entre os estudantes. A gente teve *dois estudantes do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física*, então a gente teve três estudantes de Pós-graduação...

Ainda em resposta à questão das “devolutivas dos estudantes sobre a disciplina interdisciplinar”, os professores mencionaram o grande envolvimento em sala de aula, que foi apontado como indicativo da boa aceitação que a disciplina tem tido.

PB: [...] [E]u vejo que acaba sempre tendo um grande *envolvimento* deles em todas as aulas. Mesmo com esse grupo, por exemplo, que é um grupo pequeno, mas que toda a aula eles estão... seja qual for o tema, *eles se dedicam, eles aprofundam, eles pesquisam* e eles estão ali puxando aquele computador, então [...] a gente pensa [...] o *engajamento deles ali é muito grande*.

IMPRESSÕES DOS PROFESSORES FORMADORES SOBRE A EXPERIÊNCIA NA DISCIPLINA

Ao final do grupo focal, cada um dos professores falou de suas impressões sobre a experiência na disciplina.

PQ: *A disciplina ficou mais leve no ensino remoto emergencial. Daí quando a gente voltou [à presencialidade] pensei, "vamos continuar a deixando leve. Não precisa voltar algumas coisas mais formalizadas" [...]*

PF: Acho que eu diria que o principal da disciplina é a experiência com o conhecimento. Então, [...] a gente não está preocupado com a formalização de certo conteúdo [...] não é isso, precisamos experimentar o conhecimento. Como que a gente pode experimentar o conhecimento? Se relacionar com ele? Ter diversas possibilidades de interação... tem umas aulas que o PQ conduz que são muito interessantes só com imagens, só a partir de *sites*... e vai trazendo formas de experimentar o conhecimento, diferente daquela do conteúdo sistematizado, que traz uma narrativa, que tem uma certa intencionalidade. Eu quero envolver os alunos de determinada forma, então eu faço determinadas escolhas para isso. Durante o desenvolvimento das aulas, deixamos claras as nossas escolhas, porque estamos fazendo aquilo... que é a nossa intencionalidade. Isso é muito importante para uma formação de professores. Porque eles vão percebendo que eles também podem ter essa fluidez de construir e se relacionar (com o conhecimento).

PB: Para além dessa ideia [...] do próprio desenvolvimento ou construção do conhecimento, *a convivência das diferentes áreas*. Eles veem que a gente às vezes discute. *A experiência dos professores das diferentes áreas sempre proporciona um debate muito interessante*. Eu sou professora da Licenciatura na Educação no Campo e trabalho com colegas de outras áreas e sempre acho isso muito interessante, de como essa vivência entre os limites, as fronteiras... *diferenças de como as áreas vão enxergar*

diferente os fenômenos. É muito interessante para os estudantes como se vai construindo o conhecimento e a experiência deles como futuros docentes de uma maneira diferente. Senão a gente fala muito da interdisciplinaridade e não vê isso tentando fazer conformações [...]

Na fala, o PB destacou o papel que a experiência interdisciplinar oportuniza ao estudante de vivenciar situações em que o diálogo — princípio da interdisciplinaridade — é a ponte para a construção do conhecimento. Ele apontou que a aproximação dos limites entre as áreas de conhecimento enriquece a discussão, pois é nesse momento que as trocas acontecem. Ficou em realce a disponibilidade desses profissionais para promover esse espaço de encontro, de conhecimento e de troca. A interdisciplinaridade necessita de prática coletiva, precisa de professores que estejam abertos ao diálogo e que sejam capazes de reconhecer que, por melhor que sejam as suas formações, ainda estão dispostos a aprender (Fazenda, 2002, 2006a).

O PF, ao relatar o importante papel do docente de Biologia, último a integrar¹⁸ o grupo de ministrantes da disciplina, destacou um ponto muito significativo da proposta de interdisciplinaridade de Fazenda (2002): que a interdisciplinaridade não nega o conhecimento específico.

PF: [...] [E] tem um processo bem interessante com a vinda de PB, porque até então não tinha um professor fixo de Biologia, eu cheguei a fazer algumas inserções nesse sentido. Aí quando PB veio, ficou muito claro que [...] ainda que a gente busque essa questão da interdisciplinaridade, há uma riqueza no disciplinar. [...] Porque eu até posso trazer alguma coisa, algum processo da Biologia e tudo mais, mas linguajar, termos, forma de pensar da Biologia eu não consigo! E isso fica claro quando PB se faz presente ali

18

Os semestres-piloto (2019/1 e 2019/2) da disciplina "Explorando a matéria: do átomo à célula" contavam apenas com professores de Física e Química. Apenas em 2024/1 o time ficou completo, com a inclusão do docente de Biologia.

e a gente vai destacando essas diferenças. A gente já fazia com a Química, mas ficou muito claro [...] como isso dá uma maior *noção de que o interdisciplinar não é negar o disciplinar. Como aponta Fazenda, a interdisciplinaridade não nega a disciplinaridade, ela parte dela.*

Finalizando o grupo focal, procuramos conversar sobre como a disciplina impactou as práticas e trajetórias profissionais dos professores formadores.

PQ: [...] [E]u não faço nada diferente do que me preparei para fazer...

PF: [...] o nosso conhecimento está atrelado à nossa formação. [...] Eu já tinha trabalhado numa licenciatura de Ciências da Natureza e na pós-graduação interdisciplinar... Ela [a disciplina] *sedimenta ou representa uma certa trajetória formativa que eu já estou percorrendo... Ela me deu certa liberdade para fazer isso aqui também.* No começo da disciplina, foi justamente porque eu já tinha tido essa experiência da interdisciplinaridade, em várias instâncias...

PB: *Para mim, foi bastante interessante*, porque desde que eu entrei aqui na UFRGS eu trabalho em um curso que é uma licenciatura em que... as disciplinas foram construídas para que sejam realizadas na docência compartilhada... *E a experiência da interdisciplinaridade é muito diferente aqui, esta possibilidade de um aprofundamento.* Um estudante que está sendo formado em uma disciplina... ela oferece condições de ele aprofundar mais e fazer essa interdisciplinaridade em diferentes planos. Um pouco diferente do que a gente faz na formação por área de conhecimento. *Então, eu vejo distintas interdisciplinaridades funcionando e você tem estudantes que conseguem trabalhar muito mais com a Física ou com a Química de uma maneira muito mais aprofundada. Eu vejo esta diferença. Eu gosto muito da aula. Sempre aprendo muito e a gente vai se sentindo muito mais confortável para ir explorando...* cada vez que a gente vai vendo estas experiências funcionarem, com áreas diferentes, com pessoas diferentes, com

trajetórias diferentes... a gente vai se sentindo confortável nessa composição. Lá... a gente acaba fazendo uns projetos [...] essa interdisciplinaridade, os temas são muito distintos dos nossos aqui. São temas que vem do campo, ligados com a agroecologia... aqui aparecem outras questões. A gente trabalha energia, mas energia em um outro contexto... aqui possibilita outras abordagens, outros conteúdos que surgem mais naturalmente.

De uma forma geral, foi possível interpretar da escuta que o grupo de professores que está à frente da disciplina “Explorando a matéria: do átomo à célula” consegue construir e manter uma sala de aula interdisciplinar. A disciplina é percebida como uma verdadeira vivência interdisciplinar, tanto pelos docentes formadores como pelos estudantes das três áreas. Uma vivência baseada no encontro, na escuta e na parceria. Muito dessa construção se dá pelas trajetórias pessoais desses professores formadores, agora potencializadas pelo encontro. O reflexo de suas próprias atitudes interdisciplinares pode ser encontrado em sala de aula, incentivando nos alunos que por ali passam a transpô-la. Essa atitude inquisitiva, de pensar, questionar e construir, é o que impulsiona o professor a tornar-se interdisciplinar (Pinheiro, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Defendemos que a interdisciplinaridade deve ser oportunizada aos professores ainda na formação inicial. Uma forma viável de oportunizá-la é oferecer, nos cursos de licenciatura, disciplinas que sejam vivências interdisciplinares. A disciplina intitulada “Estrutura da matéria: do átomo à célula”, proposta a partir de uma investigação de doutorado e hoje presente na Licenciatura em Física da UFRGS, é um exemplo dessa vivência, pois coloca em sala de aula estudantes e professores de Física, Química e Biologia. Neste trabalho, procuramos compreender, a partir da percepção dos professores

formadores, como tem sido a evolução da disciplina cinco anos após sua criação. De suas falas, pudemos inferir que a disciplina se mantém motivadora e com elevado envolvimento dos estudantes porque se pauta em atividades diferenciadas, interativas e baseadas em estratégias e temas que envolvem as três áreas do conhecimento na solução das tarefas propostas.

Os estudantes são desafiados pela estrutura da disciplina e os professores saem da zona de conforto porque as soluções das atividades avançam as fronteiras de seus conhecimentos específicos. Por outro lado, propicia-se o uso do computador, da tecnologia e da inteligência artificial de forma síncrona e como um apoio à consulta, à pesquisa e à discussão. Não há um compromisso com a formalização do conhecimento, senão com o seu uso e interlocução. Os alunos elogiam a disciplina; alguns se motivam para permanecer no curso, encantam-se com as dinâmicas e geram um movimento de deslizamento das atividades para outras disciplinas. Dessa forma, a disciplina tem atraído estudantes de outras disciplinas, de outras áreas, de algumas pós-graduações e tem se afirmado como verdadeira vivência interdisciplinar. Para os professores formadores, a disciplina acrescenta experiências em suas trajetórias formativas, representa um tipo de vivência não experimentada antes por sua dinamicidade e adaptabilidade às diferentes situações, bem como propicia aprofundamento de seus conhecimentos. Esperamos que o mesmo possa estar ocorrendo com os licenciandos das três áreas e que essa vivência seja exemplar para suas práticas docentes futuras.

Além de oferecer vivências interdisciplinares, a Universidade tem a seu alcance a possibilidade de propiciar interações interdisciplinares através de programas como o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) e a RP (Programa de Residência Pedagógica). São programas positivos, pois buscam minimizar carências dos professores (Simões; Custódio, 2014), aproximam a universidade da escola e aprofundam a formação teórico-prática (Neto; Borges; Ayoub, 2021), além de facilitarem a permanência dos

licenciandos nos cursos (Evangelho *et al.*, 2019). Através do PIBID e da RP, ocorrem interlocuções que envolvem diferentes atores, como professores das universidades (coordenadores), professores das escolas (preceptores), licenciandos, gestores etc., criando um espaço de compartilhamento de conhecimentos, saberes e experiências que se produzem em diferentes contextos, o qual os leva a repensar as práticas didáticas e integrar conhecimentos de diferentes áreas.

AGRADECIMENTO

Lisiane Araujo Pinheiro agradece o apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Parecer CNE nº 15/98. Brasília, 1998. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pceb015_98.pdf. Acesso em: 27 jun. 2024.

BRASIL. Resolução CNE 02/2015, de 01 de julho de 2015. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2 jul. 2015.

EVANGELHO, B. V.; MACHADO, L. M.; DORNELES, P. F. T.; MASSONI, N. T. Permanência no Curso de Licenciatura em Física da Unipampa Campus Bagé: um estudo exploratório com estudantes em fase final de curso. **Revista Thema**, v. 16, n. 3, p. 501-515, 2019.

FAZENDA, I. (org.). **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Campinas: Papirus, 2002.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade: qual o sentido?** São Paulo: Paulus, 2003.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade**: qual o sentido? 2. ed. São Paulo: Editora Paulus, 2006a.

FAZENDA, I. **Interdisciplinaridade na formação de professores**: da teoria à prática. Canoas: Editora da ULBRA, 2006b.

FAZENDA, I. **Metodologia de pesquisa educacional**. São Paulo: Cortez, 2010.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LOPES, D. S.; ALMEIDA, R. O. Percepções sobre limites e possibilidades para adoção da interdisciplinaridade na formação de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 137-162, ago. 2019.

MASSONI, N. T.; BRUCKMANN, M. E.; ALVES-BRITO, A. Reestruturação curricular do curso de Licenciatura em Física da UFRGS: o processo de repensar a formação docente. **Educar Mais**, v. 4, n. 3, p. 512-541, 2020.

MESQUITA, N. A. S.; SOARES, M. H. F. B. Tendências para o ensino de química: o caso da interdisciplinaridade nos projetos pedagógicos das Licenciaturas em Química em Goiás. **Ensaio**, v. 14, n. 1, p. 241-255, 2012.

NETO, S. S.; BORGES, C.; AYOUB, E. Formação de professores na contemporaneidade: desafios e possibilidades da parceria entre universidade e escola. **Pro-Posições**, v. 32, 2021.

PIERSON, A. H. C.; NEVES, M. R. Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 120-131, 2001.

PINHEIRO, L. A. **O perfil e os desafios do educador em Física na perspectiva das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2015**: a formação de profissionais críticos à Educação Básica. 2021. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

SILVA, T. T. **Teorias do currículo**: uma introdução crítica. Porto: Porto Editora, 2000.

SIMÕES, B. S.; CUSTÓDIO, J. F. Escassez de professores de física: uma breve revisão na literatura. **III Seminário Internacional de Educação em Ciências**. Outubro, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/9099695/escassez_de_professores_de_fisica_uma_breve_revisao_na_literatura. Acesso em: 24 jun. 2024.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa**: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de Teoria Fundamentada. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

7

Daniel Pigozzo

Matheus Monteiro Nascimento

DESCRIÇÕES METODOLÓGICAS DE UMA ETNOGRAFIA VIRTUAL NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:

O CASO DA CPI DA PANDEMIA

INTRODUÇÃO

Por meio de inúmeras transformações no decorrer das últimas décadas, o campo dos estudos etnográficos superou a pretensa ideia de que suas teorias e práticas seriam neutras e performadas por pessoas isentas, gerando como resultado descrições objetivas da realidade (Hammersley, 2006, 2018; Ingold, 2008, 2016; Peirano, 2014; Sinead Ryan, 2017) — um movimento similar ao que ocorreu nas áreas de Ensino de Física e de Educação em Ciências no geral (Lemke, 2001; Lin *et al.*, 2019; Matthews, 1992; Rezende; Ostermann; Guerra, 2021). Com uma origem bem representada por sua alcunha, “descrição de etnias”, a etnografia emerge como resposta aos primeiros métodos de pesquisa que surgiram na Antropologia. Isto é, um contraponto a pesquisas feitas nos gabinetes das instituições de ensino e pesquisa, totalmente apartados do campo e da realidade das comunidades estudadas, que focavam reconstituições históricas a partir de dedução e especulação com base em análises documentais, como relatos de viajantes e expedições científicas ou missionárias (Uriarte, 2012). Porém, a partir do surgimento de novas formas de se fazer pesquisa, tanto pela própria antropologia quanto por outras áreas, devido a vários anos de crítica e desconstrução, a etnografia passou a ser entendida como uma lógica de investigação e ser reconhecida como um ato tanto político quanto poético (Clifford, 2008; Green; Dixon; Zaharlick, 2005; Madison, 2008; Willis; Trondman, 2002); não como um ato de escrever *sobre* cultura, mas de escrever *a partir de* e *para* uma cultura.

Nesse processo de crítica e desconstrução, abre-se espaço tanto para a adoção de outras concepções de mundo na hora de fundamentar o trabalho antropológico quanto para novas noções de campo, local, comunidade e cultura como objetos de estudo para as descrições etnográficas (Escobar *et al.*, 1994; Hine, 2000; Marcus, 1995; Smith, 2012). Portanto, o diálogo de outras áreas de pesquisa com o campo dos estudos etnográficos que se desenvolveu nesse processo não pode ser ignorado. É nesse contexto que nos inserimos.

Entre os novos campos de trabalho, destaca-se a importância da Internet no fim do século XX e início do século XXI. Há anos a importância dos ambientes e recursos digitais vem crescendo em um ritmo acelerado, mas, principalmente a partir de 2020 e com a pandemia da COVID-19, diversas culturas e comunidades precisam lidar com a incontornável possibilidade e, por vezes, necessidade de ter acesso à Internet. Nesse período, também se tornou evidente a necessidade de o Ensino de Física e a Educação em Ciências se atualizarem e enfrentarem novos desafios do mundo contemporâneo, dentre os quais destacamos a disseminação de discursos que questionam irresponsavelmente a validade de conhecimentos científicos e a autoridade das instituições que os representam (Moura; Nascimento; Lima, 2021), inclusive na Internet (Nascimento; Massi, 2023).

Assim, entre as novas formas de se fazer etnografia, surgem os estudos etnográficos relacionados à Internet, aos quais aqui nos referimos, diante de um universo enorme de possíveis denominações, como etnografia virtual (Hine, 2000). Entretanto, o desenvolvimento da etnografia, tanto em sua área de pesquisa original como em outras apropriações, pelo menos no que diz respeito aos estudos voltados à Internet, é uma descrição mais adequada do cenário internacional.

Na área de ensino no Brasil, demonstramos, em uma revisão de literatura anterior (Pigozzo; Nascimento, 2023a), que há uma falta de equilíbrio entre os temas tratados pelos artigos já publicados. Há casos de negligência em aspectos antropológicos quando se focam aspectos educacionais (com discussões mais focadas em processos de aprendizagem, por exemplo) e também casos de falta de ênfase em questões educacionais por causa de escolhas estruturais ou por abordar tópicos mais gerais. Porém, mesmo no cenário internacional, ainda há dificuldades e lacunas de conhecimento a se explorarem. Revisões da literatura (Jensen *et al.*, 2022) sobre estudos etnográficos relacionados à Internet no ensino superior, por exemplo, indicam

a necessidade de mais rigor metodológico e profundidade teórica a partir de estratégias como a apresentação de reflexões sobre o papel multifacetado de docentes atuando como pesquisadores/as e a inclusão de fontes de dados mais diversas.

No processo de diversificar as fontes de dados, podem surgir inúmeras dificuldades. Por exemplo, os buscadores, como Google, Bing ou DuckDuckGo, tão comuns no cotidiano *online*, já não são os recursos mais eficazes para as descrições de comunidades e culturas da Internet. Apesar de haver uma otimização cada vez maior entre os resultados de nossas buscas, somos confrontados por cada vez mais *sites* monetizados, páginas de *spam* e textos de baixa qualidade. Tudo isso tende a piorar devido aos conteúdos gerados por inteligência artificial (Bevendorff *et al.*, 2024). Portanto, descrições dos aspectos metodológicos e estratégicos do trabalho de campo da etnografia virtual precisam ser aprofundadas e divulgadas para que todo e qualquer estudo focado na Internet como espaço de socialização, cultura e comunidade possa apresentar a melhor descrição possível dos esforços de imersão, observação ou participação realizados pela pessoa responsável pela pesquisa.

Por isso, no presente capítulo, nosso objetivo é detalhar estratégias para o uso de etnografia virtual no estudo das relações entre ciência, política e sociedade, focando primeiramente interfaces de programação de aplicações e, posteriormente, fóruns, grupos e salas de bate-papo. Com isso, seguimos com o compromisso de divulgar os trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Estudos em Sociologia da Educação e da Ciência (LESEC) da UFRGS, na linha de pesquisa de Relações entre a Ciência e outros campos sociais, reafirmando nosso *modus operandi* de fazer pesquisa a partir das ciências sociais e mantendo o diálogo com outras áreas, como a Antropologia Digital, para estudar os temas de pesquisa próprios da Educação em Ciências.

DESCRIÇÕES ETNOGRÁFICAS A PARTIR DE INTERFACES DE PROGRAMAÇÃO DE APLICAÇÕES

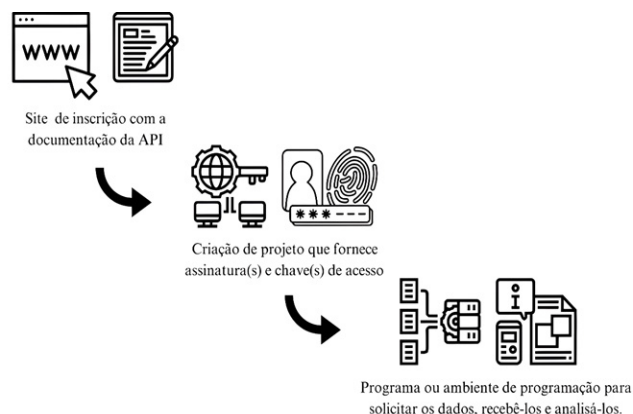
Um dos princípios da etnografia virtual é o intenso contato com os aspectos cotidianos da vida *online* (Hine, 2000). Para enfrentar os desafios que podem emergir do campo de trabalho, seja por causa da relação entre a pessoa responsável pela pesquisa e o objeto de estudo, seja pela natureza da(s) plataforma(s) utilizada(s), na presente seção, destacamos as possibilidades do uso de serviços de acesso por interfaces de programação de aplicações (APIs). Através delas, é possível ter contato com o cotidiano do ciberespaço mesmo quando não se faz parte de uma ou mais comunidades de interesse da pesquisa a ser realizada ou, ainda, quando o trabalho de campo da etnografia virtual é realizado especificamente de modo retroativo.

As APIs são uma forma de comunicação para a troca de dados entre “aplicativos” (*softwares*) e podem ser descritas como uma ponte entre um programa “cliente”, que solicita certas informações para um “servidor” que as pode fornecer. Um bom exemplo é o caso dos *sites* e aplicativos de navegação por GPS, que usam APIs tanto para exibir mapas estáticos ou interativos quanto para reconhecer as instruções do(a) usuário(a) (como traçar rotas, procurar estabelecimentos, rastrear movimento de outros veículos etc.) e informar direções, limites de velocidade, pontos de interesse, avisos de trânsito etc., acessando os dados de institutos meteorológicos e de sistemas globais de navegação por satélite.

Diversas das maiores plataformas digitais, como YouTube, Facebook, Instagram, X (Twitter) etc. disponibilizam (ou já disponibilizaram de alguma forma) serviços de acesso a seus dados por APIs, inclusive versões desses serviços voltados especialmente para pesquisas acadêmicas. Porém, atualmente, os serviços gratuitos e com alto nível de acesso voltados para pesquisas acadêmicas são bem mais raros. Ainda é possível aproveitar os poucos que ainda existem, como no caso do YouTube, ou utilizar as novas versões pagas, com diferentes níveis de acesso, como a do X ou a do Reddit. Contudo, há uma tendência recente de procurar estratégias metodológicas alternativas, com base, por exemplo, em recursos da comunidade ou recursos criados por outros(as) pesquisadores(as) (Bainotti; Caliandro; Gandini, 2021; Breuer *et al.*, 2023).

No geral, o acesso por API para pesquisas acadêmicas, exemplificado pela Figura 1, costuma ser muito semelhante em quase todas as maiores plataformas. O serviço geralmente é oferecido por intermédio de um *site* contendo alguma forma de inscrição e a documentação que explica como usar a API. Após a inscrição do pesquisador em uma versão do serviço, é fornecido o acesso a um ambiente intermediário, no qual é criado um projeto e são obtidas assinaturas e chaves de acesso que identificam o usuário e a forma de acesso que lhe foi concedida, através das quais são validadas as solicitações de dados e permissões de uso. Assim, por meio de algum programa ou ambiente de programação, como o R¹⁹, a pessoa responsável pela pesquisa solicita informações para os servidores das plataformas via API, fornecendo suas chaves e assinaturas, e, finalmente, recebe dados (ou metadados) para visualizar e analisar.

Figura 1 – Esquema do acesso por API para pesquisas acadêmicas



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

A partir dessa etapa, além das funcionalidades tradicionais dos ambientes e linguagens de programação como R ou Python, há pacotes e recursos mais específicos para facilitar tanto a mineração inicial quanto a visualização, a análise e o tratamento de dados de plataformas como o X²⁰ e o YouTube²¹.

No caso do X, os recursos podem tratar de linhas do tempo completas de usuários(as) específicos(as), *hashtags* e buscas recentes, além dos típicos metadados sobre uma postagem da rede, como data de publicação, número de curtidas e número de compartilhamentos. No caso do YouTube, os recursos tratam tanto dos metadados mais comuns sobre os vídeos, como a duração, quanto de outras informações, como as categorias do vídeo, *playlists* em que está inserido, número de inscrições no canal de origem, comentários etc.

20 Para mais informações: <https://github.com/xdevplatform/getting-started-with-the-twitter-api-v-2-for-academic-research>. Último acesso em: 1 ago. 2024.

21 Para mais informações: <https://github.com/happycod3r/YouTube-Data-API-v3-Tools>. Último acesso em: 1 ago. 2024.

Os serviços de API costumam disponibilizar diferentes níveis de acesso porque suas funcionalidades estão mais relacionadas a formas de compartilhamento de dados úteis para programação ou pesquisa que escondem detalhes do funcionamento interno dos sistemas da plataforma em questão e que garantem que as informações compartilhadas sejam consistentes mesmo com possíveis atualizações futuras. No caso de plataformas como YouTube e X, cotas de número de dados disponibilizados (acesso a apenas 5000 *tweets* diários, por exemplo) e limitações de intervalos de tempo (compartilhamento de dados relativos apenas aos últimos anos, por exemplo) são algumas das características que diferenciam os níveis de acessos.

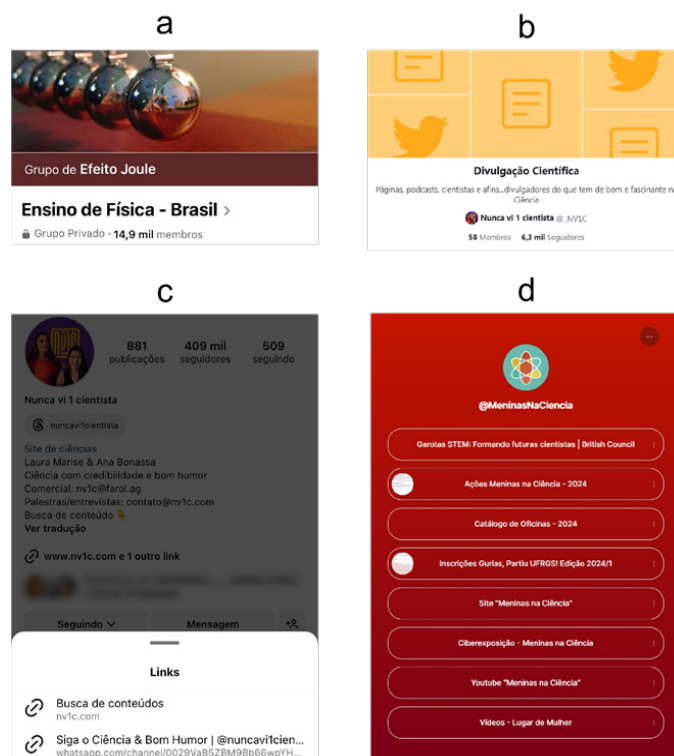
DESCRIÇÕES ETNOGRÁFICAS A PARTIR DE FÓRUNS, GRUPOS E SALAS DE BATE-PAPO

Outra forma de enfrentar desafios relacionados à imersão ou participação em comunidades e culturas *online* envolve fóruns, salas e grupos de bate-papo em aplicativos como Facebook, Reddit, WhatsApp, Telegram etc. Há várias formas de descobrir e acessar tais grupos e, evidentemente, as condições emergentes do próprio trabalho de campo podem nunca exigir da pessoa responsável pela pesquisa algo dessa natureza, mas, se existe uma procura ativa por essas possibilidades, há medidas a serem exploradas.

Na presente seção, especificamente na Figura 2, apresentamos diversas imagens de exemplo relacionadas a páginas, projetos e grupos de divulgação científica e Ensino de Física, mas os recursos e procedimentos aqui explorados servem para qualquer tema, comunidade ou cultura *online* tida como objeto de estudo.

Alguns dos exemplos de mais fácil acesso são as comunidades do Reddit (ou *subreddits*), as listas de usuários e usuárias do X e os grupos de Facebook. Nesses casos, os buscadores das plataformas facilitam bastante o acesso da pessoa responsável pela pesquisa — por vezes, oferecendo até mesmo recursos de busca avançada —, ajudando a procurar por uma grande amostra de resultados, dentre os quais geralmente é possível identificar as comunidades, as listas e os grupos mais populares ou mais ativos. Veja o exemplo de um grupo do Facebook na Figura 2a.

Figura 2 – Exemplos de formas de acesso a fóruns, grupos ou salas de bate-papo: a) Grupo “Ensino de Física - Brasil” no Facebook; b) Lista de divulgação científica no X (Twitter); c) *Links* externos no perfil “Nunca vi 1 cientista” no Instagram; d) Lista de links externos do projeto “Meninas na Ciência” da UFRGS no Instagram



Fontes: Facebook, X (Twitter), Instagram, Linktr.ee (2024).

No caso específico do Reddit, sua popularidade no Brasil²² ainda está em crescimento, porém, a depender do tema de estudo, pode ser mais útil como microcosmo da percepção de um público internacional sobre o assunto. Já no caso do X, além de também ter um nível de influência bem específico no debate público *online* do Brasil, é preciso se atentar ao fato de que a popularidade (número de “seguidores”) de suas listas (exemplo representado pela Figura 2b) é mais contextual, considerando-se que são criadas por algum(a) usuário(a) em específico com uma lista de outros(as) usuários(as) — ou “membros” —, e a popularidade desses indivíduos pode, consequentemente, influenciar a das listas.

Já o acesso a grupos de WhatsApp e Telegram, entretanto, é mais difícil de se obter. A falta de acesso prévio e o desconhecimento de pessoas que possam compartilhar um convite são algumas das causas de tal complicação. Entretanto, existem diversas formas de encontrá-los e acessá-los, mesmo que a pesquisa seja afetada por essas dificuldades. Uma delas, que é a que vamos explorar adiante, inclui o uso de recursos como as listas e os grupos já mencionados.

Com eles, pode-se criar uma seleção preliminar de representantes, autoridades ou figuras de destaque de uma determinada comunidade, identificando, por exemplo, quem é colocado como membro das listas do X ou quem são as pessoas que criaram essas listas. Além disso, também há a possibilidade de identificar quem é responsável pela administração ou moderação dos grupos do Facebook, como esses representantes, autoridades ou figuras de destaque no contexto cultural ou na comunidade que é objeto de estudo. A partir daí, pode-se investigar os perfis desses indivíduos, organizações ou projetos nas redes já mencionadas ou em outras, como o Instagram (Figuras 2c e 2d) ou o TikTok, para descobrir se neles são compartilhados *links* de grupos no WhatsApp ou no Telegram como espaços de socialização com bate-papo ou como centrais de informações e divulgação, na forma de *newsletters* ou afins.

As práticas de imersão, observação e participação em fóruns, grupos e salas de bate-papo para a realização de uma etnografia virtual podem apresentar diferentes graus de importância e centralidade ao trabalho como um todo. Isto é, podem ser tanto o principal objeto/local de estudo quanto apenas um campo complementar para coletar dados depois que outras fontes foram exploradas. Como comentado anteriormente, as condições emergentes do trabalho de campo podem nunca exigir algo do tipo, portanto, caberá à pessoa responsável pela pesquisa avaliar se realmente é necessário utilizar tal estratégia em viés de complementaridade quando, por exemplo, já se tem explorado duas ou mais plataformas como campos de trabalho.

EXEMPLO E DISCUSSÃO A PARTIR DE UM ESTUDO EMPÍRICO

Na presente seção, fazemos referência ao tema do projeto de pesquisa de doutorado do primeiro autor, iniciado em 2021 para articular referências de Educação em Ciências e Antropologia Digital em uma descrição etnográfica focada em questões de percepção pública, em particular a relacionada à autoridade epistêmica das ciências no debate público *online* sobre a CPI da Pandemia. É importante destacar que, em nossa pesquisa, estamos alinhados com o posicionamento teórico de outros trabalhos (Miller, 2021) no sentido de não perpetuar hipóteses nas quais a Internet é a causa de todo e qualquer problema da atualidade ou interpretações em que as redes sociais são culpadas por uma decadência das formas de socialização perante um passado idealizado em que vivíamos em comunidades “reais”. Como defendemos anteriormente (Pigozzo; Nascimento, 2023b), é importante investir na desconstrução de dicotomias, como a separação entre real e virtual, mesmo que seja inevitável referenciá-las

durante a descrição etnográfica de uma CPI, e na demarcação da Internet como um campo onde experienciamos eventos únicos e irrepetíveis e onde nossos atos e discursos são objetivados, tornando-se parte da cultura.

A CPI da Pandemia, ocorrida entre 13 de abril de 2021 e 26 de outubro de 2021, foi uma importante investigação do Senado Federal sobre as ações e omissões durante o governo do ex-presidente Jair Bolsonaro no contexto da pandemia de COVID-19. Para investigá-la em nosso projeto de pesquisa, fundamentamo-nos na filosofia da linguagem bakhtiniana (Bakhtin, 2016; Lima *et al.*, 2019; Volóchinov, 2018). Isso significa que, em nossos estudos, damos centralidade à ideia de enunciado, ou seja, analisamos discursos a partir de uma unidade concreta de sentido comunicacional que apresenta responsividade entre interlocutores e alternância entre sujeitos do discurso e que pertence a um gênero discursivo. Aqui, os enunciados dos quais tratamos são postagens (*tweets*) disponibilizados pela plataforma X (Twitter).

Por questão de brevidade, o presente exemplo foca especificamente as descrições etnográficas a partir de interfaces de programação de aplicações. Assim, avançamos aqui na exploração das etapas finais do acesso por APIs, nas quais a pessoa responsável pela pesquisa já está em contato com as funcionalidades tradicionais de algum programa ou ambiente de programação para obter os dados. A partir daqui, especialmente para uma descrição etnográfica bakhtiniana focada em dados do X, as ações mais importantes são aquelas relacionadas à visualização das informações cedidas pela plataforma para a (re)construção do momento de concretização dos discursos relacionados ao tema estudado. O recurso mais básico, evidentemente, é salvar os dados obtidos em tabelas separadas ou em abas específicas a partir de cada termo ou objeto de busca, como demonstrado pela Figura 3.

Figura 3 – Recorte de uma tabela de postagens feitas no X (Twitter) com o termo “CPI”, obtidas via API

	A	B	C	D	E	F
1		text	retweet_count	like_count	author_id	date
2	56201	CINQUENTA E TRÊS!	13632	73116	85327394	04/06/2021
3	80222	URGENTE! O representante da Pfizer no Brasil co	8847	56570	85327394	13/05/2021
4	66561	URGENTE! Acabamos de aprovar na CPI da Pand	2316	45781	85327394	26/05/2021
5	85545	Após 337 dias no ar, Ministério da Saúde apagou	5292	42476	122267396441	07/05/2021
6	34758	Sair de casa para tomar um chopp e acabar pres	4333	36017	2404993782	07/07/2021
7	29365	ATENÇÃO! A CPI da Pandemia descobriu algo im	4562	34388	85327394	18/07/2021
8	30285	De repente, descobrimos via CPI, que quem pron	4167	32424	13769472	15/07/2021
9	18027	ATENÇÃO! Vamos enviar requerimento à CBF,	2406	30924	85327394	05/09/2021
10	105336	Vivi pra ver senadores governistas defendendo o	3753	29734	61198788	13/04/2021
11	61383	Parabéns aos médicos pela vida que elaboraram	6917	28200	357030742	01/06/2021
12	15791	ATENÇÃO! Desde o início desta manhã, a Polícia	1656	27057	85327394	17/09/2021
13	21187	O senador Omar Aziz pediu Habeas Corpus ao Su	6080	26937	92353661	22/08/2021
14	34420	1. A nota publicada hoje pelo Ministério da Defes	3048	25113	45870897	07/07/2021
15	30798	O nosso requerimento pedindo a prorrogação da	1525	24695	85327394	14/07/2021
16	86850	A CPI da pandemia tem feito mais para sumirem	3314	24393	13769472	06/05/2021
17	96331	Agora é oficial! Fui escolhido para ocupar o carg	1150	24077	85327394	27/04/2021
18	58202	RESPOSTA DA CPI DA PANDEMIA AO PRONUNCI	3593	19340	85327394	02/06/2021
19	17892	Vcs não leram errado! CPI de Renan Calheiros re	4140	19330	52722451	07/09/2021
20	67354	MENTIRA: A doutora Mayra Pinheiro mentiu na	2360	19195	113677381598	25/05/2021
21	60461	Presidente Omar Aziz atendeu a minha questão c	2481	19110	160895960	02/06/2021
22	80272	O ex-presidente da Pfizer no Brasil confirmou à C	3923	18987	27703690	13/05/2021
23	53141	[adolescente em 2050]: nasci na geração errada	2145	18874	2608929074	09/06/2021
24	96015	Depois de "ONU elege Irã para comissão dos	2963	17884	84076180	27/04/2021
25	34048	Desenhando para todo mundo entender onde est	2026	17561	4250596815	08/07/2021
26	85320	CPI da pandemia descobriu algo im	4140	19330	52722451	07/09/2021

Fonte: elaborada pelos autores (2024).

A partir daí, existem inúmeras possibilidades. Informações como os números de curtidas e compartilhamentos indicam os enunciados de maior repercussão. É possível buscar ou filtrar por palavras-chave, nomes próprios ou usuários(as) específicos(as). O importante é fazer um uso bem fundamentado no referencial teórico-metodológico que embasa a descrição etnográfica. No caso de um estudo com fundamentação no pensamento bakhtiniano, encontrar as postagens originais e seu “fio” (thread) de respostas é essencial, pois facilita a identificação e a análise de elementos constitutivos e características dos enunciados, como a orientação social ou o contexto imediato.

Aqui, usamos o acesso por API a dados de plataformas como o X para demonstrar como o rastro digital da CPI da Pandemia é repleto de exemplos do que pode ser chamado de indiferenciação entre diferentes formas de autoridade epistêmica no debate público, isto é, a dificuldade presente no gênero discursivo cotidiano de identificar adequadamente as diferenças entre pessoas às quais é dada a oportunidade de representar a área do conhecimento na qual possuem formação acadêmica. Uma explicação que já exploramos (Pigozzo; Nascimento, 2023b) é de que, através da própria lista de pessoas convocadas ou convidadas a depor na CPI, é propiciado um cenário de simetria entre visões de mundo tanto de representantes da autoridade epistêmica tradicional das ciências, que são especialistas em Microbiologia, divulgação científica, Saúde Pública e Epidemiologia, quanto de representantes de ideias relacionadas ao movimento antivacina e a supostos tratamentos precoces de COVID-19, que possuem formação em Imunologia e Pediatria.

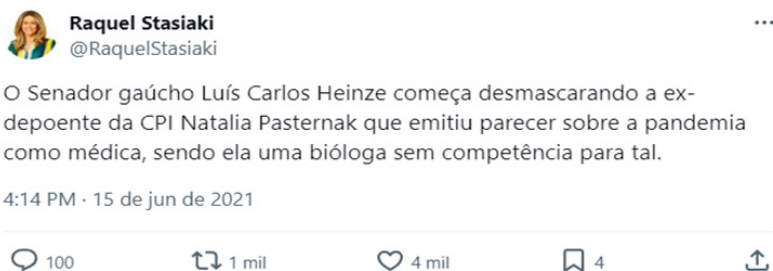
Através da análise de informações obtidas por API do X, interpretações mais minuciosas de discursos presentes no debate público podem ser feitas e novas explicações sobre a dificuldade de diferenciar a autoridade e as práticas epistêmicas de indivíduos podem surgir. Com essa estratégia, é possível dar destaque a enunciados que, na época, tiveram um grande alcance nessa rede social. Entre os enunciados de maior repercussão, isto é, com grandes números de curtidas e compartilhamentos, é possível destacar os questionamentos que surgiram sobre a presença e as credenciais de pessoas convidadas a depor na CPI, como a microbiologista Natalia Pasternak. Em um *tweet*²³ de Raquel Stasiaki²⁴ com mais de 1000 compartilhamentos e quase 5000 curtidas à época, apresentado

23 Link: <https://twitter.com/RaquelStasiaki/status/1404879971705835536>. Último acesso em: 6 ago. 2024.

24 "Professora de Ética e Direito Administrativo", segundo sua bio no Twitter (X). Já foi candidata a deputada federal no Rio de Janeiro pelo partido UNIÃO, fusão recente dos partidos políticos brasileiros de direita DEM e PSL (Bolognesi; Ribeiro; Codato, 2023). Mais informações em: <https://twitter.com/RaquelStasiaki> e <https://divulgacandcontas.tse.jus.br/>. Último acesso em: 6 ago. 2024.

na Figura 4, são feitas acusações sobre a elaboração de um parecer sobre a pandemia em que Pasternak estaria identificada como médica — um *tweet* enunciado no mesmo estilo especulativo, exagerado e mentiroso de tantos outros enunciados do X (Twitter) que não costumam apresentar provas ou qualquer rastro de validade.

Figura 4 – Postagem de Raquel Niedermeyer Denardin (@RaquelStasiaki)



Fonte: X (Twitter) (2021).

O *tweet* é respondido e compartilhado por pessoas buscando tanto concordar quanto desmentir as informações de Raquel. Entretanto, com um exame minucioso de diversas das respostas ao *tweet* em questão, é evidente que há pelo menos um elemento específico relacionado ao rastro digital da CPI da Pandemia que alimenta a indignação que acompanha a acusação. Uma explicação possível envolve a transmissão do depoimento de Natalia Pasternak diante da Comissão, durante a qual houve equívocos em como os recursos gráficos da TV Senado apresentam o currículo da pesquisadora, identificando-a diversas vezes como médica e exibindo uma legenda sobre “depoimento de médicos pesquisadores” durante sua fala. Os erros foram corrigidos ainda durante o processo de exibição da sessão de 11/06/2021, mas estão registrados até hoje por pelo menos uma hora do vídeo da TV Senado²⁵.

Em todo enunciado, há o que chamamos de projeto de fala ou, em outros termos, a intencionalidade percebida naquilo que foi comunicado (Bakhtin, 2016). A partir de um excedente de visão, isto é, da capacidade de comunicar referências específicas e entendimentos sobre um enunciado a partir da experiência única e irrepetível que é a experiência humana (Bakhtin, 2016; Lima *et al.*, 2019), podemos apontar fatores que explicam ou motivam o *tweet* e as acusações de figuras como Raquel Stasiaki. Nesse sentido, podemos destacar que, mesmo com a interpretação mais severa perante os erros, a presença de Natalia Pasternak ainda poderia ser justificada, visto que não é de todo absurdo tratar uma autoridade em Microbiologia como uma pessoa capacitada para falar de pelo menos algum aspecto da COVID-19, principalmente considerando-se que a pesquisadora também tem experiência com divulgação científica. Entretanto, uma melhor explicação dessas acusações pode ser encontrada na tentativa de criar uma simetria entre a recepção inicial e a reação à presença de Natalia Pasternak e outras figuras que foram testemunhas ou convidadas na CPI, como Nise Yamaguchi e Mayra Pinheiro, as quais receberam um tratamento que foi fortemente questionado *online*, como demonstra a Figura 5.

Figura 5 – Postagem de Cláudio Humberto (@ColunaCH)



Fonte: X (Twitter) (2021).

A presença de Natalia Pasternak em uma sessão da CPI evidentemente representa algo. Mais especificamente, sua presença em um palanque político comunica sentidos e apresenta uma orientação social relacionada à autoridade epistêmica tradicional das ciências. Por outro lado, as presenças de Nise Yamaguchi e Mayra Pinheiro comunicavam outros sentidos e orientações sociais.

Figura 6 – Postagem de Intercept Brasil (@TheInterceptBr)



Fonte: X (Twitter) (2021).

Elas representam não apenas ações específicas do Governo Federal à época, mas também visões de mundo que questionam a autoridade tradicional das ciências — um questionamento que nunca

chega ao negacionismo explícito e que nunca se diferencia fortemente do estilo ou estrutura linguística aparente dos discursos tradicionais das ciências (Pigozzo; Nascimento, 2023b), mas que mesmo assim se põe como um contraponto a instituições como a Organização Mundial da Saúde. É através do reconhecimento dessa dicotomia que se torna mais fácil compreender por que aquelas pessoas que se alinham às visões de mundo de Nise Yamaguchi e Mayra Pinheiro reagiram assim à presença de Natalia Pasternak em plataformas como o X. Isto é, porque há uma expectativa de que se a autoridade de alguém como Nise Yamaguchi pode ser questionada, como representado na Figura 6, talvez o mesmo pudesse ser feito com Natalia Pasternak.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente capítulo, apresentamos uma discussão que exemplifica o avanço e o aprofundamento das estratégias metodológicas de um projeto de pesquisa que compõe a linha de pesquisa Relações entre a Ciência e outros campos sociais do Laboratório de Estudos em Sociologia da Educação e da Ciência da UFRGS. Por compor um livro de trabalhos produzidos no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS, buscamos representar como as perspectivas críticas sobre questões sociocientíficas contemporâneas se tornaram uma parte integral da nossa área de pesquisa e do nosso programa de pós-graduação em especial.

A partir de breves comentários sobre o histórico dos estudos etnográficos em sua área de origem e em apropriações por outras áreas, buscamos posicionar nosso trabalho em um contexto de inúmeras novidades em termos de temas e abordagens de pesquisa. Isso significa que, conseqüentemente, nos posicionamos em um contexto de lacunas de conhecimento inéditas e de oportunidades de intersecção e contato dialógico entre perspectivas teórico-metodológicas.

Como afirmado anteriormente, se podemos destacar a presença das redes sociais em questões relacionadas à educação, à ciência e à política nas últimas décadas, não há como ignorar o aumento de sua importância em um cenário pós-pandêmico. Em trabalhos prévios, apontamos a necessidade de apresentar uma visão de mundo como a metalinguística do Círculo de Bakhtin para potencializar as descrições etnográficas. Aqui, tratamos de uma etapa que pode ser considerada anterior; uma etapa de definição de estratégias para acessar os discursos e as práticas a serem analisadas e descritas através de uma etnografia virtual. Por isso, buscamos avançar no detalhamento de diferentes formas de acesso a um campo de trabalho tão rico para análise de práticas discursivas como a Internet.

REFERÊNCIAS

BAINOTTI, L.; CALIANDRO, A.; GANDINI, A. From archive cultures to ephemeral content, and back: studying Instagram stories with digital methods. **New Media & Society**, v. 23, n. 12, p. 3656-3676, 2021.

BAKHTIN, M. **Os gêneros do discurso**. 1. ed. São Paulo: Editora 34, 2016.

BEVENDORFF, J. *et al.* Is Google getting worse? A longitudinal investigation of SEO spam in search engines. *In*: GOHARIAN, N. *et al.* (org.). **Advances in information retrieval**. Cham: Springer Nature, 2024. v. 14610, p. 56-71. (Lecture Notes in Computer Science).

BOLOGNESI, B.; RIBEIRO, E.; CODATO, A. Uma nova classificação ideológica dos partidos políticos brasileiros. **Dados**, v. 66, n. 2, p. e20210164, 2023.

BREUER, J. *et al.* User-centric approaches for collecting Facebook data in the "post-API age": experiences from two studies and recommendations for future research. *Information*, **Communication & Society**, v. 26, n. 14, p. 2649-2668, 2023.

CLIFFORD, J. (org.). **Writing culture: the poetics and politics of ethnography**. Berkeley: University of California Press, 2008. (Experiments in contemporary anthropology).

ESCOBAR, A. *et al.* Welcome to Cyberia: notes on the anthropology of cyberculture [and comments and reply]. **Current Anthropology**, v. 35, n. 3, p. 211-231, 1994.

GREEN, J. L.; DIXON, C. N.; ZAHARLICK, A. A etnografia como uma lógica de investigação. **Educação em Revista**, v. 21, n. 42, 2005.

HAMMERSLEY, M. Ethnography: problems and prospects. **Ethnography and Education**, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2006.

HAMMERSLEY, M. What is ethnography? Can it survive? Should it? **Ethnography and Education**, v. 13, n. 1, p. 1-17, 2018.

HINE, C. **Virtual ethnography**. London: SAGE, 2000.

INGOLD, T. Anthropology is not ethnography. **Proceedings of the British Academy**. London: British Academy, 2008. v. 154, p. 68-92. (2007 Lectures).

INGOLD, T. Chega de etnografia! A educação da atenção como propósito da antropologia. **Educação**, v. 39, n. 3, p. 404, 2016.

JENSEN, L. X. *et al.* Digital ethnography in higher education teaching and learning: a methodological review. **Higher Education**, v. 84, n. 5, p. 1143-1162, 2022.

LEMKE, J. L. Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 296-316, 2001.

LIMA, N. W. *et al.* A teoria do enunciado concreto e a interpretação metalinguística: bases filosóficas, reflexões metodológicas e aplicações para os estudos das ciências e para a pesquisa em educação em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 258, 2019.

LIN, T.-J. *et al.* Research trends in science education from 2013 to 2017: a systematic content analysis of publications in selected journals. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 3, p. 367-387, 2019.

MADISON, D. S. **Critical ethnography**: method, ethics, and performance. Thousand Oaks: Sage Publications, 2008.

MARCUS, G. E. Ethnography in/of the world system: the emergence of multi-sited ethnography. **Annual Review of Anthropology**, v. 24, n. 1, p. 95-117, 1995.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy, and science teaching: the present rapprochement. **Science and Education**, v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992.

MILLER, D. The anthropology of social media. In: GEISMAR, H.; KNOX, H. (org.). **Digital anthropology**. 2. ed. London: Routledge, 2021. p. 98-113.

MOURA, C. B.; NASCIMENTO, M. M.; LIMA, N. W. Epistemic and political confrontations around the public policies to fight COVID-19 pandemic: what can science education learn from this episode? **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 501-525, 2021.

NASCIMENTO, M. M.; MASSI, L. Compreendendo o negacionismo científico a partir da teoria dos campos de Bourdieu e da perspectiva transversalista da ciência. **Estudos de Sociologia**, p. e023007, 2023.

PEIRANO, M. Etnografia não é método. **Horizontes Antropológicos**, v. 20, n. 42, p. 377-391, 2014.

PIGOZZO, D.; NASCIMENTO, M. M. Estudos antropológicos e etnográficos relacionados à internet na pesquisa em ensino: uma revisão integrativa da literatura. **Indagatio Didactica**, v. 15, n. 4, p. 291-314, 2023a.

PIGOZZO, D.; NASCIMENTO, M. M. Uma exploração antropológica do rastro digital da CPI da Pandemia para a Educação em Ciências. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v. 7, n. 1, p. 379-393, 2023b.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; GUERRA, A. South epistemologies to invent post-pandemic science education. **Cultural Studies of Science Education**, v. 16, n. 4, p. 981-993, 2021.

SINEAD RYAN, G. An introduction to the origins, history and principles of ethnography. **Nurse Researcher**, v. 24, n. 4, p. 15-21, 2017.

SMITH, L. T. **Decolonizing methodologies**: research and indigenous peoples. London: Zed Books, 2012.

URIARTE, U. M. O que é fazer etnografia para os antropólogos. **Ponto Urbe**, n. 11, 2012. Disponível em: <http://journals.openedition.org/pontourbe/300>. Acesso em: 6 ago. 2024.

VOLÓCHINOV, V. **Marxismo e filosofia da linguagem**: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. São Paulo: Editora 34, 2018.

WILLIS, P.; TRONDMAN, M. Manifesto for ethnography. **Cultural Studies ↔ Critical Methodologies**, v. 2, n. 3, p. 394-402, 2002.

8

*Felippe Percheron
Tobias Espinosa
Ives Solano Araujo*

UM PANORAMA SOBRE A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO:

**DA ANTROPOLOGIA DOS SABERES
À TRANSPOSIÇÃO PRAXEOLÓGICA**

INTRODUÇÃO

A Didática das Ciências se configura como um campo de investigação na área da Educação que compreende o desenvolvimento de estudos empíricos e teóricos e tem por objetivo qualificar o ensino de Ciências. De modo geral, busca examinar interações entre os saberes científicos, os atores envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem e os contextos socioculturais nos quais ocorrem. Compreender como esses elementos interagem é fundamental para desenvolver abordagens didáticas que não apenas promovam o entendimento do conhecimento científico, mas também inspirem e capacitem os alunos a se tornarem pensadores críticos e solucionadores de problemas no campo das Ciências.

Considerando esse cenário, entendemos que a Teoria Antropológica do Didático (TAD) tem grande potencial para guiar pesquisas no campo da Didática das Ciências ao dar protagonismo aos saberes científicos e analisar como se transformam e são abordados nas instituições que os estudam. A TAD, proposta pelo matemático e didata francês Yves Chevallard, objetiva estudar as atividades humanas e as instituições sociais, buscando compreender suas inter-relações. Seu vínculo com o *didático* se dá através de investigações das condições e restrições sob as quais os saberes vivem, transitam, se transformam, somem, reaparecem etc. entre e dentro de instituições, assim como quais as práticas mobilizadas para realizar essas ações. Nessa perspectiva, o entendimento sobre a atividade humana, em sua estrutura e em sua razão de ser, está intrinsecamente vinculada à compreensão do funcionamento das instituições onde ela ocorre.

Amplamente utilizada em investigações no ensino de Matemática, a TAD é uma teoria que tem começado a ser adotada como referencial teórico em investigações acadêmicas de diferentes áreas de conhecimento e níveis de ensino. Trata-se de uma teoria

ainda em desenvolvimento hoje, com novos acréscimos e reinterpretações sendo realizados pela comunidade de pesquisa que a mantém. Majoritariamente, as publicações sobre suas principais bases são feitas em artigos publicados em periódicos do mundo todo, assim como em anais de eventos dedicados a ela, o que torna a tarefa de compreendê-la de forma panorâmica mais desafiadora: é um alvo em movimento. Neste capítulo, temos como objetivo oferecer a leitores e leitoras uma síntese do que julgamos compor os principais aspectos conceituais e teóricos dessa teoria, podendo ser útil em sua compreensão e para indicar a sequência de trabalhos originais para aprofundamento posterior.

INSTÂNCIAS E CONHECIMENTOS

Como princípio, Chevallard (2019) estabelece que o exercício de atividades regularmente realizadas se dá através de *relações* que *pessoas* e *instituições* estabelecem com *objetos*. Instituições, simbolizadas²⁶ por *I*, são agrupamentos socialmente legitimados de pessoas (simbolizadas por *x*, tais como empresas, famílias, turmas de estudantes, sistemas escolares etc., que se sujeitam às condições que essas instituições estabelecem. Objeto, simbolizado por *o*, é um elemento de qualquer natureza (p. ex., conhecimentos, saberes²⁷, ações...) com o qual seja possível criar uma relação. As relações, simbolizadas por um conjunto *R*, contemplam todas as formas com

26 Símbolos e notações lógicas são usados na TAD desde a sua concepção (cf. Chevallard, 1999, 2019, 2022). Além de permitir a síntese e a organização dos conceitos, o uso de símbolos facilita a leitura e a compreensão dos textos originais aqui referenciados, capacitando os interessados a acessarem as fontes citadas com maior facilidade.

27 *Saber* é de alguma instituição, produzido, estudado, ensinado e modificado em seu seio e por ela legitimado, imbuído de relações que sujeitos dessa instituição devem ter com objetos desse saber. *Conhecimento* diz respeito a indivíduos, como conhecimentos próprios (Barquero; Bosch; Gascón, 2013; Kluth; Almouloud, 2020).

que pessoas e instituições se conectam com um objeto (p. ex., identificar um idioma, escrever sobre uma teoria, refletir sobre uma prática, reconhecer alguém). Chevallard (2019, p. 77) pontua que, “em um sentido expandido do verbo conhecer, essa relação com o objeto envolve tudo que uma instância ‘conhece’ sobre o objeto”. Relações pessoais com um objeto são simbolizadas por $R(x, o)$ e representam o que uma pessoa x sabe sobre um objeto o (Chevallard, 2019). É importante notar que essas relações podem ser consideradas corretas ou não, dependendo de uma instituição específica. No entanto, nos termos apresentados, nenhum juízo de valor é feito ao afirmar que alguém conhece algo. Conhecer significa simplesmente ter relações.

Constituídas e organizadas por pessoas, as instituições são vivas, na medida em que nascem, evoluem, morrem, acrescentam e perdem objetos e relações, se transformando ao longo do tempo. Orientações para determinar a legitimidade de saberes e relações se dão através de *condições* e *restrições*, que são conjuntos de variáveis (p. ex., normas, regras, exigências, expectativas) que atuam sobre as posições que compõem uma instituição e sobre os objetos por ela legitimados. Diferem-se entre si de acordo com a possibilidade de modificação (Chevallard, 2020): condições são passíveis de alterações por qualquer instância (p. ex., a ausência de uma calculadora por aluno, que pode ser modificada com a aquisição de dispositivos desse tipo); restrições são condições que são modificáveis apenas a partir de alguma posição específica (p. ex., a organização do currículo de uma disciplina em uma escola).

Uma pessoa que participa de atividades sociais está *sujeita* à instituição que as promove: ser sujeito não se refere a um indivíduo em si, mas a um conjunto de atividades e de condições e restrições que moldam a participação em uma instituição (Castela, 2016). Os sujeitos realizam atividades específicas de acordo com sua *posição institucional* p (p. ex., a posição de gerente em uma empresa, a posição de líder em um grupo de pesquisa, posições de diretor/professor/aluno em uma escola). A notação de posição por p é de ordem

genérica; para posições específicas, como a de aluno em uma instituição, pode-se usar u ; a de professor pode ser representada por y (Chevallard, 2020). Especificamente, a instituição idealiza um conjunto de relações institucionais, $R_i(p, o)$, que um sujeito deve estabelecer com determinados objetos o para ocupar determinada posição (Chevallard, 2019). No entanto, o processo de assujeitamento é, em parte, dialético, posto que, ao mesmo tempo que uma pessoa se adequa a posições de instituições, tornando-se sujeito, as próprias instituições são também por ela transformadas.

Para entender os processos de construção e modificação de relações, Chevallard (2020, 2022) argumenta que uma instância²⁸ pode realizar um *juízo* sobre relações estabelecidas com objetos. Esse *juízo*, simbolizado por $\vdash$ ("catraca", da lógica matemática), pode ser um juízo, uma opinião, uma afirmação, uma avaliação que uma instância faz sobre relações que alguma outra instância (ou ela própria) tenha alegadamente estabelecido com algum objeto (Chevallard, 2020, 2022). Isto é, uma instância i pode julgar que uma pessoa x conhece um objeto o de alguma maneira, de modo que $i \vdash R(x, o) \neq \emptyset$; por outro lado, pode entender que x não possui nenhum tipo de conhecimento sobre o , de modo que $i \vdash R(x, o) = \emptyset$. Esses casos podem ser representações, por exemplo, das avaliações que os professores fazem acerca de seus alunos, buscando avaliar o que eles sabem, ou não, sobre conteúdos de sua disciplina.

Um julgamento se dá não só a respeito da existência ou não de uma relação, mas também no sentido de avaliá-la qualitativamente, considerando em que medida, por exemplo, uma relação pessoal com um dado objeto está próxima ou distante de uma relação de referência, em alguma instituição, com o mesmo objeto (Chevallard, 2020).

28

Generalizando as nomenclaturas dos envolvidos no processo de transformação de relações, pessoas, posições institucionais e instituições são denominadas *instâncias* (Chevallard, 2019), que podem ser representadas por letras do alfabeto latino, como i ou j , ou ainda por letras do alfabeto grego, quando for necessário destacar que se trata de uma instância particular, como um pesquisador em didática, por exemplo.

É importante destacar que o julgamento está sempre vinculado ao contexto em que é realizado, com instâncias, objetos e relações que variam entre instituições, não havendo “um critério absoluto de julgamento” (Chevallard, 2020, p. 19). De acordo com Castela (2020), isso mostra a generalidade que a TAD possui para análise das atividades humanas, sem privilégios a uma cultura particular.

Para realizar um julgamento sobre uma relação que alguma instância tenha com algum objeto, é necessário que a instância que julgue o conheça em algum nível. Chevallard (2020) nomeou essa instância de *instância de referência* e, em outro momento, a chamou de *instância indeterminada*, buscando destacar não haver um ponto de vista privilegiado. Destacando a proximidade com o julgamento, a chamamos de *instância julgadora*, representada pelo mesmo símbolo de instância com uma ênfase, como $\hat{i}$ ou $\hat{j}$ (Chevallard, 2020).

ORGANIZAÇÕES PRAXEOLÓGICAS E MODELOS EPISTEMOLÓGICOS

As relações que uma instância estabelece com objetos são construídas e modificadas enquanto ela desempenha as atividades que lhe cabem em um contexto, mobilizando objetos necessários a essa dinâmica (Chevallard, 2019). Chevallard (1999) propõe que toda atividade humana regularmente realizada pode ser expressa como uma *organização praxeológica* (OP), ou *praxeologia*, segundo componentes de práticas (do grego πράξις, *práxis*) e de saberes (do grego Λόγος, *logos*). Praxeologias podem ser representadas por p (Chevallard, 2019).

Essa estrutura possibilita descrever o que, como e por que as instâncias exercem, ou devem exercer, seus papéis em uma instituição. No bloco de *práxis*, estão os *tipos de tarefa* (T) e as *técnicas* (τ);

no bloco *logos*, estão as *tecnologias* (θ) e as *teorias* (Θ). O bloco da *práxis* pode ser entendido também como o *saber-fazer*, a prática em si; por sua vez, o bloco do *logos* pode ser entendido como o *saber*, composto por conhecimentos institucionalizados que justificam, explicam, descrevem e geram ações (Chevallard, 1999).

Tipos de tarefa T, são conjuntos de ações semelhantes a serem realizadas em algum contexto (Chevallard, 1999), como subir a escada de um prédio, amarrar o cadarço de um sapato, calcular a derivada de uma função. *T* são construções institucionalmente localizadas, vinculadas a posições de uma instituição, determinando o *que* as instâncias fazem ou deveriam fazer. De forma mais limitada, as *tarefas* são ações específicas realizadas em alguma instituição (Chevallard, 2019), como subir a escada do prédio da administração do seu trabalho, amarrar o cadarço do pé direito do seu sapato com um nó e calcular a derivada da função $x.e^x$ no ponto $x = 0$. As tarefas e *T* de um mesmo grupo estão relacionados pelo *gênero de tarefa*, que expressa a ação principal a ser desempenhada em um tipo de tarefa ou em uma tarefa específica, como subir, amarrar e calcular (Chevallard, 1999).

Técnica, τ , é uma determinada forma de resolver um, ou mais, tipo(s) de tarefa (Chevallard, 1999). As técnicas respondem a *como* as instâncias realizam, ou deveriam realizar, suas ações em alguma instituição, de modo que diferentes técnicas podem ser utilizadas para um mesmo *T*, assim como uma única τ pode servir para diferentes *T* (Chevallard, 1999). Chevallard (1999, 2019) destaca que técnicas i) possuem alcance limitado, resolvendo um número específico *T* de τ , de modo que uma τ pode ser superior a outra; ii) não são de natureza algorítmica (exceto em situações muito particulares), pressupondo algum grau de indeterminação; e iii) em uma instituição específica, aquelas por ela legitimadas existem em número reduzido.

Tecnologia, θ , é um discurso racional institucionalmente aceito que seja capaz de justificar, explicar e gerar técnicas, tornando-as “inteligíveis aos usuários” (Chevallard, 2019, p. 89). O termo “tecnologia” é utilizado em seu sentido etimológico, aludindo a saberes (*logos*) sobre técnicas (*tekhnê*) (Chevallard, 2020). O papel chevallardiano de θ é dar sustentação a técnicas, de modo que fique claro o que se pretende alcançar com tal prática, atendendo a normas institucionais e controlando a implementação de técnicas pelos sujeitos (Castela, 2020).

Teoria, Θ , representa uma progressão teórica de uma tecnologia, sendo um nível superior de justificação-explicação-produção (Chevallard, 1999), apresentando às tecnologias uma complexificação dos argumentos que sustentam as técnicas. Tecnologias e teorias permitem responder *por que* as instâncias exercem suas ações de determinada forma.

Ainda, as praxeologias podem ser classificadas em quatro níveis (Chevallard, 1999, 2019): *pontual*, *local*, *regional* e *global*. Essa classificação se dá de acordo com a sua composição e a distribuição de seus elementos praxeológicos. Uma *praxeologia pontual* corresponde a um único tipo de tarefa, vinculada a um assunto, podendo ser representada como $p = [T/\tau/\theta/\Theta]$ (Chevallard, 1999), por exemplo, o cálculo de comprimentos de lados de triângulos com o assunto Teorema de Pitágoras. Uma *praxeologia local*, representada por $p' = \sum_i [T_i/\tau_i/\theta/\Theta]$, possui mais do que um tipo de tarefa e técnicas, com o bloco da *práxis* $[T/\tau]$ compartilhando o mesmo bloco do *logos* $[\theta/\Theta]$ (Chevallard, 2019), e representa a elaboração de uma praxeologia centrada em um tema de estudo, como calcular, no âmbito da Física, distâncias percorridas por um móvel através de diferentes formas (bloco prático) por meio do amparo teórico da Cinemática (bloco do saber). Quer dizer, uma praxeologia local pode ser interpretada como um amálgama de diferentes praxeologias pontuais que possuem um mesmo bloco do saber $[\theta/\Theta]$. Uma *praxeologia regional*, representada por $p'' = \sum_{ij} [T_{ij}/\tau_{ij}/\theta_j/\Theta]$, corresponde àquelas

atividades que possuem diferentes tipos de tarefa e técnicas que são justificadas, geradas e explicadas por mais de uma tecnologia (Chevallard, 2019), a exemplo de atividades desempenhadas em um setor de estudo, como estudar a mecânica newtoniana na Física, na qual existem diferentes discursos tecnológicos (derivados da teoria mecânica newtoniana) que geram a prática (diferentes tipos de tarefa e técnicas) sobre temas como cinemática e dinâmica. Em outros termos, uma praxeologia regional representa um amálgama de várias praxeologias locais que compartilham de uma mesma teoria (Chevallard, 2019). Por fim, uma *praxeologia global*, esquematizada como $p''' = \sum_{ijk} [T_{ijk}/\tau_{ijk}/\theta_{jk}/\theta_k]$, representa atividades em que se lança mão de diferentes teorias, tecnologias, técnicas e tipos de tarefa (Chevallard, 2019), correspondendo a um domínio de estudo, geralmente desenvolvido em alguma disciplina. No caso da Física, há praxeologias globais para a Mecânica (θ_1), Termodinâmica (θ_2), para o Eletromagnetismo (θ_3), por exemplo, e demais elementos praxeológicos respectivos a cada uma dessas teorias (e.g., $T_{111}, T_{211}, T_{321} \dots; \tau_{111}, \tau_{211}, \tau_{321} \dots; \theta_{11}, \theta_{21}, \theta_{32} \dots$). Isto é, uma praxeologia global pode ser compreendida como um amálgama de diferentes praxeologias regionais que pertencem a uma mesma disciplina (Chevallard, 2019).

Valendo-se dessas estruturações, os saberes da Física, por exemplo, podem ser representados em termos de *Organizações Praxeológicas Físicas* (OFs), compreendidas como uma estrutura de tipos de tarefa, técnicas, tecnologias e teorias para descrever e analisar saberes da Física em algum contexto — uma correspondência imediata às Organizações Matemáticas (Chevallard, 1999). “Encontrar uma equação para o movimento de um pêndulo simples” é um tipo de tarefa usual de OFs referentes ao saber a ser ensinado em disciplinas introdutórias de Mecânica. O estudo das OFs se dá através de *Organizações Praxeológicas Didáticas* (ODs), compostas de tipos de tarefa, técnicas, tecnologias e teorias “mobilizadas para o estudo concreto em uma instituição concreta” (Chevallard, 1999,

seção 2.2, parágrafo 4). A própria OF contribui, em parte, para definir a OD, posto que, na estrutura de uma OD, estabelece-se como estudar determinado conteúdo: se uma OF enfatiza T relacionadas ao gênero “calcular”, então a OD associada pode ser desenvolvida em torno de T que envolvam a prática de procedimentos algorítmicos para solucionar problemas matemáticos específicos.

Para uma análise didática mais abrangente, não basta que somente as atividades de alunos e/ou professores sejam objetos de investigação, cabendo considerar o universo que envolve objetos de estudo a serem ensinados e a produção e transformação de ODs (Bosch, 2018). Isso se justifica porque as atividades de estudo são influenciadas por dimensões epistemológicas (isto é, os saberes a serem ensinados), condições e restrições institucionais e as formas institucionalmente legitimadas de lidar com elas (Gascón, 2011).

Em investigações acerca dos fenômenos didáticos, é esperado que a instância pesquisadora elabore um *Modelo Epistemológico Dominante* (MED) ou *Vigente* (MEV) dos saberes envolvidos na análise (Gascón, 2011; Gascón; Nicolás, 2019). Um MEV é uma descrição, que pode ser feita sob a forma de praxeologia, dos saberes em estudo legitimados na instituição em questão, destacando as manipulações desses saberes aceitas nesse contexto (Lucas *et al.*, 2020). Em outras palavras, o MEV é uma ferramenta para descrever as interpretações e estruturas predominantes de saberes em uma instituição.

Como um contraponto a um MEV em uma instituição, uma instância pode apresentar uma interpretação diferente dos saberes estudados, sob uma perspectiva distinta daquela predominante na referida instituição. Essa instância pode elaborar um *Modelo Epistemológico de Referência* (MER), que se trata de uma descrição, composta em parte pelas OPs dos objetos de estudo em análise, para explorar, avaliar e questionar o que, como e por que se deve estudar esses objetos (Gascón, 2011, 2014; Licera; Gascón; Bosch, 2019).

Os MERs podem ser entendidos como uma ferramenta heurística, com objetivos metodológicos, que permite dar visibilidade a fenômenos didáticos por meio de descrição e análise de saberes que compõem o cerne dos processos de ensino e aprendizagem (Gascón, 2011). Esses modelos de referência baseados na TAD, geralmente, devem emergir de um estudo detalhado e indutivo sobre uma prática, e não um previamente estabelecido (Gascón, 2014). Ato contínuo, um MER é imprescindível para uma análise mais aprofundada de um MEV.

Um MER elaborado em uma investigação guarda o ponto de vista da instância que o constrói (Gascón, 2011). Por isso e pela natureza de sua estrutura baseada em elementos mutáveis (conhecimentos, saberes, práticas, praxeologias, relações etc.), os MERs são sempre provisórios e suscetíveis a revisões e modificações constantes (Chevallard; Bosch, 2014; Gascón, 2014; Lucas *et al.*, 2020). MERs elaborados para um conhecimento podem diferir entre si entre contextos, e tornar explícito o MER considerado, elaborando OPs dos objetos de estudo, por exemplo, é importante para destacar diferenças entre propostas (Gascón, 2011, 2014).

A DIDÁTICA E O DIDÁTICO

Como as praxeologias são um modelo geral, é de particular interesse descrever as atividades que contemplam a criação e modificação de relações pessoais com objetos de estudo, isto é, atividades didáticas (Chevallard, 2019). Chevallard (2013, 2019) coloca *didática* (ou então *Didática*) como uma ciência que tem por objeto de investigação o *didático*, compreendido como “uma série heterogênea de situações sociais em que alguma pessoa faz algo — ou inclusive manifesta a intenção de fazê-lo — a fim de que alguma pessoa possa ‘estudar’ — e ‘aprender’ — algo” (Chevallard, 2013, p. 162).

Para Gascón (1999), há certos princípios que caracterizam a Didática como disciplina científica e que, indiretamente, oferecem condições e restrições para que um problema seja investigado por ela. Notadamente, o autor destaca que: a Didática (da Matemática) é uma ciência científico-experimental e constrói seus próprios problemas, cujas naturezas dependem das noções disponíveis ao didata em cada momento histórico; toda disciplina científica possui processos e ferramentas de legitimação dos problemas que investiga; os problemas que a Didática constrói evoluem com a própria Didática como disciplina científica; e o distanciamento dos problemas didáticos em relação à problemática docente inicial não significa esquecimento desta última, mas uma reformulação profunda em função do desenvolvimento de novos instrumentos teóricos e técnicos.

De modo mais amplo, o didático não fica restrito ao *estudo* de um objeto, mas é situado em diferentes esferas que podem contemplar também, por exemplo, seu ensino e aprendizado e sua produção e aplicação. Nessa perspectiva, a Didática é a área de pesquisa que se dedica ao estudo das condições e restrições sob as quais os saberes vivem, migram, modificam, desaparecem, renascem etc. dentro de grupos humanos. Subentendido que os conhecimentos e os saberes são construídos através da prática humana, com o estabelecimento de relações com objetos, no contexto da TAD, a Didática é uma ciência sobre a difusão de praxeologias (Chevallard, 2019).

Para tanto, a Didática implica relações que contemplem atividades que proporcionem a criação e modificação de relações. Desse modo, a aprendizagem tem lugar na TAD como uma transformação de relações de instâncias com objetos, e o ensino, como movimentos utilizados e *gestos* articulados para auxiliar nessa transformação (Chevallard, 2020).

Gesto é “uma tarefa (ou uma sequência de tarefas) cujo desempenho se baseia em uma praxeologia (ou uma sequência de praxeologias)”, que é executado por alguma instância para auxiliar

alguma outra instância, ou ela própria, a modificar relações com um determinado objeto (Chevallard, 2020, p. 32). Esses gestos podem ser qualificados, segundo julgamento de alguma instância, conforme as relações com objetos de estudo são modificadas em razão da sua articulação (Chevallard, 2020). Um professor pode optar por abordagens conceituais sobre um conteúdo em uma disciplina (isto é, um gesto); utilizando algum instrumento avaliativo, ele pode estimar quão próximas ou distantes estão as relações estabelecidas pelos seus alunos, após essa discussão, em comparação a relações por ele consideradas como ideais para esse caso.

Um gesto pode ser julgado como *didático*, *antididático* ou *isodidático* (Chevallard, 2020). Essa caracterização se dá a partir de uma comparação entre três conjuntos de relações (Chevallard, 2020, 2022): a relação $R_0(x, o)$ que alguma pessoa possuía com um objeto antes da atuação de algum gesto; a relação $R_1(x, o)$ que alguma pessoa passou a ter com esse objeto após a atuação de algum gesto; e uma relação institucional com esse mesmo objeto tomada como referência por uma instância julgadora, $\bar{R} = R_i(p, o)$. Essa relação de referência é importante na medida em que se determina, com relação a ela, se houve *aprendizagem* de acordo com o esperado pela instância julgadora. Nesse sentido, a instância julgadora avalia o *grau de conformidade* φ de uma relação com um objeto em comparação a relações esperadas para uma mesma posição, ou posição equivalente (Chevallard, 2020).

Se uma instância julga que um gesto auxiliou a melhorar relações com objetos de estudo (isto é, que aproximou essas relações às relações esperadas institucionalmente), ela o considera *didático*. Representando pela notação lógica (Chevallard, 2020), podemos denotar que uma instância avalia um gesto como didático se $i \vdash \varphi(R_1, \bar{R}) > \varphi(R_0, \bar{R})$. Caso a instância julgadora interprete que um gesto contribuiu para piorar relações (isto é, que distanciou essas relações das relações institucionais esperadas), ela o avalia como *antididático*. Na notação da TAD (Chevallard, 2020), uma instância

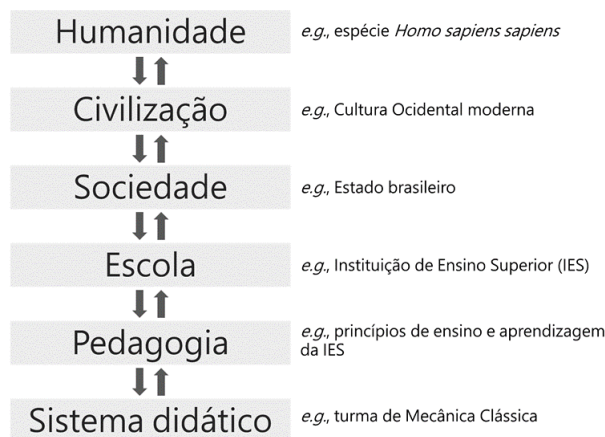
avalia um gesto como antdidático se . Se essa instância julgadora entende que um gesto em nada contribuiu para modificar relações (isto é, as relações mantiveram-se quase iguais), ela diz ser um *gesto isodidático*. De forma representacional, uma instância avalia um gesto como isodidático se $\hat{I} \vdash \varphi(R_v, \bar{R}) \approx \varphi(R_v, \bar{R})$ (Chevallard, 2020).

Ainda, esse julgamento pode se dar antes que o gesto avaliado seja realizado. A instância julgadora se ampara em uma *situação possivelmente didática*, que envolve a relação didática na articulação do gesto (p. ex., pessoas em posição de aluno e de professor e o objeto de estudo), as condições existentes (p. ex., regras, normas, condutas), a instância julgadora e o próprio gesto a ser performado. Realizando ponderações sobre esses parâmetros e criando relações com cada um deles, a instância julgadora pode conjecturar, para o contexto observado, que (Chevallard, 2020): o gesto poderá ser *didático*, avaliando que se trata de uma *situação possivelmente didática*; o gesto poderá ser *isodidático*, avaliando que se trata de uma *situação possivelmente isodidática*; e o gesto poderá ser *antididático*, avaliando que se trata de uma *situação possivelmente antididática*. Essa “previsão” da instância julgadora inclui, também, os efeitos observados em relações com objetos de estudo em “situações aparentemente próximas”, tomadas de outro contexto em que se tenha performado o mesmo gesto ora avaliado (Chevallard, 2020, p. 26).

Chevallard (2013, 2019) propõe que essas tarefas de ensinar e aprender ocorrem em locais denominados de *sistemas didáticos*, nos quais são realizados gestos na tentativa de facilitar o processo de aprendizagem. *Sistemas didáticos* envolvem um ou vários sujeitos que ocupam a posição de professor ou a posição de aluno, e um ou vários objetos de estudo (Chevallard, 2019). Uma vez que cada um desses atores criam relações com os objetos em questão, para cada um deles, haverá um conjunto de praxeologias para estabelecer atividades de ensino e/ou aprendizagem nesse contexto, que são as ODs (Bosch; Gascón, 2014).

Como um dos postulados da TAD, os sistemas didáticos não existem no vazio institucional, estando vinculados a instituições e outros núcleos que, além de influenciarem o próprio sistema, são mutuamente influenciados. Ao encontro disso, Chevallard (2022) propõe a ferramenta de *escala de níveis de codeterminação didática* (Figura 1), em que diferentes subdivisões são dispostas em níveis hierárquicos, mas são mutuamente dependentes e influenciadas.

Figura 1 – Escala de níveis de codeterminação didática



Fonte: adaptado de Chevallard (2022).

A *pedagogia* consiste em uma série de formas gerais que as instituições estabelecem para organizar os processos de ensino e aprendizagem (isto é, diretrizes gerais que incidem sobre as organizações didáticas), sem especificidade de nenhuma disciplina (Bosch *et al.*, 2021; Chevallard, 2022). Cada pedagogia encontra abrigo em um ou mais tipos de *escola*, que é um local legítimo para se afastar da vida cotidiana e se dedicar ao estudo e que fornece uma variedade de infraestruturas para o ensino (Bosch *et al.*, 2021; Chevallard, 2022). Essa concepção de escola abarca tanto suas componentes físicas, como as edificações, quanto em sentido abstrato, como uma escola de pensamento, a exemplo da escola de Frankfurt. Uma *sociedade* é

uma organização de pessoas que vivem sob leis e tradições comuns, e cada tipo de sociedade abriga escolas com características que con- dizem com suas normas (Chevallard, 2022). Os dois últimos níveis, civilização e humanidade, são condizentes com o que se entende comumente desses termos, os quais, junto à sociedade, abrigam escolas e pedagogias.

DIMENSÕES DE UM PROBLEMA DIDÁTICO

O movimento de transformação de problemas em objetos passíveis de estudo pela didática pode incorporar a um *problema docente* variáveis relevantes sobre o contexto e o conhecimento envolvidos, caracterizando-os, nesse escopo, como *problemas didáticos* (Gascón, 1999, 2011). *Problemas docentes* são problemas da *profissão* docente enfrentados pelos professores ao ensinar algo a alunos, a exemplo da diferença entre conhecimentos dos alunos e dos saberes dos programas oficiais de ensino, pouca motivação e atitudes dos alunos a respeito do ensino, barreiras de linguagem etc. (Gascón, 1999, 2011). *Problemas didáticos* se configuram como quais- quer objetos de investigação da Didática da Matemática, buscando compreender como se dá o didático em um dado contexto (Barquero; Bosch; Gascón, 2013; Gascón, 2011; Licera; Gascón; Bosch, 2019).

Por definição, a Didática só poderia responder a problemas docentes se, antes, eles fossem reformulados e sistematizados em questões que refletissem essa problemática, permitindo que ins- trumentos da Didática fossem utilizados (Gascón, 1999). Assim, a Didática estaria apta a responder questões do tipo (Gascón, 1999, p. 131): “Que prioridade deve ser estabelecida entre um problema docente genérico — como o da interdisciplinaridade — e problemas docentes específicos — como o da modelagem algébrica de siste- mas extramatemáticos? Como eles se condicionam mutuamente?”

Nesse contexto, Gascón (2011, p. 206) propõe as *dimensões fundamentais do problema didático*, que se configuram como um “padrão heurístico para desenvolvimento de problemas didáticos”, em uma tentativa de descrever elementos básicos que um objeto de estudo deve atender para ser objeto de investigação da Didática. Essas dimensões são divididas em três tipos interconectados (Gascón, 2011): *epistemológica, econômica e ecológica*.

A *dimensão epistemológica* diz respeito, na perspectiva do pesquisador, ao saber a ser estudado (ensinado, transposto etc.), sendo imprescindível conhecer a sua organização e estrutura básicas, incluindo também a “gênese, desenvolvimento, estudo, utilização e transposição institucional do saber” (Gascón, 2011, p. 213). Isso requer que se tenha um MER desse saber como um sistema de referência (Gascón, 2011), seja implícito ou explícito.

Dentre outras coisas, o MER permite desconstruir e reconstruir as praxeologias relativas a um saber, sejam elas do próprio saber ou relacionadas a praxeologias didáticas, abrangendo aspectos epistemológico-didáticos (Gascón; Nicolás, 2019). Nesse contexto, *epistemologia* é sinônimo de *antropologia dos saberes*, sendo, além de uma dimensão epistemológica, uma *dimensão epistemológico-didática* (Chevallard, 1996; Gascón; Nicolás, 2019).

No ramo analítico, a dimensão epistemológica permite que se compreenda (Gascón, 2011): a amplitude do âmbito do saber para compreender o problema didático de interesse (isto é, a extensão do problema); os fenômenos didáticos visíveis ao investigador; os tipos de problemas que podem ser propostos; e os tipos de soluções admissíveis a esses problemas. Em outras palavras, para analisar um problema didático e identificar seu MEV, a instância que realiza a análise deve ter, mesmo que implicitamente, um MER sobre o mesmo tópico envolvido. Sem isso, não há parâmetro de comparação.

Como Gascón (2011) indica, a dimensão epistemológica de um problema didático permite responder a perguntas como: o que é, qual a estrutura, como se interpreta e se descreve o saber em questão? Qual a razão de ser desse saber? Como esse saber é gerado, e como se desenvolve o aprendizado, o ensino ou a aplicação dele em um dado contexto? Esses pontos colocam o saber a ser explorado em uma posição privilegiada no problema didático em estudo, penetrando as outras duas dimensões e delas se tornando inseparável (Gascón, 2011).

A *dimensão econômica* (ou *econômico-institucional*) compreende o conjunto de regras e princípios que regulam a organização e o funcionamento das atividades didáticas de um problema didático em uma instituição específica (Gascón, 2011). O estudo da economia visa compreender decisões, gestos e julgamentos das instâncias (potencialmente) envolvidas em situações didáticas (Chevallard, 2020).

Esse aspecto também marca a característica que permeia tanto a dimensão econômica quanto a ecológica: a localidade. Com a compreensão da dimensão econômica do problema didático, busca-se compreender como são a organização do saber (se um saber da Física, uma OF) e a OD “na contingência institucional” (Gascón, 2011, p. 213). Para isso, Gascón (2011) coloca que é necessário usar um MER e um Modelo Didático de Referência (MDR), na medida em que, conhecendo a estrutura que orienta as atividades didáticas, é possível identificar *como* elas acontecem.

Gascón (2011) destaca que a dimensão econômica permite questionar os resultados que, em um determinado período histórico, a ação da transposição didática tem produzido nas praxeologias do saber e didáticas. A análise da dimensão econômica de um problema didático permite responder a perguntas do tipo (Gascón, 2011): qual âmbito institucional devemos considerar para estudar o problema didático em questão? Quais as características apresentadas por praxeologias de saber e didáticas em uma instituição e um período

histórico específicos? Que tipos de práticas desse saber podem ser desenvolvidas em uma dada instituição? Quais dificuldades aparecem quando se pretende modificar as praxeologias didáticas em determinada direção em uma dada instituição?

Essa dimensão destaca que as praxeologias do saber e didáticas são entes previamente *institucionalizados*, posto que “todo problema didático faz referência à forma de organizar o estudo de certas OM [organizações matemáticas] em determinadas instituições; isto é, refere-se a uma OD [organização didática] institucional” (Gascón, 2011, p. 216). Esse predomínio do institucional sobre o pessoal é marcante na teoria, e demonstra que no contexto da TAD

não há fenômenos nem problemas didáticos que se refiram em última instância à relação pessoal com um âmbito do saber matemático [ou qualquer outro], posto que dita relação está em grande medida determinada — e, conseqüentemente, pode ser explicada — a partir da relação institucional (Gascón, 2011, p. 215).

Não há negação da importância de relações pessoais para entender os processos didáticos, mas, no âmbito da TAD, elas se tornam objetos secundários, não considerando a dimensão pessoal como fundamental ou básica (Gascón, 2011). A relação institucional se sobressai à pessoal porque o objeto de estudo da TAD se situa nas atividades que alguém pode desempenhar em alguma instituição. Se as atividades derivam do repertório de relações, como afirmado por Chevallard (2019), e são as atividades institucionalizadas que interessam, é necessário que as relações de interesse também sejam as relações institucionais.

A *dimensão ecológica* aborda as condições e restrições (facilitadores e barreiras) que permitem entender por que as atividades didáticas se dão de determinada forma em um contexto (Gascón, 2011). O estudo da ecologia permite explorar as condições que (im) possibilitam a ocorrência de fatos econômicos observáveis (ou imagináveis) (Chevallard, 2020).

De modo mais amplo, Bosch e Gascón (2006) afirmam que a ecologia institucional das praxeologias é objeto de interesse da Didática (como disciplina), uma vez que a compreensão dessa dimensão pode elucidar as condições e restrições que vão além do limitado espaço da sala de aula, mas que acabam influenciando-a. Nesse sentido, as condições e restrições que compõem a dimensão ecológica não advêm de apenas um local; o que limita e possibilita que sejam realizadas certas atividades didáticas em uma sala de aula não decorre de condições e restrições apenas da própria sala de aula, ou até mesmo da escola em que ela se situa. Isto é, a dimensão ecológica de um problema didático é composta por condições e restrições originários de diferentes níveis da escala de codeterminação didática (Figura 1). Na medida em que pode operar como uma ferramenta analítica, a escala de codeterminação didática pode auxiliar na identificação das razões de ser — sejam atuais ou do passado — de um dado saber e, conseqüentemente, do estudo desse saber em uma dada instituição.

A dimensão ecológica de um problema didático pode possibilitar responder a questões como (Gascón, 2011): quais condições permitem garantir o estado das organizações do saber e didáticas em uma instituição? Quais restrições dificultam que determinadas características de organizações do saber e didáticas se desenvolvam em uma instituição, e em qual nível elas surgem? Quais condições deveriam existir, e em qual nível da escala, para que certas organizações do saber e didáticas pudessem existir?

Como Gascón (2011) discute, a perspectiva ecológica para investigar a problemática didática permite evidenciar que as restrições que determinam as características das praxeologias institucionais são, recorrentemente, independentes da vontade dos sujeitos que integram as instituições onde essas praxeologias vivem. Entretanto, as restrições não são inalteráveis. Elas são modificáveis a partir de uma dada posição institucional, o que faz com que essas restrições passem a ser tratadas como condições para essa posição (Chevallard, 2020; Gascón, 2011).

TRANSPOSIÇÃO PRAXEOLÓGICA

A Teoria da Transposição Didática (TTD), proposta por Chevallard (2000), tem por foco a análise da dependência institucional dos saberes, buscando descrever como saberes são transformados ao serem transpostos dos ambientes acadêmicos para contextos educacionais. Essa transposição envolve adaptações que vão além de simplificações, refletindo a complexidade dos saberes em diferentes contextos epistemológicos (Chevallard, 2000; Chevallard; Bosch, 2014). Por exemplo, a TTD possibilita analisar que a Física ensinada na escola de Educação Básica, e mesmo a Física do currículo de cursos de graduação em Física, é diferente da Física produzida por pesquisadores e pesquisadoras da área.

A transposição didática pode também ser compreendida como o “‘trabalho’ que transforma um objeto de saber a ensinar em um objeto de ensino” (Chevallard, 2000, p. 45). De modo complementar, dado o caráter que transformações e adaptações realizadas nesses saberes adquirem, a transposição didática pode ser entendida também como uma série de “criações didáticas de objetos (de saber e de ensino, ao mesmo tempo) que se fazem ‘necessárias’ pelas exigências do funcionamento didático” (Chevallard, 2000, p. 47).

Esse trabalho de transposição envolve não somente o saber acadêmico específico, sendo também influenciado por interesses, políticas internas e externas às instituições envolvidas e disponibilidade de recursos (Bosch; Winsløw, 2020). À medida que um saber é transposto, sua relevância cede lugar à legitimidade (Chevallard, 2000; Kluth; Almouloud, 2020).

Visando envolver esses aspectos, Chevallard (2000) propõe que seja mantida uma prática sistemática de analisar o saber ensinado, questionando se o que foi ensinado se trata, efetivamente, do objeto cujo ensino fora projetado, nomeando essa prática *vigilância*

epistemológica. Assim, a transposição didática pode ser compreendida como uma ferramenta analítica que possibilita o exercício de vigilância epistemológica, permitindo identificar a introdução de erros e simplificações excessivas em saberes e promover a recapacitação, o distanciamento, o questionamento das evidências e a libertação da familiaridade ilusória com os objetos de estudo (Chevallard, 2000; Kluth; Almouloud, 2020).

Levando essas discussões de transposição para o contexto da TAD, há reconsiderações sobre o que pode ser um objeto de estudo em processos transpositivos. Como Chevallard (1996, p. 127) explica, isso é oriundo de necessidades de análise e da ampliação das instituições em que ensino e aprendizagem ocorrem (além daquelas formais), conduzindo a teorizações “em que qualquer ‘objeto’ pudesse aparecer”, incluindo os objetos escola, professor, aprender etc.

Noção presente em trabalhos seminais da TAD (p. ex., Chevallard, 1999, 2013), os possíveis objetos de estudo de sistemas didáticos não ficam restritos a saberes derivados de saberes acadêmicos (isto é, uma produção intelectual complexa oriunda de uma instituição acadêmica), envolvendo qualquer item que se pretende estudar em alguma instituição, desde o menos até o mais complexo: um objeto físico, uma ideia, uma questão, um conhecimento, uma atividade e também de praxeologias.

Entendemos que Chevallard (1999, p. 228) faz uma aproximação ao conceito de *transposição praxeológica* ao afirmar que

constantemente, em uma instituição *I* dada, surgem novas praxeologias que, pelo menos *uma parte* dos atores de *I*, considera como necessárias para *melhorar* o funcionamento de *I*. Essas praxeologias devem, portanto, ser *produzidas*, ou mais frequentemente *reproduzidas*, na medida em que *já* existam em qualquer outra instituição *I'* — a partir da qual poderá ser proposto ‘importá-las’ para *I*. As condições impostas pela ecologia de *I* fazem com que a praxeologia desejada não possa ser reproduzida

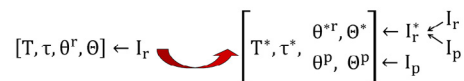
de maneira *idêntica*, mas que ela sofrerá, nessa “transfe-
rência”, determinadas modificações adaptativas: portanto,
não se fala de transferência, mas de *transposição*.

Em um viés *lato* das concepções de saberes e praxeologias e suas interseções na TTD e na TAD, a transposição didática se torna um caso particular da transposição praxeológica, uma vez que a transposição didática ocorre quando a instituição fim desse processo se trata de “uma instituição didática (uma escola, uma classe...)” (Chevallard, 1999, p. 228). Em produções mais recentes, isso tem se tornado mais evidente. A exemplo do que Katona (2022) aponta, no glossário da TAD elaborado por Yves Chevallard e Marianna Bosch (Bosch *et al.*, 2020), o vocábulo “transposição” (p. xxxvi) faz uma referência única ao vocábulo “praxeologias e análise praxeológica” (p. xxxii), sem nenhuma definição adicional a respeito de tipos de saberes envolvidos no processo transpositivo. De acordo com o autor, isso mostra que a “transposição é definida indiretamente como algo por meio do qual uma praxeologia é alterada, e como algo que reflete a natureza institucionalmente dependente das praxeologias” (Katona, 2022, p. 65).

Nessa perspectiva mais ampla, Castela (2016, 2020) propõe ferramentas analíticas que podem ser úteis para investigações sobre o saber matemático (mas aplicáveis a qualquer outra esfera de saber) do ponto de vista da legitimação institucional. Dentre essas ferramentas, a autora apresenta um esquema sobre a circulação interinstitucional de praxeologias, oferecendo uma representação geral dos possíveis efeitos transpositivos sobre uma praxeologia (Castela, 2020). A autora representa o processo transpositivo pelo qual uma praxeologia passa ao sair da instituição que a produziu, I_r , até chegar a uma instituição que a utiliza, I_p ; os elementos da praxeologia originalmente produzida em I_r , como uma tecnologia θ_r , são modificados para viverem em um novo contexto — resultando, no caso, em uma tecnologia transposta, θ^* , gerada a partir de uma instituição de transposição de saberes, I_{tr} , e convivendo com outros

elementos que existem em I_p , como θ^p e Θ^p (Castela, 2016, 2020). Os asteriscos nos símbolos indicam a existência do processo de transposição, que é produzida, validada e legitimada por I_r^* (Castela, 2020). I_r e I_p são assim representadas porque são consideradas, respectivamente, instituição de pesquisa (*institution de recherche*) e instituição pragmática (*institution pragmatique*; a respeito das relações de uso e desenvolvimento da praxeologia em questão) (Castela, 2016, 2020). Na Figura 2 apresentamos uma versão desse diagrama presente em Castela (2020).

Figura 2 – Esquema dos efeitos de circulação interinstitucional de praxeologias



Fonte: Castela (2020, p. 91).

O esquema proposto por Castela (2020) não envolve apenas a incorporação de uma praxeologia a uma instituição; abrange também as práticas sociais de validação, legitimação e institucionalização dessa praxeologia (representadas pelas setas de cor preta na Figura 2).

O principal papel das instituições de pesquisa I é o de produção de praxeologias, desenvolvendo e validando praxeologias para a manipulação de tarefas do tipo T (Castela, 2016, 2020). As instituições acadêmicas, conforme conceitualizadas na TTD, podem ser exemplos de I_r , sem, contudo, se limitar a apenas esse tipo. De acordo com pressupostos da TAD, qualquer instituição pode produzir praxeologias de acordo com as necessidades identificadas pelos seus membros (Chevallard, 1999). As próprias escolas são produtoras de praxeologias, na medida em que buscam, por exemplo, elaborar novas abordagens para o enfrentamento de tarefas problemáticas identificadas nos processos de ensino e aprendizagem, alinhando discursos sobre inovação em suas práticas educacionais (Castela, 2016).

Diante dessa transposição, I_r pode envolver uma cadeia de diferentes instituições que contribuem ou contribuíram com a elaboração da praxeologia a ser transposta para I_p (Castela, 2016). Essa circulação interinstitucional gera efeitos transpositivos que podem impactar todos os elementos da praxeologia original, desenvolvendo, simultaneamente, um *logos* próprio com orientação prática, por exemplo (Castela, 2016, 2020). Isso implica que a praxeologia que resulta do processo transpositivo assume características não só da instituição produtora da praxeologia original, mas também da instituição que a utiliza em um novo contexto. I_r^* envolve as instituições I_r e I_p que negociam, produzem, validam e legitimam a transposição da praxeologia-alvo desse processo, representando a *noosfera* da transposição praxeológica (Castela, 2016).

A proposição de Castela (2020) representa uma ressignificação importante de uma série de considerações da TTD na linguagem da TAD, ampliando o escopo de análise dos processos transpositivos de saberes envolvidos no ensino formal para quaisquer outros tipos de saberes e instituições. Castela (2016, 2020) afirma que a difusão de conhecimentos deve se dar através da difusão de praxeologias porque os elementos praxeológicos são totalmente dependentes das condições em que são empregados nas instituições. Ainda, a autora argumenta que a organização praxeológica permite dar amplo significado aos seus componentes no processo transpositivo, permitindo detalhar a evolução de uma praxeologia para que seja adaptada a condições e restrições da instituição em que se pretende empregá-la (Castela, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizamos uma síntese de aspectos-chave da Teoria Antropológica do Didático, resultado de um apanhado de diversas publicações originais de autoria dos fundadores dessa teoria, presentes em diferentes fontes. De maneira geral, a TAD é concebida

como uma teoria que tem por objetivo examinar as atividades humanas por meio da descrição de ações e respectivas justificativas, utilizando uma abordagem que investiga a criação, transformação e difusão de praxeologias entre instituições. Essas características refletem o programa de pesquisa que a TAD almeja, visando modelar e esclarecer as condições institucionais que constroem as disciplinas e seu ensino, tanto pelo estudo dessas práticas quanto com o estabelecimento de relações com saberes. Sob essa perspectiva, é possível investigar como novas práticas são influenciadas por fatores externos e internos a um sistema didático, tais como conhecimentos dos atores envolvidos, políticas públicas, determinações presentes em documentos oficiais e influências de poder.

Termo de maior reconhecimento na teoria, a noção de praxeologia aproxima os modelos epistemológicos da realidade, possibilitando evidenciar as reconstruções de práticas e saberes que ocorrem no processo de transposição entre contextos diferentes, influenciadas por condições e restrições de uma nova instituição. Uma praxeologia pode ser aceita, ou recusada, em uma instituição por conter discursos tecnológicos e teóricos que justifiquem, ou contraponham, práticas que já estejam institucionalizadas, requerendo alguma modificação. O modelo das praxeologias pode servir para identificar, acompanhar e orientar as transformações que ocorrem ao se implementarem novas atividades, conduzindo a uma melhor compreensão de sua composição (estrutura), levando à preservação de suas características — se for desejado.

Ampliando o potencial de análise da TAD, a conceitualização da escala de níveis de codeterminação didática serve como uma ferramenta para questionar uma realidade a ser estudada, “ampliando a visão sobre certos campos que, tradicionalmente, são deixados de fora da perspectiva do pesquisador e, portanto, consideradas como bem estabelecidas” (Bosch, 2018, p. 4037). Por exemplo, dos níveis mais altos da escala (humanidade, civilização e sociedade), pode haver condições e restrições que incidem sobre formas gerais

de estruturar os processos de ensino e aprendizagem, influenciando os níveis de escolas, pedagogia e sistema didático. Em certa medida, isso pode lançar luz sobre acontecimentos que incidem sobre o desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem, deixando evidente que “o distanciamento da educação de seus objetivos não é acidental, mas uma tradução, no nível escolar, de uma escolha da sociedade” (Castela, 2020, p. 89). De modo complementar, a proposta de dimensões fundamentais de um problema didático destaca-se como uma ferramenta valiosa para orientar análises detalhadas das características institucionais que moldam a dinâmica das praxeologias, ao mesmo tempo que evidenciam as composições e particularidades intrínsecas dessas praxeologias.

A investigação de atividades didáticas institucionalizadas, vigentes ou que deixaram de existir, possui papel central na interpretação do funcionamento das instituições de ensino em que essas atividades ocorrem. Ao encontro disso, a estrutura da TAD oferece diversos recursos analíticos que permitem entender como se dão e o que fundamenta essas atividades em contextos de interesse, como já demonstrado na literatura em temas distintos (cf. Chevallard *et al.*, 2022; Santos; Farias, 2022). Como exemplo, podem ser citados análise de livros e outros materiais didáticos, investigações sobre práticas em sala de aula e em espaços não formais de ensino, assim como demais desenvolvimentos teórico-metodológicos voltados à ampliação de aplicação analítica das praxeologias.

Em contraste ao caráter predominantemente descritivo da teoria, observam-se novos caminhos de pesquisa, centrados em um caráter propositivo da TAD, cujos autores investem na elaboração de um *paradigma de questionamento do mundo* (Chevallard, 2013, 2022). Trata-se de um novo paradigma educacional em que são propostas estratégias e reformas que permitam renovar as práticas de ensino e aprendizagem, fundamentado a partir de cinco atitudes inter-relacionadas (Chevallard, 2013): ter atitude de

problematização, ser herbatiano (receptivo a perguntas que ainda não foram respondidas), ser pró-cognitivo (buscar respostas para além do que já se sabe), ser exotérico (aceitar que sempre há algo para aprender) e ser enciclopedista livre (buscar saber um pouco de muitos assuntos). Em outras palavras, com esse paradigma, se destaca que os saberes não são um fim em si mesmos, ausentes de significado, utilidade e problematização. Para colocar em prática essa filosofia de questionamento, é proposta uma estratégia de ensino chamada *Percursos de Estudo e Pesquisa* (PEP), que são dispositivos didáticos iniciados por uma *questão geradora*. O professor orienta os alunos para que busquem *respostas* a essa questão, selecionando informações relevantes à questão (*estudo*) e à dialética dos alunos com os objetos e relações institucionais (*pesquisa*) relativos a um sistema didático (Barquero; Bosch; Gascón, 2011; Chevallard, 2020). Essas elaborações são apresentadas como alternativa ao considerado ultrapassado e ineficiente paradigma de visita às obras, atualmente vigente, em que objetos didáticos são entendidos como obras prontas e estudá-los envolve uma postura passiva, como é praticado no modelo transmissionista de ensino.

AGRADECIMENTOS

Felippe Percheron agradece pela bolsa de doutorado concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001. Ives Solano Araujo agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. Las tres dimensiones del problema didáctico de la modelización matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 15, n. 1, p. 1-28, 2013. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/12757/pdf>. Acesso em: 6 set. 2021.

BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. Los recorridos de estudio e investigación y la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas**, v. 29, n. 3, p. 339-352, 2011. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/247884>. Acesso em: 19 set. 2019.

BOSCH, M. Study and Research Paths: a model for inquiry. **International Congress of Mathematicians 2018**. Rio de Janeiro: World Scientific Publishing, 2018. v. 4, p. 4033-4054. Disponível em: https://doi.org/10.1142/9789813272880_0210. Acesso em: 17 fev. 2024.

BOSCH, M.; GASCÓN, J. Introduction to the Anthropological Theory of the Didactic (ATD). In: BIKNER-AHSBAHS, A.; PREDIGER, S. (org.). **Networking of theories as a research practice in Mathematics Education**. Cham: Springer, 2014. p. 67-83. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05389-9_5. Acesso em: 23 set. 2022.

BOSCH, M.; GASCÓN, J. Twenty-five years of the Didactic Transposition. **Bulletin of the International Commission on Mathematical Instruction**, v. 58, n. 58, p. 51-65, 2006.

BOSCH, M. *et al.* External Didactic Transposition in undergraduate Mathematics. **International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education**, v. 7, n. 1, p. 140-162, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40753-020-00132-7>. Acesso em: 31 out. 2023.

BOSCH, M. *et al.* (org.). **Working with the Anthropological Theory of the Didactic in Mathematics Education: a comprehensive casebook**. 1. ed. Abingdon: Routledge, 2020.

BOSCH, M.; WINSLØW, C. The external didactic transposition of mathematics at the university level: dilemmas and challenges. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 22, n. 4, p. 373-386, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i4p373-386>. Acesso em: 2 nov. 2023.

CASTELA, C. Cuando las praxeologías viajan de una institución a otra: una aproximación epistemológica del "boundary crossing". **Educación Matemática**, v. 28, n. 2, p. 9-29, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.24844/EM2802.01>. Acesso em: 17 fev. 2024.

CASTELA, C. Les praxéologies comme idiosyncrasies institutionnelles. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 22, n. 4, p. 86-102, 2020. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/49318>. Acesso em: 31 jan. 2023.

CHEVALLARD, Y. Conceitos fundamentais da didática: as perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica. In: BRUN, J. (org.). **Didáctica das Matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 115-152.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999.

CHEVALLARD, Y. Enseñar Matemáticas en la Sociedad de Mañana: alegato a favor de un contraparadigma emergente. **Journal of Research in Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 161-182, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4471/redimat.2013.26>. Acesso em: 17 fev. 2024.

CHEVALLARD, Y. Introducing the Anthropological Theory of the Didactic: an attempt at a principled approach. **Hiroshima Journal of Mathematics Education**, v. 12, p. 71-114, 2019.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sábio al saber enseñado. 3. ed. Buenos Aires: Aique, 2000.

CHEVALLARD, Y. Some sensitive issues in the use and development of the anthropological theory of the didactic. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 22, n. 4, p. 13-053, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i4p013-053>. Acesso em: 7 out. 2020.

CHEVALLARD, Y. Toward a scientific understanding of a possibly upcoming civilizational revolution. In: CHEVALLARD, Y. *et al.* (org.). **Advances in the Anthropological Theory of the Didactic**. Cham: Springer Nature, 2022. p. 179-228. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-76791-4_16. Acesso em: 15 abr. 2022.

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M. Didactic Transposition in Mathematics Education. In: LERMAN, S. (org.). **Encyclopedia of Mathematics Education**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 170-174. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_48. Acesso em: 3 nov. 2023.

CHEVALLARD, Y. *et al.* **Advances in the Anthropological Theory of the Didactic**. 1. ed. Cham: Springer Nature, 2022.

GASCÓN, J. Fenómenos y problemas en didáctica de la matemática. **III Simposio en Investigación en Educación Matemática**. Valladolid: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, 1999. p. 129-150.

GASCÓN, J. Las tres dimensiones fundamentales de un problema didáctico: el caso del Álgebra Elemental. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, v. 14, n. 2, p. 203-231, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33519238004>. Acesso em: 12 mar. 2023.

GASCÓN, J. Los modelos epistemológicos de referencia como instrumentos de emancipación de la didáctica y la historia de las matemáticas. **Educación Matemática**, p. 99-123, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40540854006>. Acesso em: 10 jun. 2023.

GASCÓN, J.; NICOLÁS, P. Economía, ecología y normatividad en la teoría antropológica de lo didáctico. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 21, n. 4, p. 36-52, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2019v21i4p036-052>. Acesso em: 14 maio 2023.

KATONA, D. Didactic Transposition Circle: a proposal for complementing an essential tool of ATD. **7th International Conference on the Anthropological Theory of the Didactic**. Barcelona, 2022. p. 62-70. Disponível em: <https://citad7.sciencesconf.org/>. Acesso em: 19 dez. 2022.

KLUTH, V. S.; ALMOULOU, S. A. Transposição didática em Chevallard: conceitos e teorização primordiais para a teoria antropológica do didático. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 15, n. 1, p. e72961, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e72961>. Acesso em: 31 out. 2023.

LICERA, R. M.; GASCÓN, J.; BOSCH, M. Las tres dimensiones fundamentales del problema didáctico de los números reales. **Contextos de Educación**, v. 26, n. 19, p. 13-26, 2019.

LUCAS, C. *et al.* The phenomenotechnical potential of Reference Epistemological Models: the case of elementary differential calculus. *In*: BOSCH, M. *et al.* (org.). **Working with the Anthropological Theory of the Didactic in Mathematics Education**. Abingdon: Routledge, 2020. p. 77-97.

SANTOS, S. P.; FARIAS, L. M. S. The Anthropological Theory of the Didactic in Brazilian researches. **The Mathematics Enthusiast**, v. 19, n. 2, p. 501-524, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1562>. Acesso em: 16 fev. 2022.

9

*Rafael Andrade Bruno da Cunha
Marta Maximo-Pereira
Alexander Montero Cunha*

NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO:

UMA REVISÃO DE LITERATURA

INTRODUÇÃO

A abordagem experimental e investigativa para o ensino de Ciências não é novidade, seja no Brasil ou no mundo. A forma com que é desenvolvida, entretanto, variou muito no mais de meio século de publicações e parâmetros curriculares que abordam tais temáticas. Enquanto na década de 1960 a demanda era por atividades científicas e experimentais, com a finalidade de aproximar os alunos da prática dos cientistas (Gil-Perez, 1986) sob o rótulo do ensino do método científico, hoje em dia, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) possui objetivos muito mais amplos, não se restringindo somente às atividades experimentais. Entre tais objetivos, destacam-se a alfabetização científica, a formação de cidadãos e a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) (Sasseron, 2015; Hansson; Yacoubian, 2020).

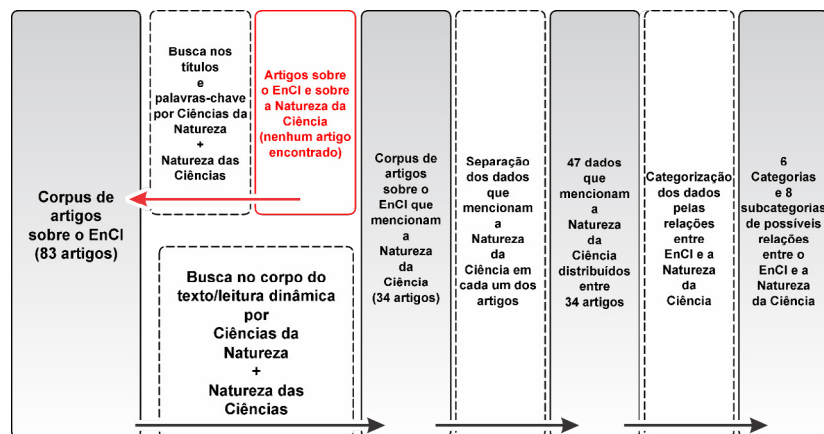
Conceber o EnCI como uma forma de conduzir os estudantes na produção de conhecimentos com práticas próximas às dos cientistas possibilita o diálogo desta abordagem com a NdC. Afinal, os estudantes podem compreender melhor a Ciência e os seus processos quando o ensino é contextualizado para os questionamentos que os saberes científicos buscavam responder (Moura, 2014). A NdC, dessa forma, também pode gerar um maior engajamento com temas atuais e o desenvolvimento da habilidade de julgar a qualidade de dados e argumentação científica para a tomada de decisões (Azevedo; Scarpa, 2017). Nesse sentido, uma investigação sobre as relações envolvidas entre o EnCI e a NdC pode nos auxiliar a compreender melhor as interações possíveis entre essa abordagem didática e os conhecimentos sobre a NdC.

Com esse objetivo, realizamos uma revisão de literatura de artigos científicos sobre o EnCI que tratam, de alguma forma, da NdC. Essa revisão foi realizada em duas etapas: (1) a formação do *corpus* de artigos de EnCI que tratam sobre NdC e (2) análise da presença da NdC nos trabalhos do *corpus* constituído. Neste trabalho, tivemos a seguinte pergunta de pesquisa: como se faz presente a Natureza da Ciência nas pesquisas que envolvem o Ensino de Ciências por Investigação?

METODOLOGIA

Esta revisão partiu de um *corpus* já estabelecido de artigos sobre EnCI, publicados em cinco periódicos de grande relevância na área da Educação em Ciências entre os anos de 2009 e 2022 (Maximo-Pereira; Cunha, 2021; Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2023). Tal *corpus* atualmente é composto por 83 artigos (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2024) e, apesar de se tratar de uma quantidade reduzida de periódicos, temos um bom número de artigos (83), o que nos possibilita compreender o cenário nacional sobre a pesquisa sobre EnCI e desenvolver uma análise qualitativa sobre as questões que envolvem essa abordagem didática. As etapas de formação e de análise do *corpus* específico para este trabalho estão sintetizadas na Figura 1, que relaciona o material utilizado, o processo desenvolvido com os artigos e os resultados obtidos em termos de categorizações dos trabalhos do *corpus*.

Figura 1 – Diagrama das etapas de formação do *corpus* e de análise de dados



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Com base no *corpus* envolvendo EnCI citado anteriormente, a primeira etapa desta revisão de literatura foi constituir um *corpus* em que se relacionava o EnCI com a NdC. Buscamos, assim, os termos “Natureza da Ciência” e “Natureza das Ciências” nos títulos e palavras-chave dos artigos presentes no *corpus* inicial, relacionado somente com o EnCI. O olhar para esses dois elementos do texto (títulos e palavras-chave) deve-se ao fato de que ambos denotam o que os autores consideram mais relevante de se destacar em seus artigos. Um primeiro resultado obtido foi que nenhum dos dois termos relacionados com a NdC apareceu no título e nas palavras-chave nos 83 artigos do *corpus* inicial.

Com isso, optamos por ampliar a busca da NdC para todo o corpo do texto dos artigos. Para isso, foi usado o buscador de cada um dos arquivos dos artigos em formato PDF, o que resultou em uma seleção de 34 artigos²⁹ sobre EnCI que fazem referência à NdC (ou “Natureza das Ciências”). Para três artigos da *Revista Alexandria*, foi

29

Os artigos do *corpus* de análise do presente trabalho estão disponíveis para consulta em: <https://drive.google.com/file/d/1nrl:VIEHCowczAtuXl0OnPHio9hSj71xH/view?usp=sharing>. Acesso em: 3 nov. 2024.

necessário realizar uma leitura dinâmica, pois seus arquivos em PDF não permitem o uso da pesquisa por palavra. Contudo, em nenhum deles foi encontrada menção à NdC.

Nossa análise se baseou, portanto, nos dados dos 34 artigos sobre EnCI em que houve menção à NdC. As categorias utilizadas para a análise são excludentes entre os dados, mas não entre os artigos, de modo que um mesmo artigo pode apresentar dados de mais de uma categoria. Nesse novo *corpus*, há 47 dados de 34 artigos de EnCI que mencionam a NdC. A partir deles, desenvolvemos as categorias que nos permitiram analisar as relações entre EnCI e NdC.

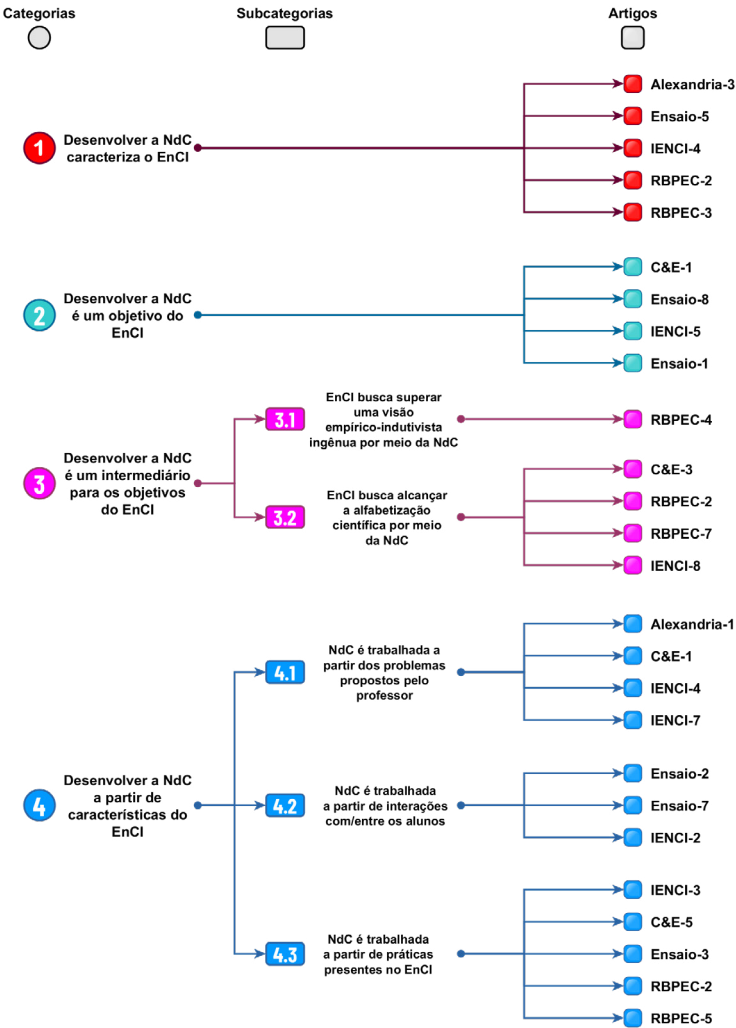
ANÁLISE DE DADOS

CATEGORIAS

A seguir, apresentamos as seis categorias que emergiram ao longo da análise para tratar os dados dos artigos do *corpus*. Importa destacar que as categorias foram formadas a partir do conjunto total de dados dos 34 artigos, o que nos levou a ter alguns artigos que possuíam dados em diferentes categorias e, por isso, aparecem de forma repetida.

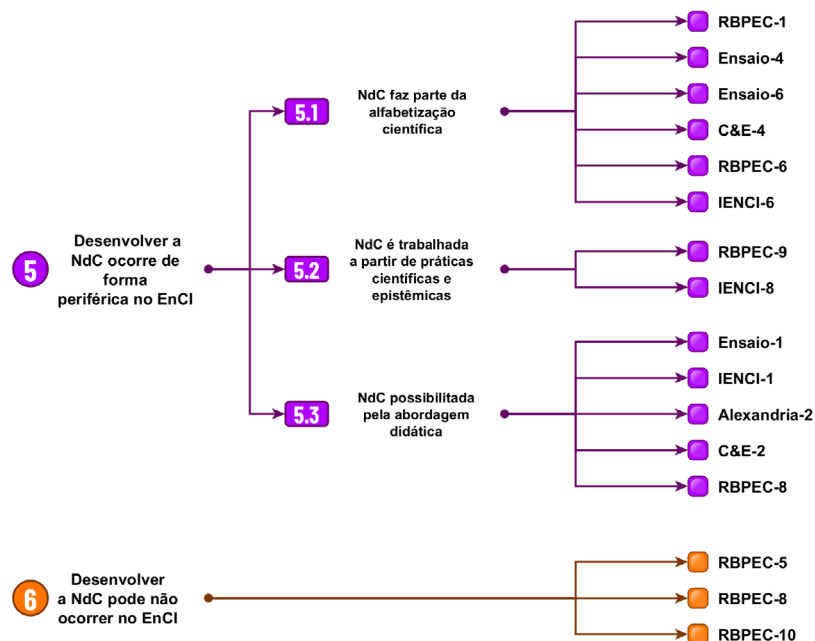
As categorias emergentes serão apresentadas por grau de proximidade entre o EnCI e a NdC, sendo a primeira categoria aquela em que a NdC está mais intrinsecamente relacionada ao EnCI, enquanto a última é aquela na qual o EnCI pode ocorrer sem abordar a NdC (Figuras 2 e 3). Além disso, algumas das categorias foram divididas em subcategorias, que guiam a análise e dão maior coerência interna à categoria emergente.

Figura 2 – Categorias emergentes (1 a 4) da revisão de literatura e artigos em que elas foram identificadas



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Figura 2 – Categorias emergentes (5 e 6) da revisão de literatura e artigos em que elas foram identificadas



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Passamos agora a apresentar cada uma das categorias, exemplificando-as e mostrando suas definições e delimitações.

Categoria 1: Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI

A primeira categoria emergente é “Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI”, na qual estão inclusos cinco artigos (Alexandria-3; Ensaio-5; IENCI-4; RBPEC-2 e RBPEC-3) que apontam o desenvolvimento de aspectos da NdC como elemento definidor para uma atividade ser considerada de EnCI. Essa categoria é melhor exemplificada pelo dado originário do artigo Ensaio-5: “aspectos da natureza da ciência incorporados na estrutura das atividades caracterizam o

ensino por investigação” (Trivelato; Tonidandel, 2015, p. 103). De forma a intensificar esta relação entre a NdC e o EnCI, o artigo IENCI-4 refere-se à NdC não só como um elemento de possível incorporação ao EnCI, mas também como um eixo estruturante dessa abordagem didática, conforme podemos verificar no trecho a seguir:

Sasseron e Carvalho (2011) propõem considerar três eixos estruturantes nas propostas didático-pedagógicas pautadas na abordagem didática investigativa, os quais envolvem: [...] ii) *a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos, políticos que circundam a sua prática* (Solino; Sasseron, 2018, p. 107, grifo nosso).

As autoras referem-se à NdC como um dos três eixos estruturantes de uma abordagem didática investigativa. Dessa forma, a compreensão da NdC caracterizaria o EnCI por fazer parte dele. Já o artigo RBPEC-2 enfatiza essa relação ao afirmar que “tanto uma visão contemporânea de NdC quanto uma visão de ensino orientada ao estudante são cruciais na implementação do EnCI” (Campos; Scarpa, 2018, p. 731).

É interessante destacar que essa caracterização do EnCI a partir da NdC não esteve presente na origem das discussões da abordagem investigativa, como nos mostra Trópia (2015) no dado de Alexandria-3. Nesse artigo, o autor apresenta o momento, no começo da década de 1990, em que atividades investigativas de ensino de Ciências começaram a tomar a forma que têm hoje, segundo a qual “a natureza da Ciência é incorporada ao ensino por investigação em um momento histórico em que discutir essa perspectiva com os alunos possibilitaria compreender melhor o que é a atividade científica” (Trópia, 2015, p. 57).

Categoria 2: Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI

A categoria “Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI” abrange quatro artigos que apresentam a intenção de desenvolver aspectos da NdC durante uma atividade investigativa (C&E-1; Ensaio-1; Ensaio-8 e IENCI-5). Como exemplo, temos o IENCI-5:

Quando utilizado dentro da área de ensino de ciências, *uma abordagem investigativa teria pelo menos dois objetivos: desenvolver a apreensão de conhecimento científico, e desenvolver aspectos epistemológicos e da natureza da ciência* (Abd-El-Khalick et al., 2004). Em outras palavras, o ensino investigativo trataria simultaneamente o aprendizado sobre ciência e o aprendizado de ciência, entendido aqui como as práticas do fazer científico (Meyer & Crawford, 2011; Sasseron, 2015). (Lago; Ortega; Mattos, 2019, p. 240, grifo nosso).

Esse dado, ao colocar como objetivos das abordagens investigativas a apreensão do conhecimento científico e o desenvolvimento de aspectos da NdC, descreve tais aspectos como práticas científicas. Já no artigo C&E-1, “a contribuição dos problemas do ENCI para a Abordagem Temática Freireana está vinculada à dimensão pedagógica, uma vez que seu foco é levar os alunos ao entendimento dos conceitos científicos e à natureza da ciência” (Solino; Gehlen, 2015, p. 926). Há, nesse trecho, uma delimitação em que a NdC é situada como um objetivo para o ensino que possui sua dimensão pedagógica relacionada com o ENCI.

Essa mesma delimitação do âmbito da NdC e do ENCI, agora como atividades de ensino, é expressa no artigo Ensaio-8:

Para isso, o ensino de Ciências deve ser planejado para que os estudantes participem do processo de construção dos conceitos científicos e das ideias relativas à natureza das Ciências; que desenvolvam habilidades relacionadas às investigações científicas, bem como, promovam o seu posicionamento crítico e reflexivo sobre as decisões individuais e grupais, já que somos responsáveis por nossas ações e o que fazemos e decidimos impactará, de alguma forma, na sociedade como um todo. E, para que essas habilidades sejam promovidas nos estudantes, diversas estratégias e abordagens de ensino podem ser utilizadas pelos professores em suas salas de aulas. Entre elas destacamos, neste trabalho, o ensino por investigação (Suart; Marcondes, 2018, p. 4).

A partir desta categoria, vemos que há certa recorrência em situar o EnCI na dimensão pedagógica ou enquanto atividade de ensino quando a NdC se situa como finalidade. O EnCI, assim, seria o meio para se atingir o objetivo, que seria o trabalho com aspectos de NdC. Situar o EnCI nesta posição poderia ser entendido como uma abordagem que estaria submetida a um outro propósito. Entretanto, como expresso nos artigos IENCI-5 e Ensaio-8, há outros objetivos para o EnCI que não somente trabalhar a NdC. Ou seja, ainda que o EnCI possa ter como fim o ensino da NdC, este não seria o fim único, demonstrando que há mais objetivos no EnCI do que ser somente um meio para uma determinada finalidade educacional.

Categoria 3: Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI

Aqui nos atentamos à categoria “Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI”, a qual abrange cinco artigos. Nesses artigos, há referência a um objetivo maior para o EnCI, que pode ser alcançado ao se trabalharem diferentes aspectos da NdC durante a investigação. Diferentemente da Categoria 2, os trabalhos identificados na Categoria 3 apresentam objetivos próprios para o EnCI, que seriam atingidos por intermédio do trabalho com a NdC. Ademais, a Categoria 3 é de interesse porque nos permite identificar os aspectos da NdC que são utilizados para se alcançar um dado objetivo pedagógico do EnCI em vez de impô-los puramente como um conteúdo normativo a ser ensinado. Em outras palavras, nesta categoria, a NdC não é compreendida como uma lista de afirmações sobre a Ciência a serem aprendidas, em alinhamento com o entendimento expresso nos trabalhos de McComas (2008) e Moura, Camel e Guerra (2020). Esta categoria engloba dois objetivos possíveis para o EnCI, expressos nas Subcategorias 3.1 — “EnCI busca superar uma visão empírico-indutivista ingênua por meio da NdC” — e 3.2 — “EnCI busca alcançar a alfabetização científica por meio da NdC”.

A Subcategoria 3.1 apresenta somente o artigo RBPEC-4, de Mori e Curvelo (2018), que aponta visões empírico-indutivistas ingênuas como um problema para a educação científica, principalmente nas práticas experimentais da área. Nesse sentido, o EnCI objetiva superar tais visões ingênuas e possibilitar um aprofundamento na compreensão do fazer científico, como vemos no seguinte trecho:

O ensino por investigação, particularmente em suas vertentes relacionadas com o trabalho experimental na educação científica, representa uma tentativa de superar a influência do empirismo-indutivismo ou do indutivismo ingênuo nas práticas pedagógicas. [...] Por sua vez, as práticas experimentais influenciadas pela abordagem investigativa, ao considerar aspectos da própria natureza das ciências [...], se apresentam como fonte de problematização ou como teste de hipóteses (Kasseboehmer, Hartwig, & Ferreira, 2015). Nesse sentido, colaboram para o exercício, por parte dos estudantes, de habilidades mais cognitivamente desafiadoras, em comparação com os experimentos mais estruturados ou com maior grau de direcionamento (Araújo & Abib, 2003) (Mori; Curvelo, 2018, p. 796, grifo nosso).

É interessante destacar a ênfase que é dada na problematização das atividades experimentais partindo da incorporação de aspectos da NdC, em oposição às atividades tradicionais (mais estruturadas e com menor grau de abertura), nas quais se vê o experimento como imparcial ou como mera demonstração de uma teoria, o que é prejudicial para a compreensão da Ciência. Podemos inferir de tais aspectos que, para os autores, trabalhar aspectos da NdC envolve um processo cognitivo, que pode ser mais complexo se, além dos elementos já presentes nas atividades tradicionais, como os procedimentos experimentais, a apresentação dos resultados e o conhecimento científico propriamente dito, for realizado um processo reflexivo que questiona o porquê de se realizar esses procedimentos e não outros, como são argumentados e defendidos nos resultados, bem como quais as relações entre o conhecimento produzido e a sociedade (Mori; Curvelo, 2018).

A Subcategoria 3.2, que engloba os artigos C&E-3, RBPEC-2, RBPEC-7 e IENCI-8, se refere aos trabalhos que, ao relacionarem o EnCI à NdC, têm como objetivo alcançar uma das metas do Ensino de Ciências, que é a alfabetização científica.

Os artigos nos permitem mostrar uma cadeia de eventos em que o EnCI proporciona a compreensão da NdC e tal compreensão leva ao desenvolvimento da alfabetização científica, como podemos observar no seguinte trecho, de IENCI-8:

As autoras [Silva, Gerolin e Trivelato (2018)] também fomentam que o ENCI é uma abordagem que visa à Alfabetização Científica, pois fomenta compreender a natureza da Ciência e a aplicação de conhecimentos na resolução de problemas (Santana; Sedano, 2021, p. 382).

O que é percebido, portanto, é que trabalhar aspectos de NdC se relaciona ao desenvolvimento da consciência crítica de dadas práticas do fazer científico, o que se alinha bem com o conceito de alfabetização científica defendido por Sasseron e Carvalho (2008) a partir de três eixos estruturantes: a compreensão de conceitos-base da Ciência e sua extensão para o cotidiano; o desenvolvimento de aspectos da NdC e das influências éticas e políticas na prática científica; e o entendimento de questões de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Outra questão que foi observada nessa categoria é o fato de que os cinco artigos aqui presentes são de 2017 em diante. Isso pode indicar uma mudança na relação estabelecida pelos trabalhos que tratam sobre EnCI e NdC, sendo necessário um acompanhamento das futuras publicações da área para saber se esse entendimento de que a NdC é um intermediário para o objetivo do EnCI será mantido.

Categoria 4: Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI

Outra categoria em que podemos analisar os dados é “Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI”, a qual inclui doze artigos divididos em 3 subcategorias, quais sejam: 4.1, “NdC é trabalhada a partir dos problemas propostos pelo professor”; 4.2, “NdC é trabalhada a partir de interações com/entre os alunos”; e 4.3, “NDC é trabalhada a partir de práticas presentes no EnCI”. Tais subcategorias associam a NdC a uma determinada característica do EnCI. O que nos interessa nessa categoria é compreender as formas como aspectos da NdC são inseridos dentro de diferentes atividades investigativas e quais etapas da atividade podem ser impactadas pela ênfase ou omissão desses aspectos.

Os quatro artigos (Alexandria-1; C&E-1; IENCI-4 e IENCI-7) na Subcategoria 4.1 dão maior ênfase às proposições dos professores. Tais artigos indicam que o problema escolhido a ser investigado é carregado por aspectos da NdC, que precisam ser desenvolvidos para que sejam respondidas as perguntas que o professor faz para orientar os alunos na investigação. Temos como exemplo o seguinte trecho, do artigo C&E-1:

[...] [P]ara resolvê-los [os problemas no EnCI] é necessário não apenas o entendimento dos conceitos científicos, mas, também, as compreensões sobre a natureza da ciência [...] (NASCIMENTO, 2012; SASSERON, 2008) (Solino; Gehlen, 2015, p. 916).

No caso do dado anterior, é explicitado que os problemas que são escolhidos para direcionar a realização de uma atividade investigativa têm relação direta com diferentes aspectos da NdC, os quais precisam ser desenvolvidos e compreendidos para que a atividade seja realizada de forma plena. De modo similar, Solino e Gehlen (2014a), em Alexandria-1, afirmam que

apesar da polissemia do termo [atividades investigativas], vários pesquisadores convergem ao defender que *o uso de problemas nas atividades investigativas é essencial para desenvolver habilidades que envolvem a natureza da ciência* (GIL PEREZ *et al.*, 1992; AZEVEDO, 2004; FRANCISCO JR *et al.*, 2008; CARVALHO, 2011) (Solino; Gehlen, 2014a, p. 78, grifo nosso).

A Subcategoria 4.2 é composta por três artigos (Ensaio-2; Ensaio-7 e IENCI-2). O artigo Ensaio-2 destaca um paralelo entre a comunicação da investigação realizada e de seus resultados por parte dos estudantes e a comunicação que ocorre no próprio fazer científico, para que, segundo Zompero, Gonçalves e Laburú (2017, p. 79) “o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino”. Em IENCI-2, Solino e Gehlen (2014b, p. 152) também apontam que “as interações sociais ocorridas em sala de aula, entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-material didático, potencializam a construção dos conceitos científicos e o entendimento sobre a natureza da ciência”.

A Subcategoria 4.3 apresenta cinco artigos (IENCI-3; C&E-5; Ensaio-3; RBPEC-2 e RBPEC-5). Em IENCI-3, Ferraz e Sasseron (2017) destacam que a argumentação é uma prática presente no EnCI que possibilita trabalhar com aspectos de NdC:

Dessa forma, configura-se um quadro que permite inferir que *ao favorecer a argumentação em sala de aula há a tendência em contribuir para que os estudantes construam uma visão não deformada da ciência e do trabalho científico*, uma vez que estes são aproximados de práticas próprias da epistemologia e da natureza das ciências (Ferraz; Sasseron, 2017, p. 43, grifo nosso).

É possível inferir, nos artigos incluídos na Categoria 4, que trabalhar a NdC é, de certa forma, uma “consequência” do EnCI, que pode ser explorada, total ou parcialmente, ou ainda ser completamente ignorada, sem que a abordagem didática seja desvirtuada, ou

seja, sem descaracterizar o EnCI. Contudo, reforçar os aspectos da NdC que são intrinsecamente relacionados ao EnCI beneficia a atividade como um todo, enquanto ignorá-los pode minimizar os ganhos pedagógicos da abordagem didática. O seguinte trecho, de RBPEC-2, exemplifica tal compreensão:

Ainda, o EnCI é especialmente interessante para discutir aspectos de natureza da ciência (NdC), possibilitando a compreensão do processo de produção de conhecimento científico como um empreendimento social em que diversos métodos são colocados em prática de forma criativa e mutável ao longo do tempo e de acordo com as ferramentas disponíveis (Sandoval, 2005) (Campos; Scarpa, 2018, p. 731).

Assim, as autoras citadas acima apresentam o EnCI como um possível potencializador para a discussão de aspectos da NdC. De forma resumida, Miranda, Marcondes e Suart (2015, p. 572) apontam a mesma ideia em Ensaio-3: "características e atitudes do trabalho investigativo podem ser adotadas pelos estudantes, proporcionando-os contato com a natureza das ciências (Sasseron, 2008)". Esse dado é representativo da maioria dos dados desta categoria, que se voltam para uma causalidade direta, em que as características do trabalho investigativo (proposição de problemas, interações entre os estudantes e com o professor, práticas presentes no EnCI, como trabalho com dados, argumentação, etc.) proporcionam necessariamente o contato com aspectos da NdC, sem que seja dada uma atenção especial do professor para destacar tais elementos de forma explícita e consciente.

Categoria 5: Desenvolver a NdC ocorre de forma periférica no EnCI

Esta categoria se refere a dados de artigos que estabelecem uma relação mais indireta ou periférica entre o EnCI e a NdC. Aqui, identificamos dados de treze artigos diferentes que, embora, de forma isolada, não nos auxiliem a compreender as interações entre esses dois conceitos, endossam alguns dos pontos observados em outras categorias.

A Subcategoria 5.1 — “NdC faz parte da alfabetização científica” — envolve seis artigos (RBPEC-1; Ensaio-4; Ensaio-6; C&E-4; RBPEC-6 e IENCI-6) que se referem à NdC para que possam melhor descrever a alfabetização científica. Alguns dados da categoria 3, “Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI”, também fazem referência à alfabetização científica, porém apresentam um direcionamento da necessidade de se trabalhar aspectos da NdC para que o EnCI alcance a alfabetização científica. Já nos dados da Subcategoria 5.1, a NdC está associada somente à alfabetização científica, sem explicitamente demarcar um caminho do EnCI para a NdC e, em seguida, para a alfabetização científica.

A Subcategoria 5.2 pode ser representada pelo trecho do artigo RBPEC-9, em que Sasseron (2018) afirma, sobre as práticas científicas e epistêmicas:

Osborne (2014) expressa a importância de que as práticas [científicas e epistêmicas] sejam consideradas como forma de possibilitar que as ciências apresentadas em sala de aula melhor representem os entendimentos atuais que se possui sobre a natureza das ciências, considerando aspectos sociais e culturais (Sasseron, 2018, p. 1081).

Já o artigo IENCI-8 faz referência ao desenvolvimento concomitante de aspectos da NdC, em que o fomentador de tais aspectos é o desenvolvimento de práticas epistêmicas:

Silva (2015) ressalta que o desenvolvimento de práticas epistêmicas contribui à percepção dos alunos sobre as teorias e evidências experimentais, bem como à natureza do conhecimento científico, sendo o ENCI relevante para gerar diferentes práticas epistêmicas, sendo elas necessárias na articulação de informações, dados experimentais e conclusões (Santana; Sedano, 2021, p. 394).

Os artigos presentes nas Subcategorias 5.1 e 5.2, ao tratarem sobre a NdC, fazem-no para elucidar outros conceitos (alfabetização científica e práticas científicas e epistêmicas, respectivamente) que

são relevantes para o EnCI ou para o Ensino de Ciências de modo geral. Há uma proximidade forte dessas duas subcategorias com a categoria 3, com a diferença de que a NdC, em 5.1 e 5.2, não é posta como um objetivo específico do EnCI para se aproximar do seu objetivo geral, mas como um elemento relevante de um conceito, em princípio, externo ao EnCI.

Na Subcategoria 5.3 — “NdC possibilitada pela abordagem didática” —, há dados de cinco artigos (Ensaio-1; IENCI-1; Alexandria-2; C&E-2 e RBPEC-8), nos quais a NdC aparece de forma mais distanciada do EnCI, com os dois conceitos sendo compatíveis, mas sem estabelecer que um desenvolve o outro ou que um tem o outro como objetivo. O seguinte dado de Alexandria-2 exemplifica bem essa subcategoria:

Percebe-se que os documentos da NRC concebem o ensino por investigação como uma abordagem pedagógica que é consistente com a natureza da ciência e que fornece a formação de conhecimentos e habilidades úteis para a abordagem de problemas de interesse pessoal ou social (DEBOER, 2006) (Clement; Custódio; Alves Filho, 2015, p. 114).

Os autores se limitam a colocar o EnCI como uma abordagem consistente com a NdC, sem elaborar o porquê de tal consistência, isto é, se atividades investigativas deveriam ser planejadas e realizadas para reforçar tal relação ou se o EnCI é particularmente interessante para se desenvolverem aspectos de NdC. De forma similar, o dado de IENCI-1 traz consigo um relato de uma formação em que aspectos da NdC surgem: “aconteceram então discussões problematizando a existência de tal método, onde foram feitas críticas explícitas à visão empirista de ciências, bem como sobre a natureza da ciência” (Sá; Lima; Aguiar Jr., 2011, p. 90). Porém, o artigo não faz nenhuma inferência de que tal discussão possa ter aflorado particularmente por se tratar de uma atividade investigativa.

Categoria 6: Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI

Por fim, temos a categoria “Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI”. Esta categoria inclui três artigos (RBPEC-5; RBPEC-8 e RBPEC-10), que entendem que a relação entre esses dois conceitos deve ser estudada em mais sentidos para que, assim, se compreenda em quais elementos há ou não aproximações entre o EnCI e a NdC.

Nesse sentido, os artigos RBPEC-5 e RBPEC-10 expõem certo conflito em conciliar a atenção sobre a NdC com elementos que são característicos no EnCI. No dado do artigo RBPEC-10, o conflito está em “conciliar a proposição de problemas experimentais com uma abordagem sobre a Natureza da Ciência” (Silva; Nascimento; Rebeque, 2022, p. 25), já que, na atividade desenvolvida por eles, foi possível iniciar um processo de alfabetização científica a partir de experimentos de manipulação. Dessa forma, para os autores, o EnCI e a NdC podem não ter relação mesmo quando se almeja a alfabetização científica.

Já o dado do artigo RBPEC-5 demonstra uma preocupação de que a NdC vem perdendo sua relevância em atividades de EnCI:

Na perspectiva de compreender e participar do mundo contemporâneo comparece uma preocupação com situações-problema reais. A ênfase deixa de estar nos conceitos científicos, nas habilidades ou na natureza da ciência, que são entendidos como meios para compreender uma situação mais ampla pertencente à realidade dos alunos (Strieder; Watanabe, 2018, p. 833)

Para as autoras, as atividades investigativas passam a dar maior ênfase a questões contextualizadas à realidade dos estudantes, cabendo aos conceitos científicos e aos aspectos da NdC um papel auxiliar nessas atividades. Nesse sentido, a relação entre EnCI e NdC poderia estar se distanciando ao invés de se aproximar, como exposto na maioria dos demais artigos presentes no *corpus*.

O artigo RBPEC-8 corrobora essa perspectiva ao justificar certo distanciamento entre o EnCI e a NdC com pesquisas na área da Psicologia e Cognição que expõem a efetividade das atividades investigativas em promover a aprendizagem sobre NdC:

Embora o envolvimento dos estudantes em atividades investigativas seja ressaltado enfaticamente por educadores como fundamental para a aprendizagem sobre a natureza da Ciência e sobre o processo de investigação científica, pesquisas na área da Psicologia e Cognição apontam que, quando engajados em investigações, indivíduos de todas as idades, enfrentam certas dificuldades características (Dunbar, & Klahr, 2012; Morris *et al.*, 2012) (Nascimento; Gomes, 2018, p. 937).

Ao exporem um distanciamento entre o EnCI e a NdC, os artigos presentes nesta Categoria destacam uma relação conflitante que pode estar presente entre essas duas áreas. Tal como discutimos ao final da análise da categoria 1, a NdC não estava relacionada com os primórdios do EnCI, sendo essa aproximação realizada a partir da década de 1990. A argumentação que esses três artigos trazem pode indicar que esse processo de aproximação pode não ser simples e direto, o que demandaria desenvolvermos mais investigações sobre ele.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação relatada neste texto teve por objetivo responder à seguinte pergunta: como se faz presente a NdC nas pesquisas que envolvem o Ensino de Ciências por Investigação? Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura a partir de um *corpus* inicial de artigos sobre EnCI. Identificou-se, inicialmente, que nenhum dos 83 artigos sobre EnCI, mapeados em trabalho anterior (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2024), possuía, em seu título ou em suas palavras-chave, as

expressões “Natureza da Ciência” ou “Natureza das Ciências”. Essa ausência de trabalhos sobre EnCI que abordem explicitamente a NdC pode indicar a necessidade de mais investigações na área de Educação em Ciências centradas nas relações entre EnCI e NdC.

Como forma de contribuir nessa direção, analisamos neste trabalho um *corpus* de 34 artigos de EnCI que fazem referência, no corpo do texto, à NdC, buscando compreender quais são as relações que aproximam esses dois conceitos. Como resposta à nossa pergunta de pesquisa, elaboramos seis categorias de análise, com algumas subcategorias, o que nos permitiu identificar diferentes graus de aproximação entre os dois conceitos, sendo a relação mais próxima entre os dois aquela em que a NdC é definidora do EnCI (Categoria 1) e a relação mais fraca, aquela que aponta uma falta de relações diretas entre EnCI e NdC (Categoria 6). A ordenação das categorias, partindo daquela que mais aproxima EnCI e NdC para aquela que menos aproxima, é destacada no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias emergentes da análise ordenadas de forma decrescente segundo o grau de aproximação entre EnCI e NdC

1.	Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI
2.	Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI
3.	Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI
4.	Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI
5.	Desenvolver a NdC ocorre de forma periférica no EnCI
6.	Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Como destacado no início desta revisão, as categorias foram utilizadas para sistematizar os dados presentes nos artigos, o que significa que, em artigos com mais de um dado, o EnCI e a NdC podem estar mais ou menos próximos em diferentes trechos. Em outras palavras, um mesmo artigo pode apresentar dados de várias categorias.

Na Categoria 1, “Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI”, a NdC aparece como eixo estruturante do EnCI, destacando uma relação muito intrínseca entre ambos. Essa relação, porém, é questionada nos artigos presentes na Categoria 6, “Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI”, em que temos artigos que destacam a existência de certo conflito entre a NdC e o EnCI. Dois (dos cinco) artigos presentes na Categoria 1, bem como dois (dos três) presentes na Categoria 6, são de uma mesma edição da RBPEC, de 2018, dedicada ao EnCI. Destacamos a importância dessa edição por trazer questões em aberto na literatura, havendo, assim, espaço para novas pesquisas que dessem ênfase às relações entre NdC e EnCI. Esta questão em aberto pode ter relação com o fato de a origem do EnCI não estar relacionada à NdC. Como comentado anteriormente, segundo Trópia (2015), a aproximação entre EnCI e NdC começou a ocorrer na década de 1990, e os artigos da Categoria 6 destacam justamente que essa aproximação ainda necessita de maior atenção.

A Categoria 2, “Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI”, auxilia-nos a compreender certo movimento na questão em aberto anteriormente colocada. Isso porque a NdC é referida nessa categoria como um dos objetivos do EnCI, mas não o único. Ou seja, o EnCI pode ter outros objetivos além da NdC, sendo possível, inclusive, trabalhá-los de forma periférica (Categoria 5).

Por outro lado, a Categoria 3, “Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI”, nos mostra que a NdC contribui para o EnCI ao ser um intermediário necessário para outros objetivos que esta abordagem didática venha a ter, como a alfabetização científica.

A Categoria 4, “Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI”, nos traz indicativos de que, embora os elementos da NdC sejam essencialmente desenvolvidos na ação dos estudantes, seja na resolução do problema ou nas interações que permeiam sua resolução, incluindo as práticas típicas do EnCI, todas essas

ações são fomentadas pelo professor, que propõe e orienta a atividade. Essa perspectiva corrobora a proposição de Maximo-Pereira e Cunha (2021) de que as ações dos professores possuem um destaque especial na avaliação do EnCI.

Em suma, pudemos observar que, recorrentemente, aspectos da NdC são trazidos para discussões sobre atividades de EnCI, com diferentes perspectivas — algumas, mais intrínsecas; outras, mais periféricas. Tais diferenças são fundamentais de serem compreendidas porque podem influenciar diretamente a forma como são estruturadas ou não as atividades de EnCI que buscam trabalhar a NdC, bem como direcionar a condução de pesquisas sobre essa abordagem didática.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com auxílio de uma bolsa de mestrado acadêmico concedida pelo Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela qual agradecemos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2017172579.

CAMPOS, N. F.; SCARPA, D. L. Que desafios e possibilidades expressam os licenciandos que começam a aprender sobre ensino de Ciências por investigação? Tensões entre Visões de Ensino Centradas no Professor e no Estudante. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 727-759, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018182727.

CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVES FILHO, J. P. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica.

Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 1, p. 101-129, 2015. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n1p101.

CUNHA, A. M.; MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, R. A. B. Práticas epistêmicas e Ensino por Investigação: algumas aproximações a partir de uma revisão de literatura. **XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. 2024. No prelo.

CUNHA, R. A. B.; MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, A. M. Práticas epistêmicas e Ensino por Investigação: categorias de análise utilizadas em artigos de periódicos de Ensino de Ciências. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Caldas Novas, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/92942>. Acesso em: 4 nov. 2024.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42.

GIL-PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/50876/92880>. Acesso em: 4 nov. 2024.

HANSSON, L.; YACOUBIAN, H. A. Nature of Science for social justice: why, what and how? /n: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (ed). **Nature of Science for Social Justice**. Cham: Springer, 2020. p. 1-22. DOI: 10.1007/978-3-030-47260-3_14. (Science: Philosophy, History and Education Series).

LAGO, L. G.; ORTEGA, J. L. N. A.; MATTOS, C. R. A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da lua. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 239-260, 2019. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239.

MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, A. M. O professor que desenvolve o ensino de ciências por investigação: o que dizem as pesquisas? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, p. 134-156, 2021. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p134.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008. DOI: 10.1007/s11191-007-9081-y.

MIRANDA, M. S.; MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. C. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de Química: contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. 3, p. 555-583, 2015. DOI: 10.1590/1983-21172015170302.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. A experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o Ensino por Investigação: compromissos teóricos e esforços práticos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 795-818, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183795.

MOURA, B. A. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014. DOI: 10.53727/rbhcv7i1.237.

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência pelas lentes do currículo: normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, e15631, 2020. DOI: 10.1590/1983-21172020210114.

NASCIMENTO, R. D.; GOMES, A. D. T. A relação entre o conhecimento conceitual e o desempenho de estudantes em atividades investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 935-965, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183935.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007. DOI: 10.1590/S1516-73132007000200001.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JR., O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/247>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SANTANA, U. S.; SEDANO, L. Práticas epistêmicas no Ensino de Ciências por Investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, p. 378-403, 2021. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, Ensino por Investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. DOI: 10.1590/1983-2117201517s04.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbp ec20181831061.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <https://ienci.ifufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445/263>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SILVA, A. G.; NASCIMENTO, T. B.; REBEQUE, P. V. Sequência de ensino investigativa sobre a densidade dos corpos: desenvolvimento em uma turma de quinto ano do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, p. 1-28, 2022. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2022u257284.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. A conceituação científica nas relações entre a abordagem temática freireana e o Ensino de Ciências por Investigação. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 77-101, 2014a. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38178/29108>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática freireana e o ensino de Ciências por Investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 141-162, 2014b. Disponível em: <https://www.ifufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/100>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de Ciências/Física: articulações entre a abordagem temática freireana e o Ensino de Ciências por Investigação. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 21, n. 4, p. 911-930, 2015. DOI: 10.1590/1516-731320150040008.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p104.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G. Atividades investigativas na Educação Científica: dimensões e perspectivas em diálogos com o ENCI. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 819-849, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbp ec2018183819.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o Ensino por Investigação e a promoção da alfabetização científica. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. e9666, 16 abr. 2018. DOI: 10.1590/1983-21172018200106.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por Investigação: eixos organizadores para sequências de Ensino de Biologia. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 97-114, 2015. DOI: 10.1590/1983-2117201517s06.

TRÓPIA, G. A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de Biologia por atividades investigativas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 55-80, 2015. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n3p55.

ZOMPERO, A. F.; GONÇALVES, C. E. S.; LABURÚ, C. E. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 23, n. 2, p. 419-436, 2017. DOI: 10.1590/1516-731320170020009.

10

William Dutra Stradolini

Dioni Paulo Pastorio

Matheus Monteiro Nascimento

**UMA REFLEXÃO SOBRE
O ENSINO DE FÍSICA EM
CURSOS PRÉ-VESTIBULARES
POPULARES DE PORTO ALEGRE**

INTRODUÇÃO

O presente trabalho se sucede da dissertação de mestrado de Stradolini (2024), intitulada *Os currículos dos cursos pré-vestibulares populares de Porto Alegre: a construção e a participação dos professores de Ciências da Natureza*. Na pesquisa realizada, foi desenvolvida uma entrevista semiestruturada com coordenadores e representantes de oito cursos populares de Porto Alegre. Na análise das respostas, buscou-se identificar as relações entre as propostas dos cursos e as perspectivas tradicionais, críticas e pós-críticas de currículo, bem como a participação dos professores de Ciências da Natureza no processo de construção das propostas curriculares e formação crítica dos estudantes. Dentre os cursos participantes, três apresentaram informações mais concisas acerca das aulas de Física ou Ciências da Natureza, havendo dois que apresentaram documentos de registro do planejamento das aulas. São precisamente esses três cursos que serão abordados e discutidos neste trabalho, no qual objetivamos oferecer um maior destaque ao planejamento das aulas de Física, relacionando-o com as teorias do Currículo. Dois cursos demonstraram o uso de metodologias ativas no Ensino de Física, sendo que um apresentou maior relação com uma perspectiva crítica de currículo, e o terceiro demonstrou um maior alinhamento com as perspectivas tradicionais de currículo. O presente trabalho se constitui como uma crítica necessária para a melhoria das propostas pedagógicas dos cursos populares, principalmente no que diz respeito ao Ensino de Ciências e ao Ensino de Física nestes espaços.

CURSOS POPULARES: BREVE HISTÓRICO

No Brasil, o ingresso no Ensino Superior acontece mediante a aprovação em um concurso vestibular e, desde 2009, está relacionado a uma boa pontuação no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

As severas desigualdades presentes no sistema educacional brasileiro se refletem no ingresso de jovens na universidade, de maneira que os estudantes oriundos de escolas privadas ou federais possuem uma maior propensão ao sucesso nestes exames (Nascimento, M., 2019). Como consequência, a universidade vem sendo ocupada, desde a sua criação, por uma elite econômica (Nierotka, 2016). Apesar do crescente aumento no número de vagas e das políticas públicas recentes, como o Programa Universidade para Todos (Prouni) e a Lei das Cotas, o Ensino Superior permanece inacessível a grupos historicamente marginalizados, que almejam sua inserção no mercado de trabalho através da conclusão do Ensino Superior (Zago, 2008; Nascimento, M., 2019).

Os cursos pré-vestibulares populares (CPVPs) são movimentos sociais que se consolidam no contexto brasileiro e que buscam contribuir para a diminuição das desigualdades por meio da preparação de jovens de classes marginalizadas para os exames de ingresso na universidade. Esses cursos também reivindicam a expansão de todo o sistema universitário e o desenvolvimento de políticas públicas que facilitem o acesso da população em geral, especialmente os grupos socialmente excluídos. Por se tratarem de iniciativas autônomas, a maior parte dos cursos não possui sede própria e conta com o trabalho voluntário de professores, assim como o auxílio de outros setores da sociedade, como as Pastorais da Juventude e a Pastoral do Negro da Igreja Católica, movimentos estudantis, sindicatos de trabalhadores, associações comunitárias, escolas públicas e privadas e as próprias instituições de Ensino Superior, através de ações de extensão universitária (Zago, 2008). Isso confere aos cursos populares uma grande diversidade, as quais diferenciam cada iniciativa pelo seu contexto particular. Cursos relacionados ao movimento negro, por exemplo, como é o caso do Pré-Vestibular para Negros e Carentes e a Educafro, possuem uma perspectiva com

ênfoque na luta antirracista e no multiculturalismo (Brito, 2018), enquanto cursos relacionados a ações de extensão podem adotar uma perspectiva inovadora das disciplinas, como é o caso do Curso Popular da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (Catoia; Perdigão, 2007).

PERSPECTIVAS DE CURRÍCULO E PROPOSTAS PEDAGÓGICAS DOS CURSOS POPULARES

Os estudos sobre currículo podem ser compreendidos em três grandes perspectivas: a tradicional, a crítica e a pós-crítica (Silva, R., 2005). Para R. Silva (2005), o currículo escolar é mais do que um simples documento em que consta a quantidade de horas a serem cumpridas em cada disciplina. Ele se constitui de todas as experiências e vivências escolares, que, por sua vez, moldam as identidades dos indivíduos ao longo do percurso escolar.

Segundo R. Silva (2005), a perspectiva tradicional de currículo tem como principais referências as obras *The curriculum*, de John Bobbitt (1918), e *Basics principles of curriculum and instruction*, de Ralph Tyler (1950). Nessa perspectiva, a escola é comparada a um ambiente de produção, semelhante ao de uma fábrica. Os estudantes são como trabalhadores que, dentro do horário de trabalho, devem seguir as ordens de seus supervisores, apresentando resultados através do trabalho repetitivo. Essa perspectiva se difundiu amplamente ao longo do século passado e é a que justifica a escola da forma como a conhecemos hoje no Brasil.

Esse imaginário comum do ambiente escolar acaba por influenciar todos os indivíduos que vivenciam a educação na prática: estudantes, professores e supervisores (Silva, R., 2005). Portanto, não é incomum que professores reproduzam a lógica de exposição de conteúdo em ambientes de educação semelhantes ao da escola e da sala de aula, como é o caso dos pré-vestibulares, que, além disso, estão inevitavelmente aproximados dos conteúdos abordados nas provas.

As perspectivas críticas, de maneira geral, se fundamentam em diferentes vertentes da teoria marxista (Silva, R., 2005) e questionam a perspectiva tradicional, justamente por propor a aplicação de uma lógica assumidamente capitalista no ambiente escolar. Nesse sentido, a escola massivamente formata os estudantes oriundos das classes populares — aqueles que conseguem permanecer até o fim do percurso escolar — para ocuparem posições de subordinação na sociedade enquanto os estudantes oriundos das famílias abastadas têm sua formação básica em escolas nobres e de ponta, onde são preparados para ocuparem as mesmas posições que suas famílias tradicionalmente já ocupam: as posições de alto prestígio, que irão precificar a força de trabalho da classe subordinada. A perspectiva crítica entende que a instituição escolar, nesses moldes, é uma das grandes responsáveis pela manutenção das desigualdades na sociedade e que o currículo escolar deveria fornecer subsídios para a transformação dos indivíduos e das estruturas sociais que mantêm as desigualdades, denunciando a ideologia dos que dominam os meios de produção e assim mantêm sua hegemonia (Silva, R., 2005).

As perspectivas pós-críticas tomam forma com o advento da pós-modernidade e se caracterizam pelo envolvimento com questões identitárias, como raça e gênero, que não são totalmente contempladas pelo conceito de classe, herdado das perspectivas críticas (Silva, R., 2005). Por se tratarem de movimentos que têm por principal

objetivo o acesso das classes marginalizadas ao Ensino Superior, os cursos populares, em maioria, compartilham essa perspectiva de transformação social e de valorização das diferentes identidades culturais, de raça e de gênero. Além disso, desde seu surgimento, os CPVPs carregam consigo um ideal de formação que vai além da preparação de jovens e adultos para as provas, preconizando também o desenvolvimento de habilidades de compreensão crítica do mundo e dos fatos que a todos cercam, como os problemas políticos, sociais e de discriminação racial no país (Zago, 2008).

Um exemplo que sintetiza esse ideal é o do CPVP do Sindicato dos Trabalhadores em Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que, desde sua criação, em 1986, oferecia aulas de “estudos básicos sobre política, economia e sociedade” (Nascimento, A., 2005, p. 143). Outro exemplo é o Pré-Vestibular para Negros e Carentes, inaugurado em 1993, que desenvolveu a disciplina “Cultura e cidadania”, destinada a abordar “questões sociais do cotidiano da sociedade brasileira, tais como: racismo, questões de gênero, violência urbana, direitos políticos e sociais” (Fernandez, 2008). Essas questões passaram a incorporar as propostas de outros cursos, na forma de disciplina ou de “eixo curricular” (Zago, 2008), sendo nesta última reconhecida também uma proposta de “formação política” dos estudantes ou ainda “formação para a cidadania” (Nascimento, A., 2002; Silva, R., 2005; Carvalho, 2006; Santos, W., 2008; Zago, 2008; Costa; Gomes, 2017). Os elementos presentes na descrição da disciplina de “Cultura e cidadania” apresentada por Fernandez (2008) e Zago (2008) são identificados no quadro de R. Silva (2005) como pertencentes às perspectivas críticas e pós-críticas. O Quadro 1 apresenta os principais conceitos de cada perspectiva de currículo.

Quadro 1 - Principais conceitos presentes nas três perspectivas de currículo

Teorias tradicionais	Teorias críticas	Teorias pós-críticas
Ensino, aprendizagem, avaliação, metodologia, organização, planejamento, eficiência, objetivos	Ideologia, reprodução cultural e social, poder, classe social, capitalismo, relações sociais de produção, conscientização, emancipação e libertação, currículo oculto, resistência	Identidade, alteridade, diferença, subjetividade, significação e discurso, saber- poder, representação, cultura, gênero, raça, etnia, sexualidade, multiculturalismo

Fonte: adaptado de R. Silva (2005, p. 17).

Outra particularidade importante a respeito desse ideal de formação cidadã é a associação da figura de Paulo Freire aos cursos populares, que pode ser observada através dos registros de discussões conduzidas em encontros desses movimentos, os quais costumam apresentar releituras de suas obras (Costa; Gomes, 2017). Carvalho (2008) afirma que essa associação pode ter relação com a natureza social dos cursos populares. O fato é que Paulo Freire é um grande expoente da perspectiva crítica (Silva, R., 2005), e um dos pontos mais importantes de sua obra consiste na crítica à educação tradicional, que, metaforicamente, denominou “bancária”: a educação na qual os professores depositam os conteúdos nos estudantes, que, por sua vez, os acumulam como um montante (Freire, 1987).

Tanto a proposta da disciplina “Cultura e cidadania” quanto a associação ao nome de Paulo Freire são pontos que, em um primeiro olhar, aproximam os cursos populares das perspectivas críticas e pós-críticas de currículo. Apesar do aparente consenso acerca dessa dupla demanda dos CPVPs (preparação para o vestibular e formação para a cidadania), as experiências pedagógicas e curriculares da maioria dos cursos populares não são amplamente conhecidas e, assim, também são desconhecidas as propostas de formação para a cidadania e a mobilização dos professores de Ciências da Natureza para o cumprimento desses objetivos curriculares.

A PESQUISA DESENVOLVIDA

Por se tratar de um dos principais métodos de coleta de dados na pesquisa em Ensino e Educação, foi desenvolvida uma entrevista (Ludke; André, 1986), em formato semiestruturado, com roteiro prévio de dez questões. Segundo Zanette (2017), a entrevista semiestruturada é uma estratégia adequada para a identificação de práticas e a compreensão de processos que envolvem valores humanos. Dessa forma, nos afastamos de uma análise documental dos currículos dos cursos, nos baseando nas informações fornecidas pelos seus representantes. As entrevistas foram gravadas e posteriormente analisadas através das técnicas de análise de conteúdo (Bardin, 2012). Nas questões desenvolvidas, objetivamos compreender também o processo de desenvolvimento das propostas curriculares dos CPVPs, com especial atenção para a participação dos professores de Ciências da Natureza.

ENSINO DE FÍSICA EM CURSOS POPULARES

Como já mencionado, três cursos apresentaram informações acerca das aulas de Física, havendo dois destes que apresentaram documentos de registro referentes ao planejamento das aulas. Os comentários a seguir se baseiam nos relatos dos coordenadores e coordenadoras dos cursos nas entrevistas e buscam estabelecer relações com as perspectivas de currículo apresentadas por R. Silva (2005) a fim de identificar as perspectivas curriculares acerca do ensino de Física nestes espaços.

O CPVP intitulado "Curso A" é um curso que se identifica com uma perspectiva freireana e que busca abordar questões como racismo e machismo em suas temáticas principais. Segundo a coordenação da disciplina de Física, o curso se constitui como um

espaço de resistência e formação cidadã. A grade curricular do curso é composta pelas disciplinas comuns dos exames vestibulares, e a abordagem dessas questões normalmente ocorre em momentos extracurriculares, que, aparentemente, não são considerados parte da disciplina de Física. Ao todo, nove professores compõem a equipe da disciplina de Física, uma vez que o curso possui várias turmas e atende, anualmente, mais de trezentos estudantes.

Muito embora o Curso A possua um projeto político-pedagógico (PPP), no qual consta a associação com a perspectiva freireana do curso, não existe um consenso entre os professores e a coordenação acerca da abordagem da disciplina, havendo muitas aulas focadas na exposição do conteúdo da prova do vestibular da Universidade Federal situada na capital do estado do Rio Grande do Sul, a UFRGS. Os conteúdos são administrados segundo uma apostila, considerada o principal material do curso, mas os professores têm a liberdade de apresentá-los conforme suas preferências.

A coordenação afirma que há professores que buscam contextualizar as aulas, trazendo aproximações com a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que se baseia em uma visão crítica e problematizadora do Ensino de Ciências (Santos, R., 2000) e que tem como objetivo a desconstrução de mitos que envolvem as relações entre essa tríade (Auler, 2002). Apesar disso, a disciplina de Física não possui uma abordagem genuinamente baseada nos pressupostos dessa perspectiva. Embora não seja uma definição da disciplina nem uma proposta aplicada em sua completude, isso sinaliza uma preocupação por parte dos professores de Física do Curso A com questões como o letramento científico-tecnológico dos estudantes, o desenvolvimento de um olhar especialmente atento aos problemas sociocientíficos e a desconstrução desses mitos. Essa preocupação, manifestada na tentativa, mesmo que eventual, de uma abordagem mais contextualizada, implica uma aproximação a uma perspectiva crítica do ensino de Ciências (Santos, W., 2008).

Uma outra particularidade importante sobre a disciplina é que dois professores utilizam de metodologias ativas, em especial o método *peer instruction* (Mazur, 1997), nas aulas de Física. Esse método promove o protagonismo e instiga a argumentação dos estudantes acerca dos conceitos (Araújo, I.; Mazur; 2013). Muitos dos aspectos identificados por R. Silva como pertencentes ao escopo das perspectivas tradicionais de currículo correspondem ao que vem sendo apontado na literatura de Ensino de Ciências como “ensino tradicional” ou “método tradicional de ensino”, cujas aulas são em maioria expositivas, centradas na atuação do professor, na organização do conteúdo e na repetição de exercícios fechados (Oliveira; Rodrigues; Pontes Filho, 2016). Nesse sentido, as propostas de metodologias ativas e colaborativas se distanciam da perspectiva tradicional por entenderem que esta é defasada, desmotivante e descontextualizada da realidade dos estudantes (Pastorio *et al.*, 2020).

De maneira geral, as aulas de Física do Curso A são expositivas e possuem um grande alinhamento com as perspectivas tradicionais de currículo, ainda que existam movimentações de professores que tensionam a disciplina para uma abordagem crítica. Infelizmente, isso ainda não é um consenso entre os professores e coordenadores, ou seja, não há um projeto comum de formação para a cidadania em que a disciplina de Física esteja envolvida.

O curso intitulado Curso B possui uma proposta de disciplinas que se diferencia dos demais cursos identificados na presente pesquisa. Sua grade curricular é baseada nas áreas do conhecimento, conforme a proposta do Enem, e não nas disciplinas isoladas. Os professores de Física trabalham coletivamente com os professores das disciplinas de Biologia e Química, planejando e ministrando as aulas. O coordenador entrevistado afirma que os estudantes são instigados a realizar pesquisas e leituras sobre os temas e conteúdos das aulas, nas quais são abordados temas como preservação ambiental, saneamento básico, transporte

público e pobreza menstrual. Esses temas demonstram um envolvimento da área de Ciências da Natureza e, conseqüentemente, da Física com questões relacionadas aos direitos básicos e a questões de classe e gênero.

Embora o nome de Paulo Freire não tenha sido citado na entrevista, o curso utiliza um modelo de planejamento baseado na metodologia dos três momentos pedagógicos (3 MP) (Muenchen; Delizoicov, 2014), que consiste em uma transposição da ideia original de Freire para um ambiente formal de educação (Bonfim; Frasson; Nascimento, 2018; Urel, 2022). O curso apresentou um plano de aula interdisciplinar de Ciências da Natureza e Matemática, no qual é possível perceber que o modelo de planejamento corresponde a uma versão autoral da metodologia em questão adaptada para a proposta do curso, que pode ser verificada no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Etapa de problematização inicial do modelo de planejamento do Curso B

Problematização inicial

Situação-problema – Matemática

- Como as grandezas ao nosso redor impactam nossa vida? Análise algébrica e gráfica de relação entre grandezas e o impacto das mesmas no custo de vida e orçamento doméstico.
- Leitura e interpretação de uma conta de luz e identificação da unidade de kW/h. O que determina o valor da conta de luz? Qual a diferença entre as contas de luz de uma família de classe baixa, uma de classe média e uma de classe alta?

Matemática

- Os professores irão instruir a respeito do conceito de custo de vida e como calcular o seu. Como se relacionam os índices de locais e o estilo de vida das pessoas. Contextualizar a importância desse parâmetro para finanças pessoais, orçamento doméstico e planejamento de metas.

Natureza

- Os professores irão apresentar contas de luz de diferentes épocas do Brasil e perguntar aos estudantes o que eles pensam acerca das tarifas de luz nos últimos anos e como isso se reflete na realidade social do país e em seus cotidianos.

Fonte: adaptado do anexo da dissertação de Stradolini (2024).

Na etapa de problematização inicial, exemplificada no Quadro 2, são propostas situações-problema acerca das grandezas e do custo da energia elétrica³⁰, do estilo de vida e da organização financeira de famílias de diferentes classes sociais. As situações propostas se relacionam com o cotidiano dos estudantes e, como consta no plano, a realidade social do país, em consonância com as reflexões de Moreira (2018) acerca do conceito de Física para a cidadania. Além disso, as perguntas têm o potencial de levantar informações dos estudantes acerca de seus conhecimentos prévios e de suas vivências pessoais e familiares, que são de fundamental importância nessa etapa da metodologia. Além disso, é uma prática que resguarda uma relação com os aspectos humanistas da perspectiva freireana (Urel, 2022).

Na etapa seguinte do plano, intitulada organização do conhecimento, são apresentados os conceitos a serem pesquisados pelos estudantes, seguindo a proposição da metodologia de aprofundamento dos problemas anteriormente propostos a partir dos conceitos científicos envolvidos em sua compreensão crítica (Urel, 2022). O registro da etapa no plano de aula do curso pode ser verificado no Quadro 3 a seguir.

30

No plano, é possível perceber que consta, erroneamente, a unidade de kW/h. A unidade associada ao consumo de energia elétrica na conta de luz é o kWh.

Quadro 3 – Etapa de organização do conhecimento do modelo de planejamento do Curso B

Organização do conhecimento:

- Os professores irão instigar os estudantes a responder à questão comentando o tipo de equipamento elétrico que famílias de diferentes classes sociais possuem em suas casas e os tipos de grandezas físicas relacionadas a esses equipamentos elétricos.

Os alunos e alunas serão separados em 3 grupos. Cada grupo irá pesquisar um dos temas a seguir, relacionando os dois conceitos apresentados:

- Corrente e resistência
- Corrente e tensão
- Corrente e potência
- Durante a pesquisa, os estudantes terão 30 minutos para construir um infográfico. Cada grupo de estudantes terá 5 minutos para socializar suas produções com os demais colegas.

Etapa 2

- Ao final da construção dos infográficos, cada grupo de estudantes irá receber uma tabela com equipamentos eletrodomésticos de uma família de uma das classes sociais comentadas. Os estudantes deverão utilizar os materiais produzidos na atividade anterior para calcular o valor aproximado de uma conta de luz com base na quantidade de equipamentos, suas respectivas potências e o tempo de uso. Cada grupo terá 5 minutos para apresentar sua tabela aos demais colegas, explicando o processo de construção e o método utilizado para calcular o valor final da conta. Ao final destas atividades, os professores devem utilizar o tempo restante para dar informes acerca das próximas aulas e fazer o encerramento.

Fonte: adaptado do anexo da dissertação de Stradolini (2024).

Nesta etapa, conforme mostrado no Quadro 2, os estudantes são separados em grupos e têm de pesquisar o conceito de corrente elétrica em relação aos conceitos de resistência, tensão e potência. Além de pesquisarem sobre os temas, é solicitado que os estudantes construam um infográfico, que é um recurso pedagógico considerado atrativo e lúdico para o Ensino de Ciências e possui o potencial de promover uma aprendizagem significativa (Araújo, T.; Costa; Fireman, 2015; Oliveira; Rodrigues; Pontes Filho, 2016). Além de produzir o infográfico, os estudantes precisam apresentá-lo aos colegas, exercitando também a argumentação. Ainda na mesma etapa, consta no plano que os grupos irão receber uma tabela que informa a quantidade de equipamentos

elétricos de uma família hipotética, podendo ser esta de classe social baixa, média ou alta. Os estudantes devem, então, fazer uma estimativa do custo da conta de energia elétrica da família em questão, novamente socializando suas produções e explicando aos demais colegas o raciocínio utilizado para a realização do cálculo de estimativa.

Na etapa seguinte, denominada aplicação do conhecimento, os estudantes devem escolher questões da prova de Matemática do Enem para resolverem. Depois, é sugerida uma leitura, seguida de uma nova pesquisa, que busca responder o que causa o choque elétrico nos seres vivos. Além disso, consta no plano a utilização do já citado método ativo *peer instruction* (Mazur, 1997), cuja tradução é conhecida como “instrução pelos colegas” (Araújo, I.; Mazur, 2013), demonstrando que a equipe de professores de Ciências da Natureza do Curso B busca inovar nas aulas através do uso de metodologias ativas de ensino. As propostas de atividades da etapa de aplicação do conhecimento podem ser observadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Etapa de organização do conhecimento do modelo de planejamento do Curso B

Aplicação do conhecimento, Matemática – Questões ENEM 2020 Prova Amarela

- Questões aptas a resolução em aula, com escolha pelos estudantes: 136*A, 139C, 140C, 143+C, 144+C, 145A, 146+C, 154B, 156*A, 157*B, 166*B, 167D, 173B, 174+B (legenda: número da questão+classificação docente+gabarito; +: situação-problema aplicada à do plano de aula; *: conteúdo algébrico mais complexo)
- Será comentado sobre a obra literária *Frankenstein* e sua inspiração nos trabalhos de Luigi Galvani acerca da eletricidade animal. Será disponibilizado o link (<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/almanaque/historia-experimentos-reais-frankenstein.phtml>) e os estudantes terão 10 minutos para fazer a leitura.
- Após o resgate ao tema, os alunos e alunas farão uma nova pesquisa buscando responder o que causa o choque elétrico. A proposta é que, durante 30 minutos, os alunos pesquisem no Google, em seus dispositivos, e comentem livremente o que causa o choque elétrico nos seres vivos.
- Após o debate, os professores e professoras terão 40 minutos para aplicar questões conceituais de instrução por pares.
- Durante os 40 minutos finais, os alunos e alunas serão colocados nos grupos de pesquisa e irão resolver questões do Enem.

Fonte: adaptado do anexo da dissertação de Stradolini (2024).

No plano apresentado, é possível visualizar que os estudantes são instigados a pesquisar sobre os conceitos abordados nas aulas e a assumir o protagonismo de seu aprendizado. A escolha da metodologia e das atividades demonstram um alinhamento do Curso B com uma proposta de educação freireana e uma consequente relação com uma perspectiva crítica de currículo. O currículo de Ciências da Natureza do curso em questão resguarda relações com as perspectivas críticas e pós-críticas, que se refletem também nas aulas de Ciências da Natureza, contribuindo, assim, com a proposta de formação para a cidadania dos estudantes. A proposta de organização da disciplina de Ciências da Natureza do Curso B pode ser um exemplo de inovação do currículo e de articulação dos pressupostos freireanos e de formação para a cidadania com o objetivo de preparação para o vestibular.

O terceiro CPVP que iremos analisar neste trabalho se trata do Curso C. Segundo a coordenação, existem momentos em que os estudantes são colocados a refletir sobre as suas trajetórias estudantis e as dificuldades que enfrentam durante o processo de preparação para o vestibular, bem como a dificuldade de permanência das camadas populares na universidade. Na entrevista conduzida, não houve indícios de que esses diálogos tivessem alguma relação com a disciplina de Física ou demais disciplinas de Ciências da Natureza. O enfoque principal do curso é a preparação para o vestibular e a metodologia das aulas é, reconhecidamente, tradicional.

Os professores da disciplina de Física que, segundo a coordenação, são, em sua maioria, engenheiros³¹ se reúnem a cada dois meses para o planejamento das aulas e o registro no “plano de curso”, o qual pode ser observado no Quadro 5. Nele, constam os objetivos das aulas, o conteúdo ministrado e as referências³² utilizadas para o

31 Este foi o termo utilizado pela coordenadora na ocasião da entrevista. É possível, no entanto, que sejam estudantes dos cursos de Engenharia.

32 No documento, é possível perceber a utilização errônea do termo “biografia”, em vez de bibliografia, para se referir às referências bibliográficas das aulas.

planejamento. Além disso, o documento possui um campo intitulado “outros”, indicado para registros eventuais dos docentes.

Quadro 5 – Recorte do plano de curso de Física do Curso C

Plano de curso de Física
Aula 1 – 22/03 - Objetivos: Introduzir os conceitos de velocidade, distância, deslocamento, distância percorrida e tempo. Movimentos com velocidade constante. - Conteúdo: Cinemática (MRU). - Bibliografia de apoio/Referências. - Outros.
Aula 2 – 25/03 - Objetivos: Trabalhar movimento com velocidade constante. Representações gráficas do MRU. - Conteúdo: Cinemática (MRU). - Bibliografia de apoio/Referências. - Outros.
Aula 3 – 29/03 - Objetivos: Trabalhar movimento com velocidade constante. Representações gráficas do MRU. - Conteúdo: Cinemática (MRU). - Bibliografia de apoio/Referências. - Outros.

Fonte: adaptado do anexo da dissertação de Stradolini (2024).

No documento fornecido e mostrado acima, das 61 aulas que deveriam ser ministradas até o final do ano de 2022, constam as descrições de 42, sendo as primeiras 28 sobre conteúdos relacionados à Mecânica. Nas descrições das aulas de revisão dos assuntos abordados nas primeiras 24 aulas, que podem ser verificadas no Quadro 6, constam aulas associadas aos conteúdos de Cinemática, Dinâmica, Potência e Energia.

Quadro 6 – Aulas de revisão do plano de curso de Física do Curso C

Plano de curso de Física
Aula 25 – 14/06 • Objetivos: Revisão dos assuntos abordados nas primeiras 24 aulas. • Conteúdo: Cinemática, dinâmica, trabalho, potência, energia. • Bibliografia de apoio/Referências. • Outros.
Aula 26 – 17/06 • Objetivos: Revisão dos assuntos abordados nas primeiras 24 aulas. • Conteúdo: Cinemática, dinâmica, trabalho, potência, energia. • Bibliografia de apoio/Referências. • Outros.

Fonte: adaptado do anexo da dissertação de Stradolini (2024).

Ao analisarmos os Quadros 5 e 6, se considerarmos que as 15 aulas restantes seguiram abordando outros conceitos, o conteúdo de Mecânica corresponde a aproximadamente 46% das aulas de Física. É importante considerar que, além de a abordagem tradicional dos conteúdos já ser criticada em pesquisas no Ensino de Ciências, no Ensino de Física, particularmente (Ribeiro *et al.*, 2022), também são criticadas as abordagens nas quais é conferida demasiada importância aos conteúdos de Mecânica e as concepções de currículo como listas de conceitos, justamente por manterem uma relação com a abordagem que, neste trabalho, compreendemos como perspectiva tradicional de currículo (Moreira, 2018; Silva, R., 2005). Dito isso, podemos inferir que a ênfase nos conceitos de Mecânica não se trata de mero acaso, mas de um alinhamento do Curso C com as perspectivas tradicionais de currículo. Como os diálogos acerca das trajetórias dos estudantes, em geral, não ocorrem em aulas de Física, concluímos que a abordagem da disciplina possui enfoque na preparação para o vestibular através da apresentação de conceitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É sabido que os CPVPs são iniciativas autônomas e que contribuem socialmente reduzindo os danos de um sistema educacional que exclui as pessoas marginalizadas pela sociedade. Esses movimentos possuem liberdade para oferecer a proposta que acharem adequada, tendo flexibilidade na construção da matriz curricular. Seria ingênuo, porém, não problematizar os efeitos da inércia do sistema educacional nesses espaços por conta dessa característica solidária e coletiva. É uma falsa liberdade que permite aos professores atuarem com pouca seriedade, distantes dos acordos coletivos. O fantasma da educação tradicional segue assombrando todos os espaços de educação que mantêm qualquer tipo de semelhança com a escola. Os motivos que justificam esse fenômeno em cursos populares em geral não são os mesmos que o justificam no ambiente escolar, como a questão dos salários e da carga de trabalho elevada (Moreira, 2018). Geralmente os CPVPs contam com o trabalho voluntário dos professores, cujas exigências burocráticas são bem menores ou quase inexistentes. A utilização de currículos que, na verdade, são listas de exercícios é um fator comum que, certamente, contribui para o problema.

Possivelmente, a atuação de profissionais sem formação docente, geral ou específica, tenha relação com essa questão, uma vez que professores de formação se relacionam mais naturalmente com o planejamento e o preenchimento de documentos referentes às aulas. Não advogamos pelo impedimento de profissionais ou aprendizes de áreas não relacionadas à educação de contribuírem voluntariamente em cursos populares, mas reconhecemos a necessidade do desenvolvimento de habilidades pedagógicas e de um perfil docente humanizado, em consonância com as proposições de Candau (2008) acerca da mesma questão. Acontece que os CPVPs, aparentemente, não dão conta e/ou não estão preparados e/ou não

assumem para si o ônus de preparar esses profissionais antes ou concomitantemente ao início da docência, que muitas vezes é urgente, devido à falta de colaboradores. É interessante que as equipes de trabalho reelaborem sua forma de organização para que atendem para outras atividades que não só as emergências da sala de aula. A falta de supervisão pedagógica, capaz de contribuir para a melhoria das práticas de planejamento, também já apontada por Candau (2008), pode ser um fator de relevância nessa questão. O Curso A e o Curso B são exemplos de cursos que possuem uma coordenação própria da disciplina e da área, capaz de orientar os professores.

Acerca das abordagens, cabe salientar que, com exceção do tema “pobreza menstrual”, citado na entrevista do Curso B, as disciplinas de Ciências da Natureza dos cursos, no geral, não se relacionam com temas associados à perspectiva pós-crítica, e nenhum curso apresentou questões relacionadas a racialidade ou multiculturalismo nas aulas de Ciências da Natureza. Um tema importante porém não discutido é o da participação das mulheres e das pessoas pretas no desenvolvimento científico (Silva, I., 2023). Esse tema se relaciona com o que R. Silva (2005) aponta como o início do desenvolvimento de uma crítica de raça e gênero. Tanto esses temas mais fundamentais quanto as críticas mais profundas e impactantes, como o da pobreza menstrual, são pertinentes às aulas de Ciências da Natureza e, devidamente contextualizados, podem contribuir para a jornada de preparação dos estudantes e a formação de seres humanos críticos, em constante mudança e em processo de libertação dos preconceitos que nos foram impostos pela cultura hegemônica.

No geral, não existem dados que nos permitam concluir a eficácia dos métodos tradicionais de ensino nos cursos populares — tampouco temos esse objetivo. Não existem, contudo, razões para apostarmos numa estratégia de educação considerada desmotivante e ineficaz para o ensino de Física, principalmente se nosso objetivo envolve a inversão da lógica hegemônica. Os cursos populares não podem cometer o deslize de reproduzir as desigualdades

impregnadas na escola e os insucessos já consumados na literatura (Goulart; Pastorio; Vidmar, 2023). Assim sendo, os professores de Física não podem se ausentar, deixando os momentos de formação crítica para as demais disciplinas ou para as sutilezas do currículo oculto do curso (Silva, R., 2005), e devem advogar internamente em seus coletivos pela participação na construção dessa identidade politizada, promovendo a Física para a compreensão dos problemas coletivos e sociais — a Física para a cidadania.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

ARAÚJO, T. M. S.; COSTA, J. E. V. L.; FIREMAN, E. C. A infografia nas aulas de Ciências como recurso didático para a aquisição da aprendizagem significativa. II **Congresso Nacional de Educação**. Campina Grande, 2015. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2015/TRABALHO_EV045_MD1_SA18_ID1541_08092015171349.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. I. ed. São Paulo: Edições 70, 2012.

BOBBITT, F. **The Curriculum**. New York: Houghton Mifflin, 1918.

BONFIM, D. D. S.; FRASSON, P. C.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-197, 2018.

BRITO, V. S. O Pré-vestibular para Negros e Carentes (PVNC) e a construção da identidade étnica. **Periferia**, v. 10, n. 2, p. 278-301, 2018.

CARVALHO, J. C. B. (org). **Cursos pré-vestibulares comunitários**: espaços de mediações pedagógicas. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2008.

CARVALHO, J. C. B. Os cursos pré-vestibulares comunitários e seus condicionantes pedagógicos. **Cadernos de Pesquisa**, v. 36, n. 128, p. 299-326, 2006.

CATOIA, E.; PERDIGÃO, A. L. R. V. Uma experiência de Educação em Saúde em um curso pré-vestibular popular. **Interagir**: Pensando a Extensão, n. 11, p. 137-142, 2007.

COSTA, A. R.; GOMES, T. F. Contribuições da obra de Paulo Freire nos encontros de cursos pré-universitários populares: redes de indignação e esperança. **Educação Popular**, v. 16, n. 2, p. 137-151, 2017.

FERNÁNDEZ, R. I. V. A construção do conhecimento nos CPVCs: a perspectiva vygotskiana. *In*: CARVALHO, J. C. B.; ALVIM FILHO, H.; COSTA, R. P. (org.). **Cursos pré-vestibulares comunitários**: espaços de mediações pedagógicas. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2008. p. 56-64.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GOULART, B. N. K.; PASTORIO, D. P.; Vidmar, M. P. O papel do professor diante das tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto do ensino remoto emergencial de Física e Ciências. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 35, n. 1, p. 17-26, 2023.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MAZUR, E. **Peer instruction**: a user's manual. United States: Prentice Hall, 1997.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NASCIMENTO, A. Negritude e cidadania: o movimento dos cursos pré-vestibulares populares. *In*: ROMÃO, J. (org.). **História da educação do negro e outras histórias**. Brasília, DF: MEC/SECAD, 2005. p. 139-156.

NASCIMENTO, A. Universidade e cidadania: o movimento dos cursos pré-vestibulares populares. **Lugar Comum**, n. 17, p. 45-60, 2002.

NASCIMENTO, M. M. **O acesso ao Ensino Superior público brasileiro**: um estudo quantitativo a partir dos microdados do Exame Nacional do Ensino Médio. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

NIEROTKA, R. L. Os jovens das camadas populares na universidade pública: acesso e permanência. **Katál**, v. 19, n. 1, p. 22-32, 2016.

OLIVEIRA, J. P.; RODRIGUES, E. D.; PONTES FILHO, M. C. P. Uso de infográficos como recurso didático no ensino de Ciências: uma revisão bibliográfica. **III Congresso Nacional de Educação**. Natal, 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2021/ebook3/TRABALHO_EV150_MD7_SA100_ID2396_13102021115359.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

PASTORIO, D. P.; RIBEIRO, B. S.; SOUZA, L. A. V. D.; PIGOSSO, L. T.; FRAGOSO, T. A. Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

RIBEIRO, B. S.; SOUZA, L. A. V. D.; LAPA, I. H.; PIRES, F. S. T. L.; PASTORIO, D. P. Just-in-Time Teaching para o Ensino de Física e Ciências: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20220075, 2022.

SANTOS, R. E. Pré-vestibulares populares: dilemas políticos e desafios pedagógicos. In: CARVALHO, J. C. B. (org). **Cursos pré-vestibulares comunitários**: espaços de mediações pedagógicas. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2008. p. 188-204.

SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2000.

SILVA, I. **Raça e gênero na Física**: trajetórias acadêmicas de mulheres negras. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

SILVA, R. T. Pré-vestibular comunitário da Rocinha: a latência da racialidade na tensão entre as estratégias reguladoras e as táticas subversivas. **28ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação**. Minas Gerais, 2005. Disponível em: <http://28reuniao.anped.org.br/gt03.htm>. Acesso em: 17 abr. 2024.

STRADOLINI, W. D. **Os currículos dos cursos pré-vestibulares populares de Porto Alegre**: a construção e a participação dos professores de Ciências da Natureza. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

TYLER, R. W. **Basics principles of curriculum and instruction**. Chicago: University of Chicago Press, 1950.

UREL, D. E. Paulo Freire e os Três Momentos Pedagógicos. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 1, p. 49-59, 2022.

ZAGO, N. Cursos pré-vestibulares populares: limites e perspectivas. **Perspectiva**, v. 26, n. 1, p. 149-174, jan. 2008.

ZANETTE, M. S. Pesquisa qualitativa no contexto da Educação no Brasil. **Educar em Revista**, v. 65, p. 149-166, jul./set. 2017.

11

*Douglas Grando de Souza
Ives Solano Araujo
Eliane Angela Veit*

**MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA:
UM RETRATO HISTÓRICO**

*O passado não reconhece o seu lugar:
está sempre presente.
(Mário Quintana)*

INTRODUÇÃO

As ações de formação de professores(as), por estarem no centro dos interesses da comunidade de pesquisa em Ensino de Física, têm sido promovidas em grande quantidade e em diversos formatos. De projetos com docentes da Educação Básica a cursos de graduação e pós-graduação, o engajamento de pesquisadores(as) se dá não apenas no planejamento e desenvolvimento de atividades formativas, mas também na avaliação de seus impactos em relação à prática profissional em sala de aula. O que por vezes escapa à atenção da comunidade de pesquisa é que tais ações possuem um inescapável caráter situado: existem e são legitimadas a partir de sua construção histórica, correspondendo a contextos institucionais e socioculturais específicos. É de nossa convicção, portanto, que qualquer esforço de compreensão da formação docente, como no caso de sua avaliação, exige entender suas origens e seu desenvolvimento ao longo do tempo.

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)³³ é um programa de pós-graduação que se entende como caminho de formação continuada para professores(as) que ministram a disciplina Física na Educação Básica. Ofertado de modo associativo, o MNPEF está organizado através de uma rede colaborativa

33

Ao longo do texto, preferimos adotar a nomenclatura "Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física" por estar de acordo com o atual regimento geral do programa (Sociedade Brasileira de Física [SBF], 2023a). A nomenclatura "Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física" também pode ser encontrada em comunicações oficiais do MNPEF.

de instituições de Ensino Superior que alcança todos os estados brasileiros. O programa teve o início de suas atividades em 2013, partindo de uma iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF)³⁴. Sua existência, porém, se encontra enraizada em uma história mais ampla: a constituição da pós-graduação brasileira, integrando parte da trajetória dos mestrados profissionais no país. Buscamos apresentar uma breve contextualização do surgimento do MNPEF, partindo da criação dos mestrados profissionais nas políticas de pós-graduação brasileira e de sua ligação à temática de Educação em Ciências.

AS ORIGENS DOS MESTRADOS PROFISSIONAIS

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1961 é um marco da formação em nível de pós-graduação na legislação educacional brasileira, que tomamos como ponto de partida para iniciar o retrato histórico pretendido³⁵. Ao indicar os cursos que poderiam ser ministrados em instituições de Ensino Superior do país, constituiu a categoria de cursos de “pós-graduação, abertos a matrícula de candidatos que tenham concluído o curso de graduação e obtido o respectivo diploma” (Brasil, 1961, art. 69). A inclusão no marco legal foi resultado de décadas de disputas políticas entre diversos setores da sociedade, especialmente no campo acadêmico, tendo como

34 A Sociedade Brasileira de Física, criada em 1966, é uma organização de caráter não lucrativo que congrega físicos(as) do país. Além de sua iniciativa em torno do MNPEF, a SBF há décadas apoia a área de Ensino de Física, como pela promoção do Simpósio Nacional de Ensino de Física e pela editoração da *Revista Brasileira de Ensino de Física*.

35 Reconhecemos que a história da pesquisa científica e a história da pós-graduação no Brasil não se reduzem uma à outra, tampouco são dissociadas entre si (Almeida, 2017). Outras histórias da pós-graduação seriam possíveis de ser narradas, tomando outros critérios para determinar sua origem, como as práticas do doutoramento presentes nas então emergentes faculdades desde a década de 1930 ou os cursos de especialização criados na década de 1940 (p. ex., Sucupira, 1980).

pano de fundo as mudanças sociais, culturais e econômicas do Brasil da primeira metade do século XX. Docentes de instituições ligadas ao ensino e à pesquisa, visando à expansão do sistema universitário brasileiro e de organizações representativas da comunidade científica, como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), mobilizaram os debates em diferentes instâncias do Governo Federal, resultando no incentivo à criação do Sistema Nacional de Pós-graduação (p. ex., Sucupira, 1980; Martins, 2018). Os anos seguintes foram marcados pelo surgimento dos primeiros cursos de pós-graduação em universidades brasileiras, ainda que sem orientações e critérios de avaliação definidos.

A importância atribuída a esse grau de formação à época não foi suficiente para que houvesse imediato consenso sobre sua definição. Em 1965, esclarecimentos foram demandados do Conselho Nacional de Educação³⁶ pelo então Ministro da Educação, visando à implantação, ao desenvolvimento e à regulação da etapa formativa de pós-graduação. Em resposta, foi elaborado o Parecer nº 977/65, aprovado em 3 de dezembro de 1965 (Sucupira, 1965). Conhecido como Parecer Sucupira, nome dado em referência ao relator Newton Sucupira, o documento estabeleceu um quadro conceitual fundante aos cursos de pós-graduação no Brasil. Apresenta orientações para a organização e a estruturação de cursos que permanecem relevantes até hoje, a exemplo da distinção entre pós-graduação em sentido restrito (*stricto sensu*) e em sentido amplo (*lato sensu*). O Parecer Sucupira apresenta uma profunda reflexão sobre diferentes experiências de pós-graduação em outros países, estimulando a adoção dos formatos estadunidenses de mestrado e doutorado para compor as etapas formativas da modalidade *stricto sensu*.

36

O Conselho Federal de Educação foi criado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1961, tendo entre suas responsabilidades a formulação e a avaliação da política nacional de educação e o zelo pela qualidade do ensino.

O Parecer Sucupira não deixa de apontar a existência de diferentes ênfases formativas na etapa de mestrado, que “tanto pode ser de pesquisa como profissional” (Sucupira, 2005, p. 166), distinguindo “graus acadêmicos ou de pesquisa e os graus profissionais” (p. 171). A formação em um mestrado profissional foi considerada

de grande utilidade como sinal de competência profissional, a exemplo do que ocorre com o mestrado em engenharia, arquitetura ou ciências da administração pública ou de empresas. É importante igualmente para o magistério secundário, sobretudo porque em muitos estados o mestrado é garantia de melhor remuneração (Sucupira, 2005, p. 167).

Apesar da possibilidade apresentada, os mestrados profissionais não foram viabilizados por três décadas. Como destaca Menga Lüdke (2005), o documento advoga pela correspondência entre a pós-graduação valorizada e a necessidade de subsidiar a pesquisa brasileira, tendo em vista o desenvolvimento socioeconômico do país. A ampliação da emergente pós-graduação brasileira deu-se, por conta disso, em direção à modalidade acadêmica.

Ainda assim, alternativas à tradição acadêmica de pesquisa continuaram a ser pontuadas. À CAPES foi atribuída a responsabilidade pela orientação da consolidação do Sistema Nacional de Pós-graduação (Martins, 2018). Através do I Plano Nacional de Pós-graduação, vigente entre os anos de 1975 e 1979, a agência pôde oficializar a ênfase sobre cursos em modalidade acadêmica, uma vez que considerou uma prioridade para os cursos de pós-graduação em sentido estrito “a formação de recursos humanos para o próprio ensino superior” (Brasil, 1975). Apesar desse direcionamento, adequado à época por centrar recursos públicos relevantes para o atendimento de amplas demandas sociais (Neves, 1995), não se deixou de apontar para a importância da formação profissional de alta qualidade no quadro amplo da pós-graduação brasileira, em vista das demandas das esferas pública e privada. Ao esclarecer o entendimento sobre o

papel a ser desempenhado pelo nível formativo na sociedade brasileira, é apontado como relevante “preparar profissionais de nível elevado, em função da demanda do mercado de trabalho nas instituições privadas e públicas” (Brasil, 1975, p. 125). Tal posição não se mantém explícita nos planejamentos nacionais seguintes.

O mestrado profissional, portanto, é enraizado nas fundações do projeto institucional da pós-graduação brasileira. Em três décadas, o país passou por transformações políticas, econômicas e sociais avassaladoras que afetaram o meio acadêmico tanto quanto os demais setores profissionais na sociedade. Novas demandas socioeconômicas e institucionais demandaram a atuação especializada e foram acompanhadas de experiências alternativas de formação em nível de pós-graduação³⁷. Nesse cenário, a CAPES explicitou a necessidade de flexibilizar o modelo de pós-graduação vigente. Em vista do aprimoramento contínuo do Sistema Nacional de Pós-graduação, o então presidente da CAPES, Abílio Beata Neves, indicou a posição da agência em “incentivar a implantação de programas de mestrado dirigidos à formação de profissionais para áreas do conhecimento que estejam interessadas nesta modalidade de pós-graduação” (Neves, 1995, p. 16). Em atendimento a essa orientação, a Diretoria Colegiada da CAPES encaminhou ao Conselho Superior da agência uma proposta de “Programa de Flexibilização do Modelo de Pós-graduação Senso Estrito em Nível de Mestrado” (CAPES, 2005b), aprovada e publicada por meio da Portaria CAPES nº 47, 17 de outubro de 1995. Essa portaria estabelece o mestrado profissional³⁸ como uma modalidade de pós-graduação *stricto sensu*, determinando “a implantação na CAPES de procedimentos

37 Pode-se destacar o Mestrado Profissional em Administração da Fundação Getúlio Vargas (FGV), que iniciou suas atividades em 1993 tomando como modelo formativo o estadunidense *Master Business in Administration* (MBA), que divergia dos padrões acadêmicos pela proximidade com a prática profissional (FGV, 2023).

38 As nomenclaturas “mestrados dirigidos à formação profissional” e “mestrados profissionalizantes” (CAPES, 2005a, 2005b), utilizadas à época, cederam lugar ao termo “mestrados profissionais” em meados da década de 2000. Por conta disso, privilegiamos este último em todo o nosso texto.

apropriados à recomendação, acompanhamento e avaliação de cursos de mestrado dirigidos à formação profissional” (CAPES, 1995, p. 147). O documento indica os condicionantes e requisitos mínimos para a criação dos cursos no país, como:

- a. a necessidade de uma estrutura curricular clara e consistente, direcionada à ênfase particular de uma área de formação;
- b. o alinhamento entre atividades de ensino e de aplicação de pesquisas;
- c. um trabalho final apresentado pelo estudante, podendo assumir a forma de “dissertação, projeto, análise de casos, performance, produção artística, desenvolvimento de instrumentos, equipamentos e protótipos” (CAPES, 1995, p. 147);
- d. o estabelecimento de um corpo docente e de orientadores com formação em nível de doutorado ou, em menor quantidade, com formação profissional reconhecida; e
- e. a oferta em uma instituição com condições favoráveis para proporcionar de forma consistente o estudo em nível de pós-graduação em um tempo mínimo de um ano para a titulação e com a pretensão ao autofinanciamento dos mestrandos(as).

Importante destacar que não se pode dissociar a proposição dessa modalidade de pós-graduação das reformas educacionais dos anos 1990, que culminaram na proposição da Lei de Diretrizes e Bases (Brasil, 1996) e enfatizavam a formação voltada para os interesses do mercado de trabalho. Isso não anula a experiência e o impacto dos mestrados profissionais, mas convida a um estado de vigilância em relação aos compromissos assumidos em cada contexto formativo.

Através da Portaria CAPES nº 80, de 16 de dezembro de 1998, o Ministério da Educação assumiu a responsabilidade pela oferta e regulação dos cursos de mestrado profissional no país (CAPES, 1998). Em consequência, essa modalidade de pós-graduação teve

seu reconhecimento formal no contexto do Sistema Nacional de Pós-graduação, sob justificativa do aprofundamento de conhecimentos e técnicas de pesquisa científica, tecnológica ou artística na formação de profissionais pós-graduados. A demanda por qualificação profissional em nível de pós-graduação e por uma resposta ao distanciamento entre a prática profissional e a pesquisa científica assumem papel central na criação dessa modalidade formativa (p. ex., Chisté, 2016; Grassi *et al.*, 2016; Hentges; Moraes; Batalha, 2019). Em vista da formação pretendida, foram retomados os pontos centrais elencados na Portaria CAPES nº 47/1995.

Os primeiros cursos na modalidade profissional, ligados às ciências aplicadas, como Administração e Negócios, foram aprovados em 1997, sobretudo como uma oficialização do direcionamento profissional adotado por alguns programas de pós-graduação. Em 1999, havia 34 propostas de cursos avaliadas e aprovadas pela CAPES (CAPES, 2002). Não houve, entretanto, adesão imediata à modalidade em todas as áreas de pesquisa. Questionamentos e críticas foram levantados sobretudo por pesquisadores(as) da área de Educação, por meio do Fórum Nacional de Coordenadores de Programa de Pós-graduação em Educação (FORPRED) e da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação (ANPED)³⁹. Entretanto, nas áreas receptivas ao mestrado profissional, as experiências concretas dos programas de pós-graduação foram acompanhadas por um processo de criação de critérios de qualidade para a avaliação dos cursos. Entre eles, destaca-se o documento discutido e aprovado pelo Conselho Técnico-Científico em 19 de novembro de 1999, intitulado “Pressupostos para avaliação de projetos de mestrado profissionalizante”, publicado com atualizações pela *Revista Brasileira de Educação* em 2005 (CAPES, 2005a). Como indicam Barros, Valentim e Melo (2005), os parâmetros gerais foram propostos de modo

39

Uma discussão sobre os debates que marcaram a criação dos Mestrados Profissionais em Educação é tecida por Fialho e Hetkowski (2017).

que os representantes pudessem aprofundá-los de acordo com as necessidades e especificidades de cada área de pesquisa.

Esse novo cenário permitiu a emergência dos cursos de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC)⁴⁰, constituídos a partir das propostas da emergente Área de Avaliação 46 – Ensino de Ciências e Matemática da CAPES, posteriormente transformada em Ensino. Esses cursos instituíram a modalidade profissional voltada para a formação de professores(as) da Educação Básica que lecionam disciplinas de Ciências da Natureza, incluindo a Física. Parte dos objetivos, práticas pedagógicas, estruturas organizacionais e curriculares que guiam as iniciativas formativas do MNPEF têm sua origem nos MPEC. Isso justifica incluir, neste retrato histórico, a trajetória histórica de tais cursos.

AS EXPERIÊNCIAS DOS MESTRADOS PROFISSIONAIS EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A área de pesquisa em Educação em Ciências no Brasil se reconheceu e legitimou progressivamente enquanto um campo autônomo de produção de conhecimento científico no Brasil a partir da segunda metade do século XX. Nesse período, foi criada uma malha de grupos de pesquisa na área, além de periódicos científicos e eventos nacionais voltados à socialização de resultados de investigações sobre problemas educacionais considerados relevantes na

40

Há uma multiplicidade de nomenclaturas dos cursos de mestrado na modalidade profissional ligados à Educação em Ciências, tais como: Mestrado Profissional em Ensino de Física, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Mestrado Profissional em Ensino de Química, etc. Em nosso trabalho, utilizamos a expressão Mestrados Profissionais em Ensino de Ciências de forma a abranger seu conjunto da melhor maneira possível.

comunidade e à adoção de referenciais teóricos, epistemológicos e metodológicos para sua compreensão.

Também se mostrou relevante para a criação e o fortalecimento da autonomia e identidade de área de pesquisa o surgimento de programas de pós-graduação com ênfase na temática multidisciplinar de Educação em Ciências. Entre os eventos que marcaram a história da pesquisa em Educação em Ciências no Brasil está a criação da Área de Avaliação 46 – Ensino de Ciências e Matemática na estrutura organizacional da CAPES, em setembro de 2000 (Moreira, 2002; Nardi; Almeida, 2007; Ramos; Silva, 2014).

A Área 46 foi resultado de discussões entre pesquisadores e a CAPES na busca por maior autonomia em relação às áreas de pesquisa em Educação e em disciplinas específicas das Ciências da Natureza (Moreira, 2002; Nardi; Almeida, 2007; Ramos; Silva, 2014). A criação da área de pesquisa na estrutura administrativa da CAPES foi acompanhada por uma adesão à modalidade profissional da pós-graduação *stricto sensu*. Em 2002, deu-se a implementação dos primeiros cursos de MPEC: o Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e o Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). De acordo com o então coordenador de área, o Prof. Dr. Marco Antonio Moreira, a modalidade surgiu como resposta à necessidade percebida de “preparação profissional na área docente focalizando o ensino, a aprendizagem, o currículo, a avaliação e o sistema escolar” (Moreira, 2004, p. 133-134) e de proporcionar condições para que docentes atuassem em posições de liderança e coordenação nas instituições escolares, especialmente no “desenvolvimento e implementação curricular, coordenação e orientação” (Moreira, 2004, p. 132).

Moreira (2002) também aponta que a criação de padrões de qualidade próprios aos MPEC, distintos dos aplicados à modalidade acadêmica, foi uma das prioridades nas discussões. Essa posição estava em consonância com as orientações do Conselho Superior da CAPES, conforme expresso no documento intitulado "CAPES: a necessidade de desenvolvimento da pós-graduação profissional e o ajustamento do sistema de avaliação às características desse segmento", aprovado em 2001 e constante no *Boletim Informativo INFOCAPES* de janeiro a março de 2002 (CAPES, 2002). Os critérios propostos a partir de discussões na Área 46 aprofundam aqueles propostos na legislação à época (CAPES, 2005b; CAPES, 1998) e nos documentos orientadores (CAPES, 2005a, 2002), sendo estabelecidos como (Moreira, 2004):

- *estrutura curricular* composta por: 1) formação disciplinar específica (de 30% a 50% do currículo), em que sejam enfatizados conceitos e o processo de contextualização e transposição didática; 2) formação didático-pedagógica, partindo de fundamentos teóricos e epistemológicos para fundamentar visões contemporâneas da Educação e das Ciências, além do uso de novas tecnologias; 3) prática docente supervisionada; e 4) elaboração de um trabalho de conclusão do mestrado profissional. A duração do curso é prevista para dois anos, com extensão de prazo máxima de um ano;
- *atividades de pesquisa próprias de programas de pós-graduação* que caracterizem a existência comprovada de pesquisa e/ou desenvolvimento em ensino em linhas de pesquisa claras e coerentes com a área de avaliação e a finalidade dos MPEC;
- *trabalho de conclusão de curso* em que se descrevam o desenvolvimento de Produtos e/ou Processos Educacionais (PPE) e sua aplicação em condições reais de ensino, os quais devem ser construídos para que possam ser utilizados por outros profissionais, contando com banca

examinadora com participação de membro(s) externo(s) ao programa de pós-graduação;

- *corpo discente* composto por docentes das disciplinas de Ciências da Natureza atuantes em sala de aula. Privilegia-se que os(as) mestrandos(as) permaneçam trabalhando em suas escolas durante todo o período de formação;
- *corpo docente* composto por doutores em Ensino na área específica, com produção relevante em Educação em Ciências. A área de pesquisa também aceitou o processo de orientação por doutores em áreas afins, ligadas às disciplinas específicas que compõem as Ciências da Natureza. Foi determinado que os núcleos docentes dos programas, compostos por seus membros permanentes, fossem formados por, ao menos, 40% a 50% de doutores;
- *estrutura física e administrativa* adequada para conduzir formação em nível de pós-graduação, como bibliotecas, acesso à Internet, salas de aula e de reunião, secretaria, etc.

Esses critérios tornaram próprias para a Área 46 as orientações gerais da CAPES (2005a, 2005b) e serviram de base para a continuidade da prática desenvolvida nos MPEC, bem como para a Avaliação Trienal do período 2001-2003, da qual partiram as avaliações subsequentes.

Uma análise da experiência de formação proporcionada nos cursos à época e do seu impacto nas instituições escolares escapa ao objetivo deste capítulo. Entretanto, é possível apontar que, ao longo de uma década do reconhecimento da modalidade profissional da pós-graduação *stricto sensu*, os MPEC se expandiram consideravelmente. O Relatório de Avaliação Trienal referente ao período 2007-2009 (CAPES, 2010) indicava a presença de 30 cursos de mestrado profissional na área de Ensino de Ciências e Matemática,

que superava os 29 cursos em modalidade acadêmica identificados na mesma avaliação.

Além disso, até o final da avaliação, havia ao menos 702 titulados nos programas de pós-graduação da área, com dissertações aprovadas por bancas examinadoras (CAPES, 2010). Em parte, o crescimento observado responde ao incentivo institucional da CAPES para a modalidade, a exemplo da promoção do seminário “Para além da academia: a pós-graduação contribuindo para a sociedade”, ocorrido no primeiro semestre de 2005 (Ribeiro, 2005). Pode-se, também, atribuir seu crescimento a uma aceitação da modalidade por parte da Educação Básica, em que os cursos de MPEC mostraram-se como opção viável de continuidade da formação profissional.

Ao longo da década de 2000, pesquisadores(as) de Ensino de Ciências e Matemática foram capazes de se organizar e crescer significativamente enquanto área de pesquisa. Em paralelo, outros programas voltados ao Ensino de Ciências Humanas e Sociais e de Ciências da Saúde também puderam constituir identidades próprias em relação às áreas de conhecimento nas quais então se enquadravam. Em 2011, a CAPES reformulou a Área 46 sob a temática de Ensino, componente da Grande Área Multidisciplinar, que passaria a englobar não apenas o Ensino de Ciências e Matemática, mas também os emergentes programas de pós-graduação ligados à Saúde e às Humanidades (CAPES, 2011). A nova área, tendo como núcleo os programas constituídos à época, seria responsável por avaliar propostas para a criação de programas de pós-graduação voltados ao Ensino em áreas diversas. Seguir a trajetória recente dos MPEC na transição para a área de Ensino, porém, está fora dos limites de nossa investigação.

Para além do panorama na área de Ensino, a primeira década da modalidade *stricto sensu* profissional foi marcada por significativas transformações no Sistema Nacional de Pós-graduação. Destaca-se a reestruturação das competências da CAPES, a aprovação da Lei

nº 11.502, de 11 de julho de 2007, que passa a induzir e fomentar ações de modo que, “na formação continuada de profissionais do magistério, utilizar-se-ão, especialmente, recursos e tecnologias de educação a distância” (Brasil, 2007, art. 2º). A agência, cuja competência dizia respeito apenas ao Ensino Superior, passava a ter papel preponderante na Educação Básica — o que a levou a incentivar a modalidade profissional.

A instituição da Política Nacional de Formação de Profissionais do Magistério da Educação Básica, através do Decreto nº 6.755, de 29 de janeiro de 2009 (Brasil, 2009), detalhou a atuação da CAPES em relação à formação docente e de profissionais da Educação. Além disso, a agência permaneceu atuando enquanto fundação visando subsidiar “o Ministério da Educação na formulação de políticas para pós-graduação, coordenar e avaliar os cursos desse nível” (Brasil, 2007, art. 2º).

Por meio da Portaria Normativa nº 17, de 28 de dezembro de 2009 (Brasil, 2009), a CAPES intensificou a regulação para criação, oferta e avaliação dos mestrados profissionais em todas as áreas de atuação. Ao elencar objetivos da modalidade profissional no Sistema Nacional de Pós-graduação, a portaria indica dois pontos interligados: a qualificação profissional e o estabelecimento de relações entre pesquisa e prática profissional.

A CAPES regulamentou pontos relevantes na experiência dos mestrados profissionais: a) a equivalência entre os títulos de mestre proporcionados por cursos nas modalidades acadêmica e profissional reconhecidos e avaliados pela CAPES e credenciados junto ao Conselho Nacional de Educação em toda a extensão do território brasileiro; b) a possibilidade de bolsas de estudo para áreas prioritizadas, como o Ensino; e c) a centralização do processo de submissão de propostas de cursos de mestrado profissional através de chamadas públicas. Nesse sentido, após dez anos de existência,

os mestrados profissionais consolidam-se diante da pós-graduação nacional e nas políticas formativas da CAPES.

Diante das demandas por formação continuada de professores e da atribuição à CAPES de ofertar, promover e avaliar cursos com tal objetivo, a agência investiu em um modelo específico: ofertados de forma distribuída em escala nacional, mestrados estabelecidos em redes de colaboração institucional foram a escolha privilegiada para responder à crescente demanda colocada sobre a formação continuada em nível de pós-graduação. É nesse contexto que se possibilita a criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física para formação em nível de pós-graduação de docentes de Física atuantes na Educação Básica.

AS NUANCES DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

A colaboração entre instituições e pesquisadores está na base da pesquisa científica, especialmente diante da complexificação das práticas sociais nos dias atuais. No contexto específico da pós-graduação brasileira, universidades e faculdades mantêm contato próximo, fundamental para o avanço da pesquisa científica no país. No início da década de 2010, a colaboração entre universidades se intensificou também em relação à oferta de cursos de pós-graduação *stricto sensu*, através da criação de programas de forma associativa. Programas de pós-graduação associativos ofertam cursos de mestrado ou doutorado de modo articulado por duas ou mais instituições de Ensino Superior públicas ou privadas (CAPES, 2017).

A primeira experiência desse modelo foi a Rede Nordeste de Biotecnologia (Renorbio), criada em 2004 e destinada a integrar diferentes programas de pós-graduação e estabelecer relações

acadêmico-empresariais em torno da pesquisa em biotecnologia. No contexto educacional, o Programa de Pós-graduação em Matemática em Rede Nacional (ProfMat) foi constituído como a primeira rede de oferta de cursos de mestrado profissional em escala nacional, a partir da iniciativa da Sociedade Brasileira de Matemática. Iniciando suas atividades em 2011, o ProfMat foi o primeiro dentre os Programas de Mestrado Profissional para Qualificação de Professores da Rede Pública de Educação Básica (Proeb)⁴¹. Tal programa abriu precedente para uma forma de organização que também seria apropriada na FCP de Física, levando à criação do MNPEF.

O MNPEF, instituído e coordenado pela Sociedade Brasileira de Física, começou a ser idealizado pela instituição em 13 de outubro de 2011, durante discussões na reunião do Conselho da SBF (2011). A ata da reunião registra os breves questionamentos levantados a partir da experiência do ProfMat, especialmente se um projeto similar não seria possível no contexto da formação de docentes de Física do Ensino Médio:

O Presidente comenta que faltam somente alguns minutos para o intervalo do almoço e fala sobre o PROFIMAT (sic) (mestrado profissionalizante para capacitação de docentes do ensino médio), que é um programa coordenado pelo IMPA. Alguns Conselheiros perguntam se há espaço para um PROFIS. O Prof. Alberto Saa faz alguns comentários sobre o PROFIMAT (sic). São indicados para a Comissão de Estudo da Viabilidade deste programa os professores Alberto Saa, Sylvania Nascimento, Rita Almeida e Luiz Carlos Crispino (SBF, 2011, p. 4).

O primeiro encaminhamento da SBF foi a indicação de membros do Conselho para a avaliação da viabilidade do modelo

41 Além do MNPEF e do ProfMat, são parte do Proeb: Mestrado Profissional em Letras – Rede Nacional (ProfLetras); Mestrado Profissional em Artes (Prof-Artes); Mestrado Profissional em Ensino de História – Nacional (ProfHistória); Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (ProfBio); Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (ProfQui); Mestrado Profissional em Filosofia (Prof-Filo); Mestrado Profissional em Sociologia em Rede Nacional (ProfSocio); Mestrado Profissional em Educação Física em Rede Nacional (ProEF); Mestrado Profissional em Educação Inclusiva (ProfEI); e Mestrado Profissional em Ensino de Geografia em Rede Nacional (ProfGeo).

em rede no Ensino de Física. O comitê *pro tempore* passou a ser integrado também por Marco Antonio Moreira, que à época havia deixado a posição de coordenador da Área 46. O comitê defendeu uma proposta preliminar de curso na reunião do Conselho seguinte, em 20 de março de 2012 (SBF, 2012a), quando foi tornado responsável oficial pela elaboração de um projeto para submissão à CAPES através do Aplicativo para Propostas de Cursos Novos e pela implementação da proposta.

Durante o ano de 2012, a estrutura do programa de pós-graduação foi organizada pela iniciativa do comitê, especialmente pela elaboração de uma primeira versão do regimento geral do MNPEF⁴². À época, Marco Antonio Moreira assumiu a posição de coordenador da implementação do projeto (SBF, 2012b), em decorrência de sua posição proeminente na pesquisa em Ensino de Física e na implementação dos mestrados profissionais em Ensino de Ciências na década de 2000. O comitê organizador estabeleceu, no segundo semestre do ano, edital para a seleção dos polos que comporiam o MNPEF (SBF, 2012b). O MNPEF iniciou suas atividades como programa em rede de escala nacional em 2013, por conta da iniciativa da diretoria da SBF e em colaboração com a CAPES. A aprovação do curso foi anunciada na reunião do Conselho da SBF em março daquele ano (SBF, 2013), e ele foi classificado na Área de Avaliação 03 – Astronomia/Física.

O desenvolvimento da proposta não foi isento de controvérsias, das quais a mais significativa se deu na apresentação pública do MNPEF, realizada durante o XIV Encontro de Pesquisa de Ensino de Física (EPEF), ocorrido entre 5 e 9 de novembro de 2012 na cidade de Maresias, São Paulo. Pesquisadores(as) em Ensino de Física e professores(as) de Física mostraram-se insatisfeitos(as) diante da ausência de sua participação na criação do MNPEF, posicionando-se

42

Embora seja difícil precisar o número de versões disponíveis do regimento geral do MNPEF, são registradas ao menos quatro versões, datadas de 2013, 2015, 2020 e 2023. Em nosso texto, priorizamos a citação do documento mais recente, de modo a caracterizar o estado administrativo atual do MNPEF.

publicamente pela elaboração e leitura de uma carta de manifestação durante a Assembleia do evento (SBF, 2012c).

Foram apontados problemas como: (1) a pouca contribuição de representantes da área de pesquisa na elaboração da proposta e a consideração de haver uma extrapolação dos limites de contribuição da SBF ao assumir centralidade na oferta de uma política de formação docente em nível nacional sem fomentar maior diálogo com seus membros; (2) as limitações no diagnóstico dos problemas educacionais nacionais e a desconsideração do conhecimento produzido no campo da pesquisa em Ensino de Física e em Formação Docente; e (3) a proposição de um modelo único e centralizado de formação e os potenciais riscos aos cursos de mestrados profissionais já existentes. Rebeque, Ostermann e Viseu (2018) relatam que, apesar de toda a mobilização, a carta de manifestação não chegou a impactar a proposta.

O MNPEF destina-se, ainda hoje, exclusivamente à formação de docentes de Física efetivamente atuantes na Educação Básica, sobretudo em escolas públicas, sendo graduados em cursos de Licenciatura ou Bacharelado em Física ou áreas afins (SBF, 2023a). Visa à melhoria da qualificação profissional através do desenvolvimento de técnicas e produtos de aprendizagem de Física, do aprofundamento dos conteúdos próprios de Física da Educação Básica e da transformação da prática docente em sala de aula pela melhoria das metodologias didáticas (SBF, 2023a). Mais recentemente, o regimento geral do programa assume como objetivos do MNPEF:

I – capacitar professores em práticas avançadas, inovadoras e transformadoras dos processos de ensino e aprendizagem de Física na Educação Básica;

II – promover a transposição dos conhecimentos oriundos das pesquisas científicas em ações efetivas na sala de aula, por meio de pesquisas translacionais, de forma a atender às demandas e especificidades do ensino de Física na Educação Básica;

III – contribuir para a produção de conhecimentos que sirvam para impulsionar a inovação dos processos de ensino e aprendizagem da Física na Educação Básica;

IV – produzir produtos educacionais que possam contribuir para melhoria da qualidade do ensino de Física na Educação Básica, respeitando especificidades locais e regionais para superar problemas identificados pelos professores na própria prática educativa (SBF, 2023a, art. 3º).

Importante destacar que esses objetivos não encerram em si um significado definitivo para a experiência concreta do MNPEF. Tratam-se de posições assumidas no documento legal que rege o programa, mas são traduzidos para cada contexto particular e causam impactos diversos nas realidades educacionais.

A estrutura organizacional do MNPEF alicerça-se na relação estabelecida entre os polos regionais e o núcleo articulador central do programa de pós-graduação. Os polos regionais localizam-se em instituições de Ensino Superior públicas, que fornecem a estrutura física, curricular e administrativa necessária para o funcionamento do programa (SBF, 2023a). Desde o início das atividades, o MNPEF privilegia polos regionais vinculados a institutos, centros ou departamentos voltados à pesquisa em Física ou a áreas afins. De acordo com o regimento geral, a coordenação distribuída em nível nacional é exercida por:

- *Comissão de Pós-graduação Nacional*, composta por onze membros, entre eles um(a) coordenador(a) e um(a) vice-coordenador(a). A comissão acompanha e oferece apoio aos polos regionais para o desenvolvimento de suas atividades, bem como atua em atividades administrativas do MNPEF. Entre as responsabilidades administrativas da comissão estão (i) a avaliação de propostas e o credenciamento de novos polos regionais; (ii) a aprovação de conteúdo de disciplinas; (iii) a coordenação das seleções de novos(as) mestrandos(as) e a avaliação de suas demandas; (iv) a

autorização de defesas e a aprovação de bancas examinadoras das dissertações; (v) a deliberação sobre o uso de recursos financeiros pelos polos; e (vi) a realização da avaliação anual das atividades do programa;

- *Conselho do MNPEF*, também composto por onze membros, que atua como instância máxima de decisão sobre qualquer matéria acerca da rede. É responsável pela elaboração e alteração do regimento geral do MNPEF, por estabelecer as diretrizes gerais para o funcionamento do programa e pela indicação do(a) Coordenador(a) Nacional e de parte dos membros da Comissão de Pós-graduação Nacional. Além disso, o Conselho pode ser convidado pelas outras instâncias a se manifestar sobre qualquer assunto em relação ao MNPEF;
- *coordenações de cada polo regional*, formadas por um(a) coordenador(a) e um(a) coordenador(a) adjunto(a), as quais atuam no estabelecimento do contato com a coordenação nacional e das condições para o funcionamento das atividades cotidianas do polo regional e da avaliação periódica dessas. É de responsabilidade da coordenação do polo constituir o colegiado de docentes permanentes do polo, garantir a oferta das disciplinas obrigatórias e do número mínimo de créditos curriculares necessários à conclusão do curso no período de dois anos e acompanhar o cumprimento dos requisitos e prazos próprios do regime didático por parte dos(as) mestrandos(as).

Atualmente, todos os membros que atuam em posições administrativas precisam ser membros sócios da SBF, sem qualquer pendência para com a instituição (SBF, 2023a). Desse modo, a estrutura organizacional do MNPEF encontra-se em uma distribuição espacial de polos regionais, articulados através de um núcleo nacional central ligado à SBF como entidade coordenadora.

Como mostram Rebeque, Ostermann e Viseu (2018), a qualidade dessa rede institucional e do currículo proposto não é dada simplesmente pela estrutura formalizada em si, mas é constantemente dosada pelas ações dos diferentes sujeitos que a compõem. A trajetória do MNPEF é também marcada por tensionamentos entre a regulação dos polos regionais sobre suas próprias atividades e a regulação de instâncias coordenadoras, sobretudo através de diretrizes gerais. O desenvolvimento de ações efetivas não se dá apenas pelo seguimento das determinações do regimento geral da instituição, mas também na conciliação dos interesses das diferentes instâncias.

Uma dimensão importante nessa relação entre polos regionais e coordenação nacional é o currículo ofertado pelo MNPEF. O curso exige a integralização de um mínimo de 32 créditos, em que cada crédito equivale a 15 horas-aula, sendo 24 créditos referentes a disciplinas obrigatórias e de atividade didática supervisionada e 8 créditos referentes a disciplinas optativas. A construção do currículo do MNPEF, desenvolvida junto à SBF, foi inspirada sobretudo na grade curricular do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física da UFRGS⁴³, que manteve atividades entre 2002 e 2015.

A proposição de disciplinas ofertadas em cada polo regional é avaliada e aprovada pela Comissão de Pós-graduação Nacional, tanto em termos de ementa quanto em carga horária (SBF, 2023a). O currículo centra-se no conteúdo disciplinar avançado de Física, em que se espera que os(as) mestrandos(as) tenham profundo contato com conteúdos de Física compatíveis com seu nível formativo, especialmente nas áreas de Termodinâmica, Mecânica Estatística, Eletromagnetismo, Mecânica Quântica e Física Contemporânea.

43

Uma afirmação a esse respeito pode ser encontrada na primeira notícia acerca das discussões sobre a constituição do MNPEF publicada no site da SBF: "a base para a grade curricular é, inclusive, um mestrado voltado para professores que já existe, criado pelo físico Marco Antonio Moreira na UFRGS" (SBF, 2012d). Uma discussão maior sobre tal notícia se encontra no trabalho de Rebeque, Ostermann e Viseu (2018).

Disciplinas dedicadas integralmente a discutir conhecimentos específicos ao Ensino de Física são minoria no currículo.

Entretanto, como proposto no documento “Orientações sobre o Currículo” (Moreira, 2015), destinado aos(às) formadores(as) do MNPEF, há incentivos para abordagens distintas do enfoque tradicional sobre os conteúdos disciplinares, privilegiando uma perspectiva conceitual e fenomenológica e atentando-se a seu potencial de transposição para a sala de aula na atualidade, em vista do atendimento das necessidades de docentes atuantes em sala de aula⁴⁴. Além disso, Moreira (2015) realiza um contundente apelo a não restringir o ensino à reprodução dos textos clássicos utilizados na formação de pesquisadores em Física. O Quadro 1 apresenta as disciplinas que compõem a grade curricular do MNPEF (SBF, 2017).

Quadro 1 – Grade curricular do MNPEF

Caráter	Disciplinas	Carga horária
Obrigatória	Termodinâmica e Mecânica Estatística	60h
Obrigatória	Eletromagnetismo	60h
Obrigatória	Mecânica Quântica	60h
Obrigatória	Física Contemporânea (Física de Partículas, Espaço-Tempo, Física da Matéria Condensada, Biofísica, Astrofísica e/ou Física do Clima, entre outros, de acordo com a disponibilidade do polo regional)	60h
Obrigatória	Marcos no desenvolvimento da Física	30h
Obrigatória	Fundamentos Teóricos em Ensino e Aprendizagem	60h
Obrigatória	Acompanhamento da implementação do produto educacional	30h
Optativa	Experimental/Computacional: - Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental (60h) - Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental (60h)	120h

44 Até o presente momento, não há suficientes indícios para avaliar em que medida o MNPEF consegue efetivamente alcançar mudanças na forma hegemônica de ensino de Física em nível de pós-graduação. Relatos presentes na literatura indicam não haver consenso entre formadores(as) acerca da ênfase adotada no currículo e em suas práticas formativas (Silva; Villani, 2022).

Optativa	Ensino: • Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no Ensino Médio (60h) • Física no Ensino Fundamental em uma perspectiva multidisciplinar (60h)	120h
----------	--	------

Fonte: elaborado pelos autores com base em SBF (2017).

Além da integralização de créditos curriculares, também é exigido dos(as) mestrandos(as) a criação de um produto e/ou processo educacional e a escrita de uma dissertação a ele associada. Os produtos e/ou processos educacionais são uma parte do trabalho de conclusão do curso prevista na legislação sobre os mestrados profissionais, a qual foi predominantemente adotada no contexto da Área 46 desde sua criação. É elemento relevante para a experiência formativa do MNPEF a possibilidade de inovação por meio da produção de conhecimentos e de produtos e/ou processos educacionais direcionados à melhoria da qualidade do Ensino de Física⁴⁵. A proposta do MNPEF coloca a construção desse tipo de produção intelectual como resultado de investigação científica caracterizado pela expressão “pesquisa translacional” (SBF, 2023a, art. 3º).

Essa pesquisa consiste na transposição de resultados de pesquisas científicas em possíveis respostas para problemas identificados nos contextos em que ocorre o ensino de Física, especialmente na Educação Básica. Inclui a construção, implementação em situações reais de ensino e validação por meio de sua avaliação (SBF, 2023a). Como salienta Moreira (2015), os PPE visam aproximar os resultados de pesquisa em Ensino de Física do contexto específico de atuação dos(as) mestrandos(as). Espera-se que os conhecimentos originados da pesquisa sejam ativamente transformados pelos(as) mestrandos(as) durante a investigação conduzida, especialmente no processo de criação do PPE.

45 Entre os principais elementos que caracterizam as produções esperadas na modalidade profissional estão: materiais didáticos e instrucionais, mídias educacionais, cursos de formação profissional, *softwares* e ambientes virtuais de aprendizagem e produtos de comunicação e de divulgação científica (CAPES, 2019).

O trabalho de conclusão de curso encontra-se completo com a escrita de uma dissertação de mestrado, em que “estejam descritos os fundamentos teóricos empregados e os processos que culminaram neste produto e na sua aplicação em situações de ensino” (SBF, 2023a, art. 6º). A dissertação é requisito obrigatório para a obtenção do título de mestre(a) e deve ser apresentada para uma banca examinadora composta por ao menos três doutores(as), sendo um(a) externo(a) ao polo regional do(a) discente. O “Documento orientador da dissertação, do produto educacional e assuntos correlatos” (SBF, 2022), no qual estão contidas as orientações para a estrutura e a qualidade da dissertação, aponta como necessário a apresentação de:

1. aspectos introdutórios, como o problema a ser enfrentado, a motivação do(a) mestrando(a) em investigar esse problema concreto, os objetivos gerais e específicos a alcançar e as questões que orientarão a pesquisa;
2. pressupostos teórico-epistemológicos, constituindo o referencial para a compreensão do processo de ensino-aprendizagem, do tema do PPE e da Física discutida no trabalho;
3. revisão da literatura, visando ao conhecimento de trabalhos alinhados ao tema existentes na literatura, especialmente na pesquisa em Ensino de Física;
4. metodologia de ensino, com a descrição do processo de idealização e elaboração do PPE e de sua implementação em sala de aula, em coerência com seus pressupostos teórico-epistemológicos e com os resultados da revisão da literatura;
5. metodologia do trabalho de pesquisa aplicada ou translacional, descrevendo o contexto de implementação do PPE e os instrumentos de coleta de dados que fornecerão indícios sobre os impactos da implementação em sala de aula na aprendizagem dos estudantes;

6. resultados e discussões, com o aprofundamento da análise e de discussões sobre os resultados provenientes da coleta de dados; e
7. considerações finais, contando com a síntese do que foi apresentado na investigação e apontando possíveis trabalhos futuros.

A dissertação também conta com elementos pré- e pós-textuais similares aos padrões estabelecidos nas dissertações da modalidade acadêmica de pós-graduação. O produto e/ou processo educacional, por exemplo, deve ser contido como apêndice ao texto (SBF, 2022). Pretende-se que a dissertação constitua uma produção intelectual com identidade própria, sustentando-se por si na experiência de leitura, o que não afeta sua relação com o produto e/ou processo educacional correspondente.

As primeiras turmas iniciaram seus estudos no segundo semestre de 2013, então com um total de 21 polos distribuídos entre as cinco regiões do Brasil. Os processos seletivos de novos mestrandos(as) foram realizados pelos polos regionais de maneira descentralizada, de acordo com suas necessidades e capacidade de oferta de vagas. Ao longo dos anos, a demanda docente foi superior ao número de vagas oferecidas (SBF, 2023b). Atualmente, encontram-se cadastrados 61 polos regionais, distribuídos por todos os estados brasileiros⁴⁶.

46

Um mapa interativo dos polos regionais cadastrados até 2022 pode ser encontrado em: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1nVS8F0SeIBASCaK_NIOD48YNsEQfIJM&usp=sharing. Acesso em: 5 jul. 2024.

INCONCLUSÃO

A narrativa aqui apresentada propõe uma compreensão da criação do MNPEF e de sua estrutura, não sendo uma história única nem definitiva. Também não se encerra em si. Em agosto de 2025, o programa completará doze anos de existência e segue sendo uma opção para muitos professores(as) que, por diferentes motivos, buscam realizar uma pós-graduação. O MNPEF tem, nesse período, ganhado espaço e mobilizado uma grande quantidade de atores interessados no Ensino de Física. De acordo com o Relatório de Gestão da SBF referente ao ano de 2022, o MNPEF contava com a participação de 835 docentes-formadores(as) credenciados e 1632 mestrandos(as) ativamente matriculados no curso (SBF, 2023b). O programa também titulou, até o final de 2022, 2341 professores(as) de Física, mediante a apresentação de dissertações e produtos e/ou processos educacionais correlatos (SBF, 2023b).

O impacto da iniciativa, porém, ainda é questão de investigação não apenas para o próprio MNPEF, mas para a área de pesquisa em Ensino de Física. Pesquisadores(as) já têm demonstrado interesse em compreender e avaliar aspectos do MNPEF, especialmente sua organização interna e relação com as políticas de formação docente, a pesquisa e produção acadêmica desenvolvida e seus efeitos em relação à formação docente e o desenvolvimento científico do país (Rebeque; Ostermann; Viseu, 2018, 2020, 2021; Antunes Jr.; Ostermann; Cavalcanti, 2019; Ferreira *et al.*, 2021; Nesi; Batista; Deimling, 2022; Pereira; Erthal, 2022; Rocha; Carvalho; Gomes, 2022; Silva; Villani, 2022). O olhar histórico que apresentamos contribui para a compreensão de como o passado está presente no MNPEF e, com isso, pode auxiliar na interpretação de avaliações já realizadas e amparar novas investigações sobre o programa. A narrativa apresentada é, também, um convite para que novas histórias sejam contadas.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à CAPES pela bolsa de doutorado concedida. O segundo autor agradece ao CNPq pela bolsa Produtividade.

REFERÊNCIAS

ANTUNES JR., E.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. A subvalorização da formação continuada de professores: dos orientadores à articulação do referencial teórico no contexto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 267-291, 2019.

BARROS, E. C.; VALENTIM, M. C.; MELO, M. A. A. O debate sobre o mestrado profissional na Capes: trajetória e definições. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, v. 2, n. 4, p. 124-138, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 6.755, de 29 de janeiro de 2009**. Institui a Política Nacional de Formação de Profissionais do Magistério da Educação Básica, disciplina a atuação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES no fomento a programas de formação inicial e continuada, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2009.

BRASIL. **Decreto nº 76.056, de 30 de julho de 1975**. Aprova o Plano Nacional de Pós-graduação. Brasília, DF: Presidência da República, 1975.

BRASIL. **Lei nº 11.502, de 11 de julho de 2007**. Modifica as competências e a estrutura organizacional da fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Brasília, DF: Presidência da República, 2007.

BRASIL. **Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961**. Fixa as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1961.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996.

CHISTÉ, P. S. Pesquisa-ação em mestrados profissionais: análise de pesquisas de um programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e de Matemática. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 22, n. 3, p. 789-808, 2016.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portaria nº 80, de 16 de dezembro de 1998**. Dispõe sobre o reconhecimento dos mestrados profissionais e dá outras providências. Brasília, DF: CAPES, 1998.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Parâmetros para avaliação de mestrado profissional. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, v. 2, n. 4, p. 156-161, 2005a. Original publicado em 1999.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. Programa de Flexibilização do Modelo de Pós-graduação Senso Estrito em Nível de Mestrado. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, v. 2, n. 4, p. 145-146, 2005b. Original publicado em 1995.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **CAPES**: a necessidade de desenvolvimento da pós-graduação profissional e o ajustamento do Sistema de Avaliação às características desse segmento. Brasil: INFOCAPES, 2002.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Documento de Área**: Área 46, Ensino. Brasil: CAPES, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ensino1.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portaria nº 214, de 27 de outubro de 2017**. Brasil: CAPES, 2017.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portaria nº 83, de 6 de junho de 2011**. Cria 4 áreas de avaliação: Biodiversidade, Ciências Ambientais, Ensino e Nutrição. Brasil: CAPES, 2011.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Relatório de Avaliação 2007-2009 Trienal 2010**. Brasil: CAPES, 2010.

FERREIRA, M.; SACERDOTE, H.; STUDART, N.; SILVA FILHO, O. L. Análise de temas, teorias e métodos em dissertações e produtos educacionais no MNPEF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210322, 2021.

FIALHO, N. H.; HETKOWSKI, T. M. Mestrados Profissionais em Educação: novas perspectivas da pós-graduação no cenário brasileiro. **Educar em Revista**, v. 63, p. 19-34, 2017.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **MPA FGV EAESP, primeiro programa de mestrado profissional do Brasil, completa 30 anos.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://t.ly/3VeZq>. Acesso em: 5 jul. 2024.

GRASSI, M. H. *et al.* Docência em mestrado profissional: registros de percepções e práticas em (re)construção. **Revista Brasileira de Educação**, v. 21, n. 66, p. 681-698, 2016.

HENTGES, A.; MORAES, M. L. B.; BATALHA, E. R. C. A formação continuada e os mestrados profissionais na área do ensino: a pertinência dos produtos educacionais. **EDUCA: Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 6, n. 14, p. 23-36, 2019.

LÜDKE, M. Influências cruzadas na constituição e na expansão do sistema de pós-graduação stricto sensu em educação no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 30, p. 117-181, 2005.

MARTINS, C. B. As origens da pós-graduação nacional (1960-1980). **Revista Brasileira de Sociologia**, v. 6, n. 13, p. 9-26, 2018.

MOREIRA, M. A. A área de Ensino de Ciências na CAPES: panorama 2001/2002 e critérios de qualidade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 36-59, 2002.

MOREIRA, M. A. O mestrado (profissional) em ensino. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, v. 1, n. 1, p. 135-142, 2004.

MOREIRA, M. A. Orientações sobre o Currículo. Brasil: SBF, 2015. Disponível em: <http://www.fisica.org.br/mnpef/orientacoes-sobre-o-curriculo>. Acesso em: 5 jul. 2024.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Investigação em Ensino de Ciências no Brasil segundo pesquisadores da área: alguns fatores que lhe deram origem. **Pro-Posições**, v. 18, n. 1, p. 213-226, 2007.

NESI, E. R.; BATISTA, M. C.; DEIMLING, N. N. M. O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: contribuições e limitações na perspectiva dos egressos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 3, p. 1-25, 2022.

NEVES, A. B. **CAPES: metas da atual gestão.** Brasil: INFOCAPES, 1995.

PEREIRA, Z. D. A.; ERTHAL, J. P. C. Temas e referenciais presentes nas dissertações do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 3, 2022.

RAMOS, C. R.; SILVA, J. A. A emergência da área de Ensino de Ciências e Matemática da CAPES enquanto comunidade científica: um estudo documental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 2, p. 363-380, 2014.

REBEQUE, P. V.; OSTERMANN, F.; VISEU, S. A nova gestão pública no contexto da formação continuada de professores: o caso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 26, p. e20022, 2020.

REBEQUE, P. V.; OSTERMANN, F.; VISEU, S. O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: investigando os modos de regulação em um polo regional do Programa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 399-428, 2018.

REBEQUE, P. V.; OSTERMANN, F.; VISEU, S. Uma análise sobre a produção acadêmica da primeira turma do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 11, n. 1, p. 6-19, 2021.

RIBEIRO, R. J. O mestrado profissional na política atual da Capes. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, v. 2, n. 4, p. 8-15, 2005.

ROCHA, A. S.; CARVALHO, S. M.; GOMES, É. C. O impacto do MNPEF no desenvolvimento científico do Tocantins. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20220128, 2022.

SILVA, L. F.; VILLANI, A. O MNPEF e o desenvolvimento profissional de professores de Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 3, p. 1-27, 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ata da Reunião de Conselho de 13 de outubro de 2011**. São Paulo: SBF, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ata da Reunião de Conselho de 20 de março de 2012**. São Paulo: SBF, 2012a.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ata da Reunião de Conselho de 25 de julho de 2012**. São Paulo: SBF, 2012b.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ata da Reunião de Conselho de 8 de março de 2013**. São Paulo: SBF, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Carta de manifestação**. Brasil: SBF, 2012c.
Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xiv/manifestacao.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Documento orientador da dissertação, do produto educacional e assuntos correlatos**. Brasil: SBF, 2022. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sobre-dissertacoes-e-produtos>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Grade curricular**. Brasil: SBF, 2017. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/grade-curricular>. Acesso em: 3 set. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Regimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF**. Brasil: SBF, 2023a. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/regimento-geral>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Relatório de Gestão SBF 2022 (janeiro a dezembro de 2022)**. Brasil: SBF, 2023b. Disponível em: <https://shorturl.at/2K0dH>. Acesso em: 5 jul. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **SBF propõe criação de mestrado nacional para professores**. Brasil: SBF, 2012d. Disponível em: https://web.archive.org/web/20120808165259/http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=399:sbf-propoe-criacao-de-mestrado-nacional-para-professores&catid=105:junho-2012&Itemid=270. Acesso em: 5 jul. 2024.

SUCUPIRA, N. Antecedentes e primórdios da pós-graduação. **Fórum Educacional**, v. 4, n. 4, p. 3-18, out./dez. 1980.

SUCUPIRA, N. Parecer nº 977, aprovado em 3 de dezembro de 1965. **Revista Brasileira de Educação**, v. 30, p. 162-173, 2005. Original publicado em 1965.

SOBRE OS ORGANIZADORES E A ORGANIZADORA

Cláudio J. H. Cavalcanti

Bacharel em Física pela UFRGS (1989), é Mestre em Física (1993) e Doutor em Física (2001) pela mesma universidade. Desde junho de 2006, é professor da UFRGS, em regime de dedicação exclusiva, onde vem atuando também como Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Desde junho de 2023, é Professor Titular. Tem experiência na área de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, avaliações em larga escala, métodos mistos de pesquisa, análise multivariada, grafos, teoria ator-rede, filosofia da linguagem do Círculo de Bakhtin e outros temas relevantes na Educação em Ciências.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4236401877669870>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2477-3150>

E-mail: claudio.cavalcanti@ufrgs.br

Eliane Angela Veit

Licenciada em Física, Mestra e Doutora em Física na área de Física Teórica pela UFRGS. Realizou estágio pós-doutoral em TRIUMF – University of British Columbia, Canadá. Foi professora do Departamento de Física da UFRGS de 1979 a 2024, quando se aposentou no cargo de Professora Titular. Atualmente, é professora convidada do Instituto de Física da UFRGS e atua como docente colaboradora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. É editora adjunta do periódico *Investigações em Ensino de Ciências*. Seus interesses de pesquisa se centram na modelagem didático-científica e em comunidades de prática na formação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5520034943927197>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2406-3415>

E-mail: eliane.veit@ufrgs.br

Tobias Espinosa

Licenciado em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Mestre e Doutor em Ensino de Física pela UFRGS. Realizou estágio de doutorado sanduíche na Universidade de Harvard. Atualmente, é professor do Departamento de Física da UFRGS, onde também atua como docente permanente e coordenador substituto do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física (PPGenFis). Além disso, é editor adjunto do periódico *Investigações em Ensino de Ciências*. Tem interesse em pesquisas sobre inovações didáticas, métodos ativos de ensino e evasão universitária.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3367650565511331>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-8274>

E-mail: tobias.espinosa@ufrgs.br

SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Alexander Montero Cunha

Licenciado em Física e Mestre em Educação pela Universidade Estadual de Campinas e Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo. Atualmente, é Professor Adjunto no Departamento de Física da UFRGS e Docente Permanente no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Possui interesse nas pesquisas em Educação em Ciências, principalmente relacionadas à formação de professores e ao Ensino de Ciências por Investigação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1561961743889266>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2900-4729>

E-mail: amcunha@ufrgs.br

Alexsandro Pereira de Pereira

Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, ocupa o cargo de Professor Adjunto no Departamento de Física da UFRGS e é credenciado como Docente Permanente no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem experiência na área de Educação em Ciências, com ênfase no Ensino de Física, atuando principalmente com a Abordagem Sociocultural na Educação em Ciências. Coordena o projeto de extensão Astronomia Juruá junto à Escola Estadual Indígena Nhamandu Nhemopu'á no distrito de Itapuã, Viamão/RS.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3778898443724219>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8689-3054>

E-mail: alexsandro.pereira@ufrgs.br

Amanda Bueno

Licenciada em Física pela UFRGS, atualmente, é mestranda no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da mesma instituição. Sua pesquisa é dedicada ao estudo das transfeminilidades na Educação em Ciências, explorando essa temática por meio de abordagens pós-estruturalistas e transfeministas.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7273407335284632>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-4949>

E-mail: amandabianchi93@gmail.com

Daniela Borges Pavani

Bacharel em Física, Mestra em Física e Doutora em Ciências pela UFRGS. Realizou estágios de pós-doutorado no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo e no Instituto de Física da UFRGS. Atualmente, é Professora Associada do Departamento de Astronomia do Instituto de Física e credenciada como Docente Colaboradora no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. É pesquisadora-extensionista. Principais interesses na pesquisa: diversidades culturais, étnico-raciais e de gênero na Educação em Ciências e em Astronomia.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1878688743763378>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8543-9765>

E-mail: dpavani@ifufrgs.br

Daniel Pigozzo

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Interessado em tópicos e abordagens relacionadas aos *science studies* no contexto do ciberespaço ou, mais especificamente, no contato dialógico entre antropologia digital, etnografia virtual e a pesquisa em Educação em Ciências.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2863166649249752>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-9660>

E-mail: danielpigozzo@protonmail.com

Desirée Dornelles

Licenciada em Física e Mestra em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, é doutoranda em Ensino de Física na UFRGS e pesquisa a articulação entre a Teoria Crítica e a Educação Ambiental na formação de formadores de professores. Seus principais interesses na área de pesquisa são ecologia política e teoria bakhtiniana.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3169315312301411>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0394-1357>

E-mail: desireedornelles@gmail.com

Dioni Paulo Pastorio

Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria. Realizou estágio de pós-doutoramento na Universidade Federal da Fronteira Sul. Atualmente, é Professor Adjunto no Departamento de Física e Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Principais interesses de pesquisas: tecnologias digitais de informação e comunicação, metodologias ativas e formação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7823646075456872>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6981-5783>

E-mail: dioni.pastorio@ufrgs.br

Douglas Grando de Souza

Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, é doutorando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem experiência na área de Ensino de Física e Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: formação e trabalho docente, em particular sob a perspectiva sociocultural de comunidades de prática; Sistema Nacional de Pós-graduação; e inovação em educação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9157622779813461>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3524-0875>

E-mail: douglas.grando@proton.me

Felippe Santos Percheron

Licenciado em Física (2018) e Mestre em Ensino de Física (2021), ambos pela UFRGS. Atualmente, é doutorando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS. Possui interesse em pesquisas sobre inovações didáticas, metodologias ativas de ensino e aprendizagem, recursos educacionais abertos e Teoria Antropológica do Didático.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0895196659985260>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2294-6879>

E-mail: felippe.percheron@ufrgs.br

Fernanda Ostermann

Licenciada em Física, Mestra e Doutora em Física na área de Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, ocupa o cargo de Professora Titular e é Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. É bolsista de Produtividade em Pesquisa nível 1B e membro titular do Comitê Assessor da área de Educação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Atua também como editora-chefe do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Seus interesses de pesquisa centram-se nas perspectivas críticas e pós-críticas na Educação Básica e na formação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7007713327410057>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0594-2174>

E-mail: fernanda.ostermann@ufrgs.br

Flavia Rezende

Licenciada em Física e Mestra em Educação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 1996. No período de 1997 a 2014, atuou como Professora Associada do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Saúde do Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde da UFRJ. Desde 2004, é bolsista de Produtividade do CNPq na área de Educação. Desde

2015, atua como docente colaboradora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS, investigando a Educação em Ciências a partir de quadros teóricos socioculturais e pós-estruturalistas. Desde 2012, atua como *Lead Editor* da *Cultural Studies of Science Education* e, desde 2018, como Editora Associada do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3286098272358218>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5739-7905>

E-mail: flavizrezende@uol.com.br

Igor Dalbosco Lovison

Licenciado em Física e mestrando no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Interessado na área de Educação em Ciências, com ênfase no ensino intercultural, atuando principalmente com a abordagem sociocultural. Colaborador do programa de extensão Astronomia Juruá.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0465553640875338>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0187-5840>

E-mail: igorlovison@hotmail.com

Ives Solano Araujo

Licenciado e Bacharel em Física pela Universidade Federal do Rio Grande. Mestre em Física e Doutor em Ciências na área de Ensino de Física pela UFRGS. Fez estágio pós-doutoral na Universidade de Harvard. Atualmente, é Professor Titular do Departamento de Física da UFRGS, Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Principais interesses de pesquisa: inovações didáticas, modelagem científica, Teoria Antropológica do Didático e comunidades de prática.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2203603628928870>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3729-0895>

E-mail: ives@if.ufrgs.br

Leonardo Albuquerque Heidemann

Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Ensino de Física pela UFRGS. Docente do Departamento de Física e membro permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem interesse em pesquisas sobre o ensino com enfoque no processo de modelagem científica, tecnologias de informação e comunicação no ensino de Ciências e evasão universitária. Atualmente, é coordenador da Comissão de Graduação dos cursos de Licenciatura em Física da UFRGS.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4004455597671449>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5143-6275>

E-mail: leonardo.h@ufrgs.br

Lisiane Araujo Pinheiro

Licenciada e Bacharela em Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Mestra e Doutora em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, é professora no Instituto Federal Sul-rio-grandense, *campus* Charqueadas. Sua tese, intitulada *O perfil e desafios do educador em Física na perspectiva das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2015: a formação de profissionais críticos à Educação Básica*, recebeu o Prêmio SBF de Tese 2022, na categoria Ensino de Física, e menção honrosa no Prêmio José Leite Lopes da SBF de melhor Tese de 2022.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2959850492645699>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4656-3082>

E-mail: lisianearaujopineiro@gmail.com

Marta Maximo-Pereira

Licenciada e Bacharela em Física, Mestra em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutora em Ciências na área de Ensino de Física pela Universidade de São Paulo. Recebeu menção honrosa na área de Ensino no Prêmio CAPES de Tese 2015 e o Diploma de Mérito concedido pela Fundação Carlos Chagas. Atualmente, é Professora no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, *campus* Nova Iguaçu. É representante eleita da Comissão de Área de Pesquisa em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física (2021/2-2025/1), tendo sido coordenadora no período de 2022/2 a 2023/1. Tem interesse pela pesquisa sobre o Ensino Médio Integrado na perspectiva da politécnica e pela área de Ensino de Ciências, em especial pelos seguintes temas: ensino-aprendizagem de Ciências, teoria histórico-cultural, interação discursiva, metacognição, ensino por investigação, jogos didáticos.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0695964201862343>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-8004>

E-mail: martamaximo@yahoo.com

Matheus Monteiro Nascimento

Licenciado em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Mestre e Doutor em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, é professor do Departamento de Física da UFRGS, onde também atua como Docente Permanente e Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Tem interesse em pesquisas sobre o impacto de desigualdades estruturais na Educação e na Ciência e sobre a relação entre a Ciência e outros campos sociais.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9156636264886572>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8179-5391>

E-mail: matheus.monteiro@ufrgs.br

Nathan Willig Lima

Bacharel em Física e Mestre em Engenharia de Materiais pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professor do Instituto de Física e Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. É bolsista de Produtividade do CNPq nível 2 e líder do Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Física da UFRGS. Tem interesse na pesquisa em história, filosofia e ensino de Física, além de atuar em divulgação científica nas redes sociais.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9218293771652459>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-3968>

E-mail: nathan.lima@ufrgs.br

Neusa Teresinha Massoni

Licenciada em Física, Mestra e Doutora na área de Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente do Departamento de Física e do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem interesse em pesquisas sobre os impactos do uso da história e epistemologia da Ciência na educação científica e em pesquisas da área de Ensino de Física que articulem as relações universidade–escola básica.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1724327528395938>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1145-111X>

E-mail: neusa.massoni@ufrgs.br

Rafael Andrade Bruno da Cunha

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Pernambuco e mestrando no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Atua como professor voluntário em cursinhos populares desde 2016. Possui interesse nas pesquisas sobre Natureza da Ciência e Ensino de Ciências por Investigação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8855366090251776>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4726-5019>

E-mail: rafa0906andr@gmail.com

Rodrigo Weber Pereira

Bacharel e Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Física pela UFRGS. Atualmente, é doutorando do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem experiência na área de Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem científica sob a perspectiva da Modelagem Didático-Científica (MDC+) e formação de professores de Física sob a perspectiva da Teoria Antropológica da Didática (TAD).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2206373397757342>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2931-7928>

E-mail: rodrigoweberpereira@gmail.com

William Dutra Stradolini

Licenciado em Física e Mestre em Ensino de Física pela UFRGS. Professor da rede estadual de educação do Rio Grande do Sul. Tem interesse em pesquisas sobre perspectivas curriculares, uso de metodologias ativas e Ensino de Ciências na Educação Básica e em cursos populares.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8392960593370376>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5186-383X>

E-mail: william.dutrastradolini@gmail.com

WWW.PIMENTACULTURAL.com

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume **2**

