

SEVEN

EDITORA
2026

PERSPECTIVAS CONTEMPORÂNEAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

INTERFACES ENTRE ENSINO, EPISTEMOLOGIA,
TECNOLOGIA E INTERDISCIPLINARIDADE

ELEMAR KLEBER FAVRETO
JULIANA CRISTINA SOUSA DA SILVA

REALIZAÇÃO:



APOIO:



FOMENTO:



EDITORIA CHEFE

Prof^o Me. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

ORGANIZADORES DO LIVRO

Elemar Kleber Favreto

Juliana Cristina Sousa Da Silva

2026 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2026 Os Autores

Copyright da Edição © 2026 Seven Editora

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Evellyn Thais de Souza

EDIÇÃO DE TEXTO

Stephanie Caroline Meyer de Quadros

BIBLIOTECÁRIA

Bruna Heller

IMAGENS DE CAPA

Evellyn Thais de Souza

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

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

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

CORPO EDITORIAL

EDITORIA-CHEFE

Prof. Me. Isabele de Souza Carvalho

CORPO EDITORIAL

Adriana Barni Truccolo – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Adriana Barretta Almeida – Universidade Federal do Paraná
Alessandre Gomes de Lima – Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
Anderson Nunes da Silva – Universidade Federal do Norte do Tocantins
Antonio da Costa Cardoso Neto – Universidade de Flores, Buenos Aires
Antônio Alves de Fontes Júnior – Universidade Cruzeiro do Sul
Ariane Fernandes da Conceição – Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí, CEAD
Caio Vinicius Efigenio Formiga – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Charles Henrique Andrade de Oliveira – Universidade de Pernambuco
Egas José Armando – Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Irlane Maia de Oliveira – Universidade Federal de Mato Grosso
Janyel Trevisol – Universidade Federal de Santa Maria
Jorge Fernando Silva de Menezes – Universidade de Aveiro
Jorge Luís Pereira Cavalcante – Fundação Universitária Iberoamericana
Kleber Farinazo Borges – Universidade de Brasília
Luiz Gonzaga Lapa Junior – Universidade de Brasília
Mara Lucia da Silva Ribeiro – Universidade Federal de São Paulo
Marcelo Silva de Carvalho – Universidade Federal de Alfenas
Marcos Garcia Costa Morais – Universidade Estadual da Paraíba
Maria Gorete Valus – Universidade de Campinas
Mônica Maria de Almeida Brainer – Instituto Federal de Goiás, Câmpus Ceres
Moacir Silva de Castro – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Paulo Roberto Duailibe Monteiro – Universidade Federal Fluminense
Pedro Henrique Ferreira Marçal – Universidade Vale do Rio Doce
Rafael Braga Esteves – Universidade de São Paulo
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Valéria Raquel Alcantara Barbosa – Fundação Oswaldo Cruz
Wanderson Santos de Farias – Universidade do Desenvolvimento Sustentável
Yuni Saputri M.A. – Universidade de Nalanda, Índia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

F277p Favreto, Elemar Kleber.

Perspectivas Contemporâneas em Educação em Ciências [recurso eletrônico] : Interfaces entre Ensino, Epistemologia, Tecnologia e Interdisciplinaridade / Elemar Kleber Favreto, Juliana Cristina Sousa Da Silva. – São José dos Pinhais, PR: Editora Seven, 2026.

Dados eletrônicos (1 PDF).

ISBN 978-65-6109-311-8

1. Educação. 2. Ensino. 3. Tecnologia. I. Silva, Juliana Cristina Sousa da. II. Título.

CDU 37:004

Bruna Heller - Bibliotecária - CRB10/2348

Índices para catálogo sistemático:

1 Educação 37

2 Tecnologia 004

DOI: 10.56238/livrosindi202632-001

Esta obra recebeu fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Roraima (FAPERR), através do Edital FAPERR nº003/2025 - Chamada Pública Mais Eventos, Mais Ciência. Termo de Outorga nº 026/2025. Número do empenho: 18202.0001.25.00122-4.

Seven Publications Company
CNPJ: 43.789.355/0001-14
editora@sevenevents.com.br
São José dos Pinhais/PR

ORGANIZADORES DO LIVRO



ELEMAR KLEBER FAVRETO

Bacharel, Licenciado e Mestre em Filosofia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Licenciado em Física pelo Instituto Federal do Amazonas - IFAM, Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá - UEM e professor do curso de Física da Universidade Estadual de Roraima - UERR.

E-mail: elemarfavreto@gmail.com

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6236740867535912>



JULIANA CRISTINA SOUSA DA SILVA

Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade Estadual de Roraima - UERR, Licenciada em Letras Português/Inglês e em Pedagogia pela Universidade Cesumar - UNICESUMAR, Mestre em Comunicação pela Universidade Federal de Roraima - UFRR, professora do curso de Pedagogia e Coordenadora Pedagógica do Polo Boa Vista da Faculdade Avancei.

E-mail: julianacsousasilva@gmail.com

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0744566690011490>

APRESENTAÇÃO

A presente obra constitui-se como um esforço coletivo resultante das discussões, reflexões e produções acadêmicas que emergiram no âmbito da organização e execução da *Jornada Roraimense de Ensino de Física e Astronomia (JREFA)*, evento que se propôs a consolidar um espaço privilegiado de diálogo entre pesquisadores, professores de diversos níveis de ensino, estudantes de graduação e pós-graduação, além de profissionais envolvidos com atividades de Ensino de Ciências, divulgação científica e investigação educacional. Reunindo autores convidados – entre eles, especialistas reconhecidos em suas respectivas áreas de atuação, além de estudantes de mestrado e doutorado – e acadêmicos que apresentaram trabalhos de destaque durante a Jornada, este livro materializa um conjunto de contribuições que expressam o vigor, a pluralidade e a complexidade do campo da Educação em Ciências na contemporaneidade.

A JREFA foi realizada pelo Curso de Física da Universidade Estadual de Roraima (UERR), em colaboração com o Núcleo de Pesquisa em Engenharia, Física e Astrofísica (NUPEFA) e o Laboratório de Automação, Robótica e Inteligência Artificial (LABRIA), contando com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Roraima (FAPERRR), por meio do *Programa Mais Eventos, Mais Ciência*, cuja finalidade é fomentar ações de divulgação científica e fortalecimento da pesquisa no estado. O evento reuniu estudantes, professores da educação básica e do ensino superior, além de pesquisadores provenientes de diferentes regiões de Roraima, criando um espaço plural e interdisciplinar de debate. Destacou-se, ainda, a significativa participação dos alunos do Ensino Fundamental I da Escola Municipal do Campo Joaquim Baima Nogueira (Vicinal 12 - Rorainópolis), coordenado pela prof.^a Lidiane Marques da Silva Pereirado, que apresentaram a exposição *Mistérios do Espaço: Uma Viagem pelo Sistema Solar*, reforçando o alcance social e formativo da Jornada. A participação do Clube de Astronomia de Roraima, que disponibilizou telescópios para a observação do céu noturno, garantiu aos participantes uma experiência prática essencial à vivência astronômica. Além disso, o encontro foi enriquecido pelas conferências dos professores Marcos Danhoni Neves, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), e Josie Agatha Parrilha da Silva, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), cujas contribuições acadêmicas ampliaram a densidade teórica e a relevância científica das discussões realizadas no evento.

Esta obra, portanto, organiza-se em torno dos cinco eixos temáticos do evento, que refletem agendas emergentes e questões estruturais da área: 1) Ensino de Física e Astronomia na Educação Básica; 2) Formação de Professores de Ciências; 3) Tecnologias Digitais e Metodologias Ativas; 4) Epistemologia e Filosofia da Ciência; e 5) Interdisciplinaridade e Popularização da Ciência na Amazônia. Cada eixo agrega perspectivas teóricas e experiências pedagógicas que discutem, problematizam e propõem caminhos para pensar e transformar práticas educativas em uma era marcada pela presença ubíqua da tecnologia, pela intensificação dos debates epistemológicos e pela necessidade de interconectar saberes em contextos educacionais diversos.

A seguir, apresentamos um resumo sintético dos capítulos que compõem este livro, de modo a orientar o leitor quanto à diversidade temática que estrutura a obra.

O capítulo 1 apresenta uma proposta didática que integra recursos de Inteligência Artificial ao Ensino de Física, destacando possibilidades de visualização e experimentação virtual, discutindo as contribuições das tecnologias emergentes para a visualização conceitual e o engajamento discente.

No capítulo 2, os autores defendem o uso do pluralismo epistemológico como estratégia para qualificar o Ensino de Ciências, especialmente em temas de cosmologia, além de descrever uma sequência didática construída com base na diversidade de perspectivas científicas e filosóficas sobre a evolução do Universo.

O capítulo 3 apresenta o relato de uma oficina de Biologia estruturada a partir de elementos da ciência forense, evidenciando o potencial motivador dessa abordagem, contemplando ainda a descrição metodológica da atividade, seus fundamentos teóricos e sua execução prática.

No capítulo 4, os autores discutem a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos como estratégia para o ensino de conteúdos de Biologia celular, articulando teoria e prática, apresentando também uma proposta didática centrada na problematização e na construção ativa do conhecimento.

O capítulo 5 examina atividades de modelagem matemática mediadas por tecnologias digitais, enfatizando a interatividade e a participação ativa do estudante no processo de construção de modelos, discutindo, além disso, o papel das ferramentas digitais no desenvolvimento do pensamento matemático.

No capítulo 6, através de uma reflexão filosófica, o autor analisa a crítica heideggeriana da técnica e suas implicações para compreender a ciência como forma de revelação do real, abordando a transição do domínio epistemológico ao ontológico na obra de Heidegger.

Já o capítulo 7 revisita a obra de Ernst Mayr para destacar sua visão integradora entre investigação empírica, formulação conceitual e processos educativos, explorando a relação entre biologia evolutiva, epistemologia e formação científica.

No capítulo 8, por sua vez, os autores apresentam uma proposta interdisciplinar centrada na temática da energia elétrica no Brasil, articulando aspectos físicos, ambientais e sociais, sendo que a sequência didática apresentada visa fomentar a compreensão crítica do sistema energético nacional.

Por fim, o capítulo 9 apresenta a investigação realizada no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da UERR, problematizando sua trajetória institucional e curricular à luz das exigências contemporâneas de uma formação docente interdisciplinar e contextualizada.

A obra, portanto, configura-se como uma contribuição significativa para os estudos em Educação em Ciências, oferecendo reflexões teóricas, experiências didáticas e análises epistemológicas que dialogam com desafios contemporâneos da área.

Antes de encerrarmos esta apresentação, gostaríamos de agradecer, em especial, à FAPERRR, cujo apoio financeiro foi fundamental tanto para a realização da Jornada quanto para a confecção desta obra. Sem o compromisso institucional da Fundação com o fomento à pesquisa e à divulgação científica, iniciativas como

esta não alcançariam a amplitude e a profundidade necessárias para fortalecer a produção acadêmica no estado de Roraima.

Registramos igualmente nossa gratidão à UERR, que acolheu a Jornada como instituição sede, garantindo infraestrutura, apoio institucional e condições logísticas essenciais para a realização do evento. A UERR, por meio de sua política de valorização do ensino, da pesquisa e da extensão, reafirma sua missão de contribuir para o desenvolvimento científico e educacional da região amazônica.

Nosso reconhecimento estende-se também aos professores e alunos do Curso de Física da UERR, cujo empenho, organização e compromisso foram decisivos para o êxito da Jornada. A atuação conjunta desse grupo, articulando planejamento, operacionalização e acompanhamento das atividades, expressa a força da cooperação acadêmica.

É igualmente devido o agradecimento aos pesquisadores convidados, que gentilmente aceitaram contribuir com seus textos, enriquecendo esta obra com reflexões originais e abordagens plurais.

Agradecemos a todos que participaram da Jornada, apresentando trabalhos, banners e oficinas, ou contribuindo como ouvintes nas diversas atividades formativas. aos membros do Clube de Astronomia de Roraima. Estendemos igualmente nosso reconhecimento aos membros do Clube de Astronomia de Roraima, cuja colaboração enriqueceu de maneira significativa a programação do evento. E nosso reconhecimento especial dirige-se tando aos professores Marcos e Josie, que enfrentaram horas de deslocamento do sul ao norte do Brasil, e cujas participações qualificaram significativamente o debate científico promovido pelo evento, quanto aos alunos da Escola Municipal do Campo Joaquim Baima Nogueira e a professora Lidiane, cuja apresentação da exposição enriqueceu o evento e evidenciou o potencial transformador da iniciação científica desde os primeiros anos da escolarização.

Enfim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização da JREFA e para a materialização desta obra. Que este livro possa servir como referência e inspiração para pesquisadores, professores e estudantes comprometidos com a qualificação das práticas educativas e com a construção de uma educação científica mais crítica, inovadora e integrada.

**Elemar Kleber Favreto e
Juliana Cristina Sousa da Silva**

SUMÁRIO

EIXO TEMÁTICO 1: ENSINO DE FÍSICA E ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....10

CAPÍTULO 1: ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES E FUNÇÕES PERIÓDICAS COM APOIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....11

Iara Leão Luna de Souza; Abrãao da Silva Belém Carneiro; Elemar Kleber Favreto

CAPÍTULO 2: PLURALISMO EPISTEMOLÓGICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA EVOLUÇÃO DO UNIVERSO.....26

Gabriel Luiz Nalon Macedo; Gabriel Agostini Tonelli; Lucas Forlin Pereira; Telma Augusta Diniz

EIXO TEMÁTICO 2: FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS.....49

CAPÍTULO 3: APRENDENDO BIOLOGIA POR MEIO DA CIÊNCIA FORENSE: RELATO DE UMA OFICINA PEDAGÓGICA.....50

Thaís Mendes Rocha; Amanda Caroline Covre; Tatiane Ferreira Borges; Thalia Mendes Rocha

CAPÍTULO 4: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: POTENCIALIDADES DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ESTUDO DE CÉLULAS.....65

Thaís Mendes Rocha; Amanda Caroline Covre

EIXO TEMÁTICO 3: TECNOLOGIAS DIGITAIS E METODOLOGIAS ATIVAS.....79

CAPÍTULO 5: ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM OLHAR PARA A INTERATIVIDADE ENTRE O USUÁRIO E A TECNOLOGIA...80

Manuel Jesus Mamani Lopez; Lilian Akemi Kato

EIXO TEMÁTICO 4: EPISTEMOLOGIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA.....99

CAPÍTULO 6: HEIDEGGER: DA CIÊNCIA À TÉCNICA - DA EPISTEMOLOGIA À ONTOLOGIA.....100

Eladio Costantino Pablo Craia

CAPÍTULO 7: ERNST MAYR: A INTEGRAÇÃO ENTRE PESQUISA DE CAMPO, TEORIA E EDUCAÇÃO.....118

Wilson Antonio Frezzatti Júnior

EIXO TEMÁTICO 5: INTERDISCIPLINARIDADE E POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA NA AMAZÔNIA.....145

CAPÍTULO 8: GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA.....146

Leonardo Deosti; Elemar Kleber Favreto

CAPÍTULO 9: INTER E TRANSDISCIPLINARIDADE NA EDUCAÇÃO SUPERIOR: UM ESTUDO DE CASO DO CURSO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA.....166

Elemar Kleber Favreto; Josie Agatha Parrilha da Silva; Marcos Cesar Danhoni Neves

EIXO TEMÁTICO 1: ENSINO DE FÍSICA E ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

CAPÍTULO 1: ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA O ENSINO DE OSCILAÇÕES E FUNÇÕES PERIÓDICAS COM APOIO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Iara Leão Luna de Souza¹, Abraão da Silva Belém Carneiro², Elemar Kleber Favreto³

1 INTRODUÇÃO

O material didático representa um instrumento utilizado no processo ensino/aprendizagem. Nesse contexto, Rangel (2005) cita materiais que, utilizados em diferentes momentos, cumprem esse papel, como uma caneta que é apresentada pelo professor para a idealização da palavra que a nomeia, como um globo terrestre que pode ser utilizado nas aulas de Geografia e um modelo do corpo humano que pode ser usado para o estudo de Ciências.

No tocante ao ensino da física, um estudo sobre a aprendizagem da disciplina sob a ótica dos resultados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) apresentou a dificuldade dos alunos em compreender conteúdos básicos dos módulos de mecânica, fenômenos térmicos, entre outros. Além disso, revelou-se baixa incorporação deste conhecimento em materiais didáticos usuais, bem como, naqueles utilizados nos processos de formação dos professores da disciplina (Barroso; Rubini; Silva, 2018).

Adicionalmente, conteúdos físicos ensinados no ensino médio como as funções periódicas, suas oscilações, vibrações, período e frequência, são de difícil assimilação através dos modelos disponíveis na atualidade, uma vez que não é simples apresentar frequências em faixas que não somos capazes de interpretar utilizando os nossos sentidos (Silveira; Barthem; Santos, 2018). Logo, estimula-se a produção de novos recursos didáticos para a veiculação dessa temática, sejam experimentais, visuais, auditivos ou audiovisuais.

Outro avanço relevante no processo de ensino da física, envolve a integração de plataformas de conteúdo *online*, realização de videoconferências, bem como recursos digitais, mídias, entre outros, destacando, assim avanços na integração das tecnologias de informação e comunicação no ambiente escolar (Barroso, 2023). Diante disso, torna-se

¹ Graduanda em Licenciatura em Física. Universidade Estadual de Roraima (UERR). Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: iaraluna@uerr.edu.br

² Graduando em Licenciatura em Física. Universidade Estadual de Roraima (UERR). Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: abraaocarneiro80@gmail.com

³ Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Roraima (UERR). Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: elemarfavreto@gmail.com

relevante acompanhar o progresso das ferramentas educacionais, logo, o objetivo desse trabalho foi a elaboração de uma apostila interativa, apresentando a integração da inteligência artificial, de tecnologias de informação e comunicação e de redes sociais para o consolidar os conhecimentos teóricos, como os relacionados à dinâmica dos sistemas oscilatórios, à propagação de ondas e à análise de sinais em circuitos elétricos, contribuindo, assim, para a formação de uma base sólida para o estudo das ciências exatas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MATERIAL DIDÁTICO E A INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

O material didático, no contexto do ensino, pode ser definido como a diversidade de meios tecnológicos utilizados no ato de ensinar, abrangendo desde textos e exercícios até jogos e simulações. Essencialmente, é um recurso pedagógico que deve mediar o processo de ensino-aprendizagem e o relacionamento entre professor, aluno e conteúdo. Com a evolução das mídias digitais e a interconexão da sociedade, o material didático moderno se enriqueceu, potencializando a aprendizagem ao permitir a interatividade e a colaboração. Para que seja eficaz, o material online deve ser planejado levando em conta critérios de navegabilidade, estrutura, como o uso de hipertexto, e discurso, dialogicidade, de forma a priorizar estratégias ativas que colocam o aluno como protagonista (Moreira, 2013; Sitko, 2022).

A escolha de um material didático visa maximizar a comunicação das informações a serem ensinadas, de forma a criar um recurso capaz de transpor as barreiras do aprendizado e promover a autonomia e independência do estudante no seu processo de aprendizagem. Com base nisso, para gerar os resultados esperados, é necessário saber escolher os materiais didáticos de acordo com os objetivos curriculares e pedagógicos propostos pelo professor (Oliveira; Garbin; Pirillo, 2021). Ademais, o processo de elaboração desses materiais deve levar em consideração o perfil dos estudantes que o acessarão e as suas necessidades de aprendizagem (Filatro, 2018).

A integração das tecnologias digitais no ensino das ciências, conforme discutido pelo CIEB (2025), evidencia que o uso de recursos interativos e de inteligência artificial (IA) pode transformar o ambiente educacional, tornando-o mais dinâmico e centrado no estudante. Essa abordagem favorece a construção do conhecimento de forma autônoma, permitindo a personalização dos percursos de aprendizagem e a resolução de dúvidas em tempo real, especialmente em temas complexos como o das funções periódicas.

A inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) é fundamental na atualidade, uma vez que englobam *softwares* de simulação (como o *PhET*), aplicativos (como *Plickers*), hipermídias, vídeos e ambientes colaborativos, são uma oportunidade para atrair os alunos para as aulas de e proporcionar um ensino mais interativo e criativo. Logo, é necessário que o professor utilize essas ferramentas de forma a promover uma aprendizagem crítica e significativa, saindo da pedagogia da transmissão para uma abordagem onde o aluno manipula as informações. Especificamente, *softwares* como os de simulação permitem a realização de experimentos inviáveis no laboratório ou a manipulação de variáveis, o que favorece uma abordagem construcionista, na qual o aluno aprende por exploração e descoberta (Rodrigues; Câmara; Nunes, 2016; Valente; Almeida; Geraldini, 2017).

2.2 MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO DA FÍSICA

No campo da física, o estudo das funções periódicas abrange o entendimento de fenômenos que se repetem ao longo do tempo, e que são fundamentais para a descrição dos movimentos oscilatórios e vibratórios. Segundo Lalic (2025), as oscilações podem ser caracterizadas por grandezas como amplitude, período e frequência, sendo essenciais para a análise de sistemas mecânicos e elétricos. Esse arcabouço teórico permite a interpretação dos comportamentos observados em sistemas físicos, facilitando a aplicação prática dos conceitos teóricos em laboratórios e em simulações digitais.

Adicionalmente, Oliveira (2025) enfatiza que a periodicidade está intrinsecamente ligada à regularidade dos fenômenos naturais, sendo utilizada para a modelagem de diversos processos, desde o movimento de pêndulos até a propagação de ondas sonoras e eletromagnéticas. A descrição matemática dessas oscilações, utilizando funções senoidais e cossenoidais, fornece um meio eficaz para prever o comportamento de sistemas físicos sob diferentes condições iniciais e de contorno.

Recentemente, Netto (2024) analisou as potencialidades da Inteligência Artificial, especificamente o *chatbot Chat GPT-3.5*, na produção de materiais didáticos para o Ensino de Física. Nesse estudo, a metodologia utilizou técnicas de Processamento de Linguagem Natural (NLP) e a funcionalidade de *links* compartilhados para investigar o comportamento da IA na geração de questões em quatro áreas da Física (Mecânica, Termologia, Óptica e Eletromagnetismo), com foco em equações de primeiro grau. Os resultados principais indicam uma redução significativa do tempo de elaboração de materiais para o professor, agilizando o processo de criação e formatação. A IA demonstrou capacidade de adaptar

respostas a diferentes áreas da Física e de contextualizar questões com cenários realistas. Entretanto, o estudo aponta como limitações a possibilidade de a IA gerar materiais genéricos, sem considerar as necessidades específicas de avaliação, e a ocorrência de imprecisões nas alternativas de múltipla escolha. Logo, o autor concluiu que a IA atua como uma ferramenta auxiliar, mas a presença e a supervisão do professor permanecem indispensáveis como intermediador e corretor do material para garantir sua qualidade e adequação pedagógica.

Nesse contexto, através da elaboração de uma apostila interativa, que integra recursos tecnológicos avançados – dentre eles, as tecnologias de informação e comunicação, as redes sociais e a inteligência artificial por meio do *chatbot* QWEN da Alibaba – é possível assimilar os conceitos relacionados às funções periódicas. Pois, esse tipo de material didático inovador tem como objetivo promover uma aprendizagem ativa e personalizada, possibilitando que os alunos tenham acesso a explicações detalhadas, simulações interativas e *feedback* imediato, contribuindo para a superação de desafios comuns no ensino da física. Conforme aponta Lalic (2025), a interatividade é fundamental para fixação dos conceitos estudados no cotidiano.

Dessa forma, a construção de um material didático interativo embasa não só a compreensão dos conceitos de oscilações, vibrações, período e frequência, mas também a necessidade de se adaptar o ensino a novas tecnologias, proporcionando uma aprendizagem mais eficaz e alinhada com as demandas contemporâneas.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração do material didático, optou-se pela construção de uma apostila interativa, que se torna um diferencial de outras apostilas, pois é constituída com *links* de informações veiculadas de forma digital e integração de inteligência artificial, o que confere a sua interatividade.

Para isso, foi realizada uma definição precisa dos termos e variáveis envolvidos no estudo das funções periódicas a serem abordados. Inicialmente, foram selecionadas as principais grandezas físicas, como amplitude, período e frequência, e os conceitos matemáticos que regem as funções senoidais e cossenoidais a serem exploradas na apostila.

O desenvolvimento seguiu as etapas definidas:

- planejamento: definição dos objetivos e mapeamento dos conteúdos essenciais a serem abordados;

- construção do conteúdo: elaboração de textos explicativos, exemplos práticos e exercícios interativos, além da apresentação de conteúdos disponíveis em redes sociais e mídias digitais diversas;
- integração tecnológica: implementação de ferramentas digitais para enriquecer o material, com destaque para a incorporação do *chatbot* QWEN da Alibaba, que permite a interação em tempo real para esclarecimento de dúvidas e *feedback* personalizado.

O público-alvo da apostila são estudantes do ensino médio e universitários que buscam aprofundar seus conhecimentos em física, especificamente na temática de oscilações e ondas. Adicionalmente, destacam-se também os professores de física do ensino médio. Os materiais utilizados para a construção da apostila interativa incluíram *softwares* de edição digital tais como: *Microsoft Office-365*[®] e *Canva*[®] e plataformas de integração com inteligência artificial, garantindo revisão do material didático e uma abordagem multimídia e dinâmica.

A integração com o *chatbot* QWEN permite que os alunos interajam diretamente com um agente inteligente, facilitando o esclarecimento de dúvidas e o aprofundamento dos conceitos estudados. Essa ferramenta utiliza algoritmos de inteligência artificial para oferecer respostas baseadas no conteúdo previamente programado e nas interações anteriores, configurando uma ferramenta inovadora para o ensino de ciências.

3.1 MATERIAL DIDÁTICO

3.1.1 Estrutura e Conteúdo

A apostila interativa foi concebida para explorar a riqueza dos conceitos de oscilações, vibrações, período e frequência, integrando conteúdos teóricos com atividades práticas e recursos tecnológicos (Tabela 1). A seguir, são apresentados os principais componentes do material:

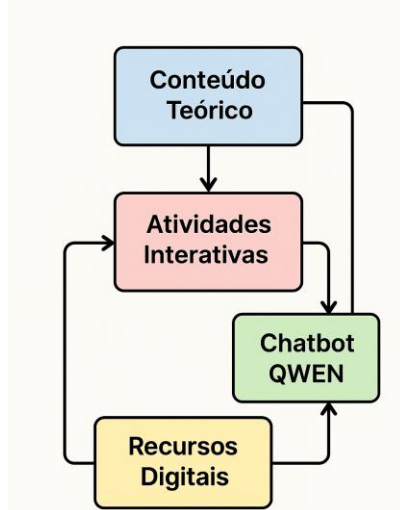
Tabela 1. Estrutura da Apostila

Seção	Conteúdo Principal
Introdução	Apresentação do tema, importância e objetivos
Conceitos Teóricos	Definição e análise de oscilações, vibrações, período e frequência
Aplicações Práticas	Exemplos e exercícios de aplicação dos conceitos
Atividades Interativas	Conteúdos e simulações digitais e integração com o <i>chatbot</i> QWEN

Fonte: Os autores, 2025.

A apostila contém módulos interativos que combinam explicações teóricas com atividades práticas, possibilitando aos alunos visualizarem e manipularem gráficos e equações de forma dinâmica (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma demonstrando a integração dos recursos digitais com o conteúdo teórico



Fonte: Os autores, 2025.

3.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS E INTERATIVIDADE

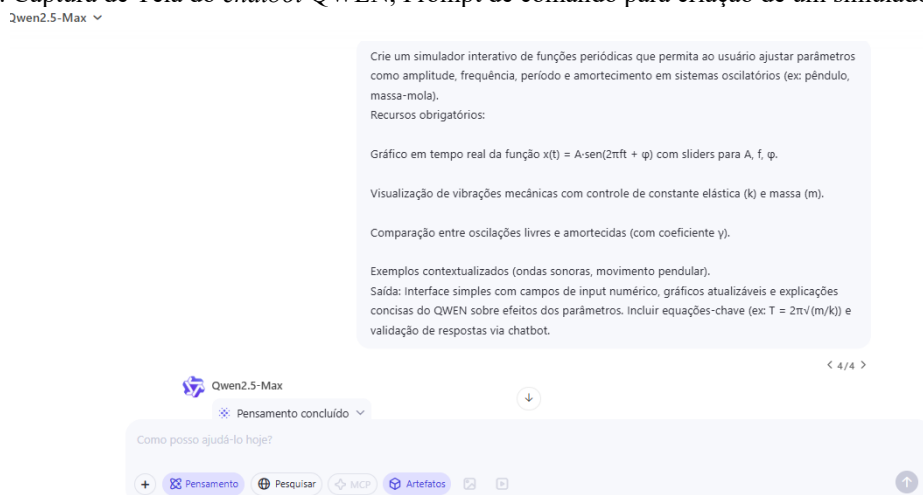
A utilização do *chatbot* QWEN da Alibaba é um dos grandes diferenciais do material didático, pois o modo “Artefato” permite criar interfaces interativas em questões de segundos (Figuras 2-4).

Figura 2. Captura de Tela do *chatbot* QWEN



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 3. Captura de Tela do *chatbot* QWEN, Prompt de comando para criação de um simulador interativo



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 4. Captura de Tela do *chatbot* QWEN, resultado após envio do *prompt*



Fonte: Os autores, 2025.

Integrado à apostila, o *chatbot* QWEN permite:

- resolução de dúvidas: os alunos podem fazer perguntas diretamente ao *chatbot*, que utiliza algoritmos de inteligência artificial para oferecer respostas precisas e contextualizadas, além de simulações conforme demonstram as figuras 3 e 4.
- *feedback* imediato: durante a realização de exercícios, o *chatbot* fornece orientações e correções em tempo real.
- acesso a materiais complementares: *links* para vídeos, simulações e artigos são disponibilizados automaticamente conforme o interesse do aluno.

3.3 EXEMPLOS DE ATIVIDADES

A apostila propõe atividades que estimulam o raciocínio crítico e a aplicação prática dos conceitos. Dentre elas, destacam-se os exercícios de identificação de parâmetros, onde os alunos devem identificar, a partir de gráficos, os valores de período e frequência,

relacionando-os aos fenômenos físicos apresentados; as simulações interativas, pois utilizando *softwares* de simulação como *chatbot* QWEN, os alunos podem alterar os parâmetros de uma função periódica e observar os efeitos sobre a forma da onda e, os estudos de caso, onde a análise de casos reais, como a vibração de pontes e estruturas, ilustra a aplicação dos conceitos de maneira contextualizada.

Concluindo esta seção, o material didático construído fornecerá uma ferramenta robusta e inovadora, integrando a teoria com a prática e fazendo uso das mais recentes tecnologias digitais. A interatividade proporcionada pelo *chatbot* QWEN, aliada a recursos visuais e atividades práticas, representa um avanço significativo no ensino das funções periódicas e seus fenômenos associados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTRUTURA E ABORDAGEM INTERATIVA DO MATERIAL DIDÁTICO

O material didático desenvolvido, foi intitulado “Funções Periódicas: Oscilações, Vibrações, Período e Frequência”, foi concebido como uma apostila interativa que integra conteúdo teórico e recursos digitais avançados, superando as limitações do material didático tradicional no ensino de física. A estrutura do material está organizada em três módulos principais, sendo eles conceitos teóricos, aplicações práticas e atividades interativas, sendo o fluxo de aprendizado desenhado para garantir que o estudante transite do arcabouço conceitual para a aplicação e, posteriormente, para a experimentação digital. Essa progressão é crucial para a fixação de conceitos complexos, como os relacionados à dinâmica dos sistemas oscilatórios e à propagação de ondas.

A inovação central reside na integração de tecnologias de informação e comunicação e inteligência artificial, elementos que são destacados como relevantes para o ensino contemporâneo da física. O material construído busca promover a autonomia e a independência do estudante no seu processo de aprendizagem, permitindo a personalização dos percursos de aprendizagem através de *links*, *QR codes* para vídeos e simulações, e a incorporação estratégica do *chatbot* QWEN da Alibaba.

4.2 DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS GRANDEZAS PERIÓDICAS (PERÍODO, FREQUÊNCIA E AMPLITUDE)

A fundamentação teórica do material se dedica à definição precisa das grandezas que caracterizam os fenômenos periódicos, com foco em oscilações e vibrações, que são consideradas movimentos repetitivos em torno de uma posição de equilíbrio. As grandezas

período (T), frequência (f) e amplitude (A) são apresentadas como essenciais para a análise de sistemas mecânicos e elétricos.

O período (T) é definido como o menor intervalo de tempo para completar um ciclo, medido em segundos (s). A frequência (f) é a grandeza inversa, representando o número de ciclos por unidade de tempo, com a unidade de hertz (hz). A apostila enfatiza a relação de proporcionalidade inversa através das fórmulas $T = 1/f$ e $f = 1/T$. Por fim, a amplitude (A) é caracterizada como o máximo deslocamento em relação à posição de equilíbrio, representando a "intensidade" ou "tamanho" da oscilação. A abordagem utiliza exemplos práticos, como a frequência da corrente elétrica (60 hz no brasil) e a analogia da "altura" e "volume" no som, para contextualizar e fixar o conteúdo (Sismanoglu1a *et al.*, 2024).

4.3 MODELAGEM MATEMÁTICA ATRAVÉS DAS FUNÇÕES SENO E COSSENO

Para a descrição matemática desses fenômenos, o material utiliza as funções trigonométricas seno e cosseno, cujos gráficos senoidais modelam naturalmente o movimento oscilatório. As formas gerais das funções são fornecidas $y(t) = A \sin(\omega t + \phi)$ e $y(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ (Mesquita, 2025), onde cada parâmetro tem um significado físico claro:

- amplitude (A): determina os valores máximo e mínimo da função.
- frequência angular (ω - letra grega ômega): relaciona-se com a frequência e o período pelas fórmulas $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, controlando a rapidez da oscilação.
- fase inicial (ϕ - letra grega phi): define a posição horizontal da onda, ou seja, a posição inicial do oscilador no instante $T = 0$.

A seção de atividades interativas estimula a visualização da influência desses parâmetros, sugerindo a manipulação da amplitude, frequência angular e fase inicial em simulações digitais (geogebra e phet), o que está em conformidade com a literatura sobre o uso de recursos visuais e interativos para melhoria do aprendizado.

4.4 APLICAÇÕES CONTEXTUALIZADAS E INTEGRAÇÃO COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O material didático enfatiza a relevância prática das funções periódicas e, as aplicações exploradas incluem as sonoras, onde a frequência está ligada à altura (agudo/grave) e a amplitude à intensidade (volume) do som; a corrente alternada (ca), que

é apresentada como um fenômeno senoidal onde a tensão e a corrente invertem a direção periodicamente, com frequência de 60 Hz no Brasil; o movimento harmônico simples (mhs), ilustrado pelos clássicos pêndulo simples e sistema massa-mola, com as suas respectivas fórmulas de período e, a engenharia, onde a compreensão de frequências naturais e o fenômeno da ressonância (ilustrado pelo colapso da ponte de Tacoma Narrows) são cruciais para a estabilidade estrutural.

A interatividade se consolida na sugestão de *prompts* específicos para o *chatbot* QWEN, com a ativação do modo "artefato" para simulações interativas. Essa estratégia permite que o estudante não apenas tire dúvidas (função padrão da ia), mas também crie e manipule simulações complexas, observando a relação entre as grandezas físicas e os parâmetros matemáticos em tempo real, o que a literatura aponta como um avanço significativo no ensino de ciências.

4.5 DIAGRAMAÇÃO DA APOSTILA INTERATIVA

A diagramação da apostila interativa foi cuidadosamente planejada para maximizar a comunicação dos conceitos e promover a autonomia do estudante. Diferentemente dos materiais didáticos convencionais, a disposição gráfica incorpora elementos visuais e recursos digitais para criar um ambiente de aprendizagem dinâmico e facilmente navegável.

A organização visual da apostila foi criada com os princípios estruturais de hierarquização visual e uso de boxes de destaque, ícones de interatividade, integração de mídias e fluxo de conteúdo e recurso digital. Adicionalmente, foram utilizadas cores para dar destaque aos ícones e/ou destacar informações.

De acordo com a hierarquia visual e o uso dos boxes de destaque, os conceitos chave são realçados através de "boxes" padronizados para definição, fórmula e exemplo. Esta padronização visual permite ao leitor identificar e absorver rapidamente as informações mais importantes para o estudo das grandezas periódicas.

Adicionalmente, destacou-se o uso dos ícones de interatividade, através do uso intensivo de ícones e *QR codes* para sinalizar recursos externos e atividades práticas. Ícones dedicados (como a lâmpada para definição, a calculadora para fórmula, o lápis para atividade/simulação e o balão de fala para o *chatbot* QWEN) guiam o leitor para vídeos, simulações e a interação com a inteligência artificial, conferindo ao material sua característica interativa.

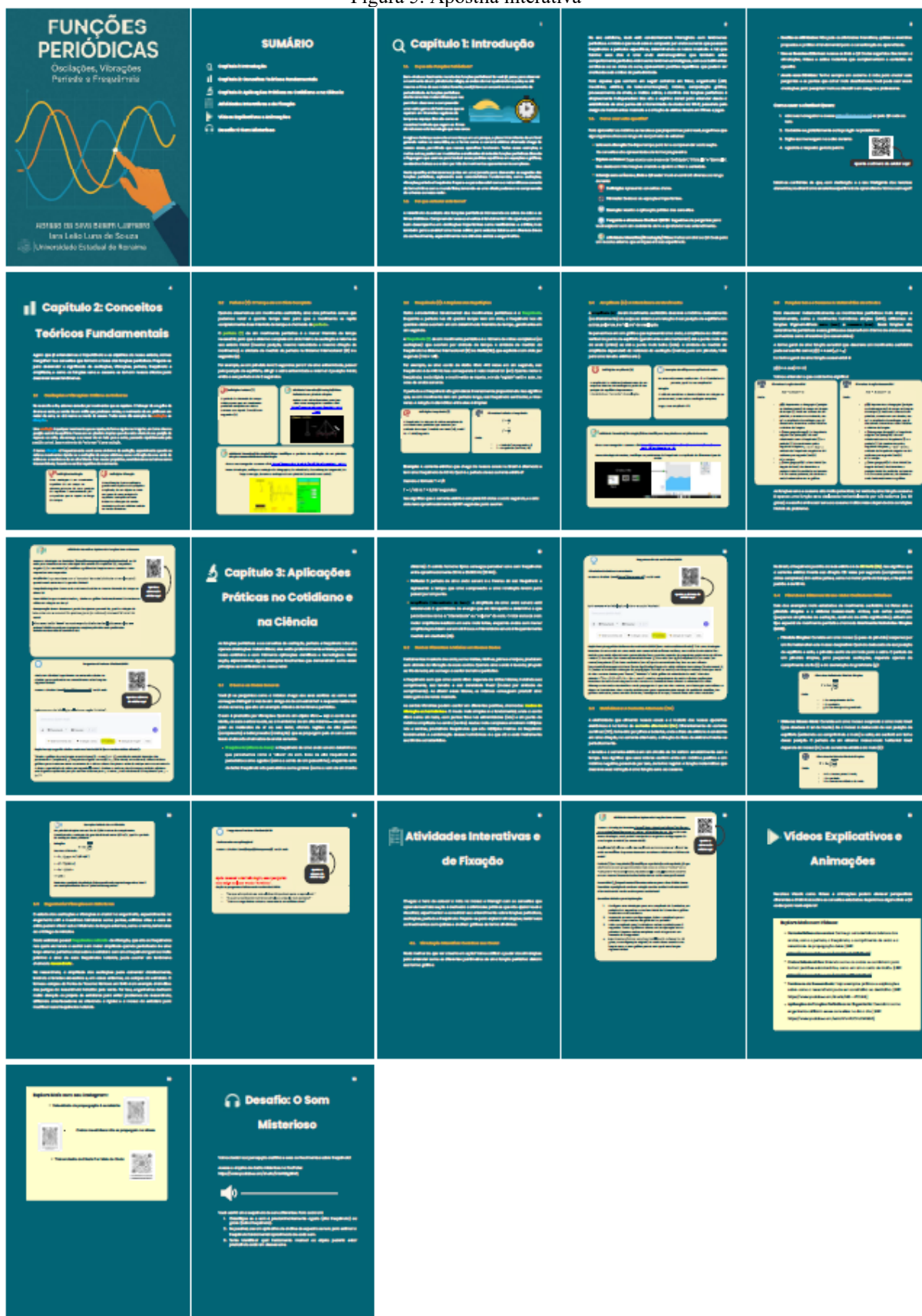
Pensando na integração das mídias digitais, a diagramação da apostila dedicou um espaço claro para a inserção de *links* e *QR codes* que direcionam o leitor para plataformas externas, como *youtube*, *geogebra* e *phet*, enriquecendo o conteúdo com recursos visuais e animações que demonstram o comportamento das funções periódicas no tempo e no espaço.

O *design* da apostila (Figura 5) espelha o fluxo de trabalho apresentado do projeto, onde o conteúdo teórico alimenta as atividades interativas, que por sua vez se complementam com o uso do *chatbot* QWEN e outros recursos digitais.

4.6 LIMITAÇÕES

O material foi desenvolvido com base em uma definição precisa dos termos e variáveis a serem abordados, focando inicialmente nas principais grandezas físicas como amplitude, período e frequência, o que implica uma delimitação do conteúdo em relação à vasta complexidade dos fenômenos ondulatórios avançados. Adicionalmente, o estudo de criação da apostila não incluiu uma etapa de validação empírica ou coleta de dados sobre a eficácia pedagógica junto ao público-alvo (estudantes do ensino médio e universitários), concentrando-se predominantemente nas fases de planejamento e construção do conteúdo. Outra limitação reside na dependência da acessibilidade e familiaridade dos usuários com recursos tecnológicos específicos, como o *chatbot* QWEN da alibaba e as plataformas de simulação online, o que pode representar uma barreira para estudantes com acesso limitado à *internet* de alta velocidade ou dispositivos compatíveis.

Figura 5. Apostila interativa



Fonte: Os autores, 2025.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da apostila interativa de funções periódicas alcançou seu objetivo de criar um recurso didático inovador para o ensino de conceitos fundamentais da Física, como oscilações, período e frequência. Nesse caso, o principal achado do estudo é a demonstração da eficácia de um modelo pedagógico que integra o conteúdo teórico com a inteligência artificial e as TICs, notadamente o uso do *chatbot* QWEN para fornecer *feedback* imediato e gerar simulações interativas. Essa integração representa uma contribuição significativa ao campo da pesquisa em ensino de Física, pois aborda diretamente a dificuldade dos alunos em assimilar o conteúdo e oferece um meio eficaz para conectar a abstração matemática das funções senoidais/cossenoidais com suas implicações práticas em sistemas físicos. A ênfase na modelagem e na manipulação de parâmetros como amplitude, período e frequência, por meio de simulações digitais, reforça a relevância prática e teórica do material.

Apesar de cumprir seus objetivos de construção, o estudo apresenta a limitação de não incluir uma etapa de validação empírica junto ao público-alvo, o que impede a mensuração direta da eficácia pedagógica do material. Contudo, a estrutura e a abordagem interativa propostas promovem a autonomia do estudante e alinham o ensino de Física com as demandas contemporâneas, superando as barreiras do aprendizado tradicional. Recomenda-se que pesquisas futuras foquem na expansão da apostila para temas mais avançados e, crucialmente, na avaliação quantitativa do impacto do uso da IA e dos artefatos interativos no desempenho e na motivação dos alunos.

REFERÊNCIAS

BARROSO, E. C. Avanços e obstáculos na integração das tecnologias de informação e comunicação no ensino médio remoto e híbrido de Física. 2023. 86 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, p. e4402, 2018.

CIEB. Inteligência artificial na educação básica: novas aplicações e tendências para o futuro. Disponível em: <https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2024/06/Inteligencia-Artificial-na-Educacao-Basica_2024.pdf>. Acesso em: 29 de mar. de 2025.

FILATRO, A. Como preparar conteúdos para EaD. 1. Ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

LALIC, M. Física C. Disponível em:<https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15155716022012Fisica_C_Aula_1.pdf>. Acesso em: 29 de mar. de 2025.

MESQUITA, A. J. N. Um percurso didático para o ensino e a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias por meio de modelos matemáticos e do GeoGebra. 2025.418 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Pontifícia Universidade Católica De São Paulo, São Paulo, 2025.

MOREIRA, Livia Cruz Dantas. Critérios para a elaboração de um material didático online interativo. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIRIO, 45f, 2013.

NETTO, M. S. L. Analisando as Potencialidades da Inteligência Artificial na Criação de Materiais Didáticos para o Ensino de Física. Revista do Professor de Física, v. 8, n. 2, p. 41-53, 2024.

OLIVEIRA, E. T.; GARBIN, M. C.; PIRILLO, N. R. Experiências de formação continuada de professores da educação básica para criação e uso de materiais didáticos digitais em tempos de pandemia. Revista Conhecimento Online, v. 3, p. 127-149, 2021.

OLIVEIRA, G. Ondas periódicas. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas-periodicas.htm>>. Acesso em: 29 de mar. de 2025.

RANGEL, E. O. Avaliar para melhor usar – avaliação e seleção de materiais e livros didáticos. In: BRASIL. MEC. Salto para o Futuro.TV Escola: Materiais didáticos: escolha e uso. Boletim 14, agosto 2005. <<http://tvbrasil.org.br/fotos/salto/series/151007MateriaisDidaticos.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

RODRIGUES, A. M. P.; CÂMARA, J. F.; NUNES, V. W. Movimento Maker: uma proposta educacional inovadora. Revista do Seminário Mídias & Educação do Colégio Pedro II. n. 2, 2016.

SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B.; SANTOS, A. C. Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, p. e20180084, 2018.

SISMANOGLU1A, B. N. *et al.* Oscilações e vibrações mecânicas. Abordagem teórica e simulações. Latin American Journal of Physics Education, v. 18, n. 2, p. 2306-1, 2024.

SITKO, C. M. As novas tecnologias da informação e comunicação e elaboração de material didático online no ensino de ciências. Igapó, v. 16, n. 1, 2022.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B.; GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 17, n. 52, p. 455-478, 2017.

CAPÍTULO 2: PLURALISMO EPISTEMOLÓGICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A TEMÁTICA EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

Gabriel Luiz Nalon Macedo¹, Gabriel Agostini Tonelli², Lucas Forlin Pereira³, Telma Augusta Diniz⁴

1 INTRODUÇÃO

A compreensão sobre a origem e a evolução do Universo sempre ocupou um lugar de destaque nas reflexões humanas. Desde narrativas míticas até modelos físico-matemáticos altamente complexos, a cosmologia é um campo privilegiado para discutir não apenas conteúdos científicos, mas também aspectos epistemológicos e socioculturais do fazer científico. Ao tratar da história da ciência, sobretudo das controvérsias que marcaram o desenvolvimento da cosmologia moderna como, por exemplo, a disputa entre os modelos do *Big Bang* e do Estado Estacionário, torna-se possível mobilizar reflexões críticas sobre a própria natureza da ciência (Ribeiro; Videira, 2004; Bagdonas; Silva Neto, 2023).

A educação científica contemporânea tem reivindicado a superação de abordagens que naturalizam o conhecimento escolar e apresentam a ciência como um corpo neutro, linear e cumulativo de verdades. Em oposição a essa visão idealizada, autores como Feyerabend (1977) desafiaram os fundamentos epistemológicos tradicionais, propondo uma perspectiva pluralista e anarquista que reconhece o papel do conflito, da diversidade e da contingência histórica na construção do conhecimento científico. Na perspectiva do filósofo austríaco, o único princípio que não impede o avanço do conhecimento científico é a ideia de que tudo é válido, pensamento este que sintetiza sua crítica aos métodos universais e ao racionalismo dogmático.

Ao incorporar esse referencial ao ensino de Ciências amplia-se a possibilidade de formar estudantes mais críticos e conscientes das dimensões humanas, políticas e culturais da ciência. Conforme defendem Pinto e Saavedra (2023), o pluralismo epistemológico se

¹ Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: gabrielnalonmacedo@hotmail.com

² Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: tonelli1997@hotmail.com

³ Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: lucas4linpereira@gmail.com

⁴ Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: teaudin@gmail.com

mostra cada vez mais urgente em tempos marcados por negacionismos e crises de autoridade científica, pois permite abrir espaços para múltiplas vozes, saberes e modos de compreender o mundo. Essa postura também encontra respaldo em propostas como a de Laburú, Arruda e Nardi (2003), que advogam por um ensino pautado no pluralismo metodológico, capaz de reconhecer a complexidade do processo educativo e a diversidade de perspectivas presentes na sala de aula.

Neste contexto, apresentar uma proposta de sequência didática sobre a evolução do Universo, voltada para a formação continuada de professores de Física e fundamentada no pluralismo feyerabendiano, constitui uma estratégia pedagógica com duplo valor: por um lado, trata-se de abordar conteúdos curriculares de relevância científica; por outro, pretende-se fomentar nos professores a compreensão de que a ciência é uma construção humana, muitas vezes controversa, permeada por disputas, mudanças e influências externas, como crenças religiosas, interesses institucionais ou visões de mundo.

Com base nesses pressupostos, este capítulo tem como objetivo *elaborar uma proposta de sequência didática para formação continuada de professores que, ao articular diferentes teorias cosmológicas, favoreça reflexões sobre a construção do conhecimento científico e os aspectos controversos da Ciência*. Ao fazê-lo, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: *Como estruturar uma proposta de sequência didática sobre a evolução do Universo que incorpore o pluralismo epistemológico feyerabendiano?* A relevância deste estudo reside na sua contribuição para a promoção de uma educação científica mais crítica, contextualizada e epistemologicamente plural, capaz de ampliar a alfabetização científica dos professores e de tensionar visões dogmáticas ainda presentes no ensino de Ciências.

2 O PLURALISMO EPISTEMOLÓGICO DE FEYERABEND COMO BASE PARA REPENSAR O ENSINO DE CIÊNCIAS

Nesta seção, apresentamos brevemente a noção de pluralismo epistemológico a partir da obra *Contra o Método* (1977) de Paul Feyerabend, bem como as possíveis contribuições dessa perspectiva para o ensino de Ciências. Ao criticar a ideia de um método científico único, universal e prescritivo, Feyerabend (1977) propõe uma postura epistemológica anarquista, que valoriza a diversidade de caminhos na construção do conhecimento científico e questiona as narrativas lineares e dogmáticas frequentemente associadas à ciência escolar.

Segundo o autor, o progresso científico ocorre justamente quando os cientistas rompem com regras metodológicas estabelecidas. Por isso, nenhuma regra, por mais racional que pareça, é válida em todos os contextos: “o único princípio que não inibe o progresso é: tudo vale” (Feyerabend, 1977, p. 27). Essa defesa da multiplicidade de estratégias, procedimentos e visões teóricas resulta em uma concepção metodologicamente plural da ciência, que reconhece tanto os limites quanto os potenciais do conhecimento científico.

Em diversas passagens de sua obra, Feyerabend recorre a exemplos históricos, como o modelo copernicano e a física galileana, para demonstrar que o avanço do conhecimento não se dá por adesão a regras fixas, mas pela transgressão a elas. O desenvolvimento científico, em sua leitura, depende mais da proliferação de teorias do que da fidelidade a um método único. A própria história da ciência testemunha isso, uma vez que os momentos de ruptura e de inovação mais significativos foram possíveis graças à abertura ao novo e à resistência a dogmas estabelecidos (Feyerabend, 1977).

Diante disso, surge uma questão provocadora: se a própria história da ciência revela que ela não se desenvolveu a partir de um método único, por que ainda hoje predomina, especialmente no ensino, uma imagem homogênea, linear e normativa do fazer científico? Feyerabend sugere que a educação científica desempenha papel central na manutenção dessa visão restrita. Em vez de fomentar a liberdade criativa e o pensamento crítico, ela tende a formar pesquisadores moldados por um padrão metodológico rígido, limitando a diversidade de perspectivas. Esse processo, segundo o autor, assemelha-se mais a um adestramento do que a uma formação verdadeiramente emancipadora (Feyerabend, 1977).

A crítica feyerabendiana dirige-se sobretudo ao racionalismo, que tende a impor normas fixas à atividade científica e desconsidera a dinâmica histórica, cultural e prática da produção do saber. Para o autor, a ciência não avança apenas pela eliminação de teorias rivais, mas também pela proliferação de teorias, inclusive daquelas consideradas ultrapassadas ou irracionais, pois mesmo ideias rejeitadas podem contribuir para o desenvolvimento do conhecimento. Nas palavras de Feyerabend (1977, p. 45): “A proliferação de teorias é benéfica para a Ciência, ao passo que a uniformidade lhe debilita o poder crítico”.

Parte da resistência ao pensamento de Feyerabend decorre de sua escrita provocadora e estilisticamente ensaística. Como argumentam Damasio e Peduzzi (2017), sua postura irreverente frequentemente levou a mal-entendidos, sendo classificado por alguns como “inimigo da ciência”. No entanto, o que o autor propunha era justamente o

oposto: a crítica não era à Ciência como prática, mas à concepção dogmática e institucionalizada que exclui outras formas legítimas de conhecer. Sua proposta anarquista, longe de significar desordem, visa garantir a abertura à diversidade epistemológica, à criatividade e ao acolhimento de saberes historicamente marginalizados, frequentemente silenciados em currículos baseados em uma racionalidade técnico-instrumental.

Essa concepção encontra respaldo em outras reflexões sobre o ensino de Ciências. Laburú, Arruda e Nardi (2003), por exemplo, defendem um pluralismo metodológico na educação científica inspirado em Feyerabend, argumentando que esse tipo de abordagem amplia as possibilidades de aprendizagem e evita os riscos de um ensino dogmático e reducionista. Do mesmo modo, Terra (2002) propõe o conceito de *professor anarquista epistemológico*, alguém que não impõe a visão científica como única verdade, mas que promove debates, acolhe controvérsias e valoriza o protagonismo e a autonomia intelectual dos estudantes.

A pedagogia anarquista de inspiração feyerabendiana propõe, portanto, uma prática docente centrada no diálogo, na abertura à pluralidade e na problematização das certezas científicas. Ela busca superar o ensino que reproduz uma visão tecnocrática e hierárquica da Ciência, incentivando a reflexão crítica e o engajamento ativo dos alunos no processo de aprendizagem (Terra, 2002; Laburú, Arruda e Nardi, 2003).

Dessa forma, o pluralismo epistemológico feyerabendiano traz implicações importantes para a educação científica. Ao propor que teorias e métodos diversos sejam colocados em diálogo, inclusive aqueles em tensão com o conhecimento científico hegemônico, faz com que essa abordagem contribua para a formação de uma visão mais crítica, democrática e plural da Ciência.

Nesse contexto, a proposta de ensino que inspira este capítulo busca justamente aproximar os professores de Física do Ensino Médio dessas reflexões, utilizando a temática da evolução do Universo para explorar a coexistência de modelos cosmológicos distintos e fomentar o debate sobre a Natureza da Ciência. Trata-se de defender, como Feyerabend (1977) afirma, que a proliferação de teorias e visões é uma condição necessária tanto para o avanço da ciência quanto para a liberdade de pensamento, inclusive no ambiente escolar.

3 AS TEORIAS ALTERNATIVAS PARA A EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

Nesta seção, apresentaremos brevemente as principais características de três teorias cosmológicas que buscam explicar a origem e evolução do Universo, são elas: o Modelo Cosmológico Padrão (também conhecido como Teoria do *Big Bang*), a Teoria do Estado

Estacionário e a Cosmologia de Plasma. A escolha por esses três modelos decorre, por um lado, de sua relevância histórica e epistêmica no desenvolvimento da cosmologia moderna e, por outro, de sua potencialidade didática para discutir aspectos da Natureza da Ciência, especialmente no que se refere à coexistência de diferentes concepções teóricas em disputa.

É importante destacar que o objetivo deste capítulo não é estabelecer qual modelo oferece a explicação mais verossímil ou acurada sobre a origem e evolução do Universo, mas explorar como essas diferentes concepções podem ser mobilizadas como recurso pedagógico para refletir sobre o caráter plural, controverso e dinâmico do conhecimento científico.

3.1 O MODELO COSMOLÓGICO PADRÃO

O Modelo Cosmológico Padrão é atualmente a concepção mais amplamente aceita para explicar a evolução do Universo. Segundo essa teoria, o Universo teria surgido há cerca de 13,8 bilhões de anos, a partir de uma expansão abrupta e extremamente rápida de uma região inicial minúscula, densa e quente. Desde então, o Universo encontra-se em contínua expansão, permitindo a formação das estruturas cósmicas que hoje conhecemos (Arthury; Peduzzi, 2015).

O desenvolvimento dessa teoria se deu no início do século XX, quando a ideia de um Universo dinâmico começou a ganhar força. Albert Einstein, ao formular a Teoria da Relatividade Geral, inicialmente assumiu que o Universo era estático. Para compatibilizar suas equações com essa visão, introduziu a chamada constante cosmológica. No entanto, na década de 1920, os trabalhos de Alexander Friedmann e Georges Lemaître apresentaram soluções para essas equações que indicavam a possibilidade de um Universo em expansão.

Esse cenário teórico ganhou sustentação empírica com a interpretação dos desvios para o vermelho (*redshifts*) nas galáxias observadas por Edwin Hubble. Esses *redshifts* foram compreendidos como evidência do afastamento das galáxias, sugerindo uma expansão do próprio espaço-tempo. Como aponta Bagdonas (2020, p. 1259), “a aceitação dos modelos de universo em expansão relativísticos [...] se deu ao longo da década seguinte, quando os desvios espectrais para o vermelho das galáxias foram interpretados como evidência contra modelos de universo estático”.

Outro elemento crucial para a consolidação da teoria foi a descoberta, em 1965, da radiação cósmica de fundo, considerada um “eco” térmico do *Big Bang*. Com base nessas interpretações, o modelo foi ganhando robustez teórica e adesão na comunidade científica. Bagdonas (2020, p. 1260) afirma que, a partir da década de 1960, jovens físicos e

astrônomos “[...] passaram a desenvolver a teoria do Big Bang aprendendo, através de manuais didáticos, que esta teoria superou racionalmente as teorias rivais pela boa adequação às observações astronômicas”, um movimento que também ajudou a consolidar seu status paradigmático.

A partir do modelo, estima-se que, nos instantes iniciais, durante um estágio conhecido como inflação cósmica, o Universo tenha passado por uma expansão exponencial em frações mínimas de segundo (cerca de 10^{-32} milissegundos). Nesse momento, a temperatura era extremamente elevada, e a matéria existia em forma de plasma de quarks e glúons. Com o resfriamento progressivo do Universo, iniciado a partir de aproximadamente 0,01 milissegundo, esse plasma deu origem às primeiras partículas estáveis, como prótons e nêutrons (Ratra; Vogeley, 2008). No entanto, as condições ainda não permitiam a formação de núcleos atômicos.

Somente entre 0,01 e 200 segundos de idade do Universo é que a temperatura e a densidade decaíram o suficiente para permitir reações de fusão nuclear, originando os primeiros núcleos de átomos leves, como hidrogênio, hélio, deutério e lítio. A formação de átomos completos, contudo, ocorreu apenas cerca de 380 mil anos após o Big Bang, quando os elétrons puderam se ligar aos núcleos e formar estruturas estáveis, em um processo denominado recombinação. Nesse ponto, surgiu a radiação cósmica de fundo e o Universo tornou-se transparente à luz.

Na sequência, o Universo atravessou o que os cosmólogos denominam de “Idade das Trevas”, um período dominado por nuvens de gás que obscureciam a luz visível. A gravitação promoveu o colapso dessas nuvens, dando origem às primeiras estrelas e galáxias por volta de 300 milhões de anos após o *Big Bang*. Com a evolução dessas estrelas, iniciou-se a síntese de elementos mais pesados como, por exemplo, carbono, nitrogênio e oxigênio, culminando, posteriormente, na formação de elementos ainda mais pesados, gerados durante as explosões de supernovas. Estima-se que o Sistema Solar tenha se formado quando o Universo já possuía aproximadamente 9,2 bilhões de anos, e a Terra, cerca de 4,5 bilhões.

Apesar de seu amplo reconhecimento, este modelo ainda apresenta lacunas teóricas significativas. Duas das mais importantes dizem respeito à matéria escura e à energia escura. A primeira seria responsável por manter as galáxias coesas, dado que a matéria visível observável não seria suficiente para explicar suas velocidades de rotação (Arthury; Peduzzi, 2015). Já a segunda, de natureza ainda mais misteriosa, é postulada para justificar a observação de que a expansão do Universo está se acelerando. Segundo Conselice (2007,

p. 36), “simulações [dentro do Modelo Cosmológico Padrão] mostram que tanto a matéria quanto a energia escura são necessárias para obter as estruturas de larga escala observadas no Universo [...]”.

Essas entidades, embora ainda hipotéticas, exercem papel crucial na sustentação do modelo, pois permitem a manutenção de sua coerência diante de observações que poderiam colocá-lo em xeque. Nesse sentido, sua introdução pode ser interpretada como o uso de hipóteses *ad hoc* para preservar o paradigma vigente frente a anomalias, como apontado por Feyerabend (1977). Por outro lado, essas “entidades escuras” também podem ser entendidas como estratégias investigativas provisórias, que viabilizam a testabilidade do modelo e orientam novas pesquisas no campo da cosmologia.

3.2 A TEORIA DO ESTADO ESTACIONÁRIO

A Teoria do Estado Estacionário descreve um Universo eterno, infinito, homogêneo e invariável em larga escala, tanto no tempo quanto no espaço. Seu fundamento teórico repousa sobre o chamado Princípio Cosmológico Perfeito, segundo o qual o Universo deve apresentar a mesma aparência, independentemente da posição ou época do observador, isto é, não há um tempo privilegiado, tampouco um lugar especial no cosmos (Hoyle; Burbidge; Narlikar, 2000).

Diferentemente do senso comum que costuma associar “estacionário” a ausência de movimento, é importante esclarecer que essa teoria admite um Universo em expansão (Henrique, 2011; Martins, 2016). A confusão entre os termos “estático” e “estacionário” é recorrente na literatura e no ensino de cosmologia, e se deve, muitas vezes, à diversidade de definições possíveis para tempo e espaço. Enquanto o Universo estático não se expande nem se contrai, o estacionário mantém sua aparência inalterada ao longo do tempo, mesmo em processo de expansão. Como exemplifica Henrique (2011, p. 87), “um rio pode estar em um Estado Estacionário, mas a água está fluindo e, portanto, ele não é estático”.

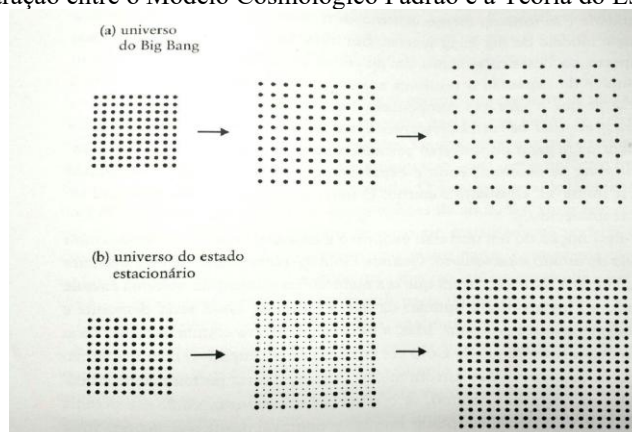
A formulação dessa teoria remonta à década de 1940, com os físicos Fred Hoyle, Hermann Bondi e Thomas Gold. Assim como o Modelo Cosmológico Padrão, a Teoria do Estado Estacionário também interpretava os *redshifts* observados nas galáxias como evidência de expansão do espaço. No entanto, propunha uma solução alternativa à questão da densidade do Universo. Dado que a expansão diluiria a densidade da matéria ao longo do tempo, essa teoria postulava que novos átomos de hidrogênio seriam continuamente gerados a partir do “vácuo”, compensando essa rarefação. Essa criação contínua permitiria

que o Universo, apesar da expansão, mantivesse sua densidade média constante (Lerner, 1991).

Rocha (2009, p. 72) descreve esse processo como uma “[...] materialização de massa-energia a partir de uma localização diferente”. Trata-se, portanto, de um modelo no qual o cosmos está sempre “renascendo” a partir da geração espontânea de matéria, possibilitando a formação contínua de galáxias, estrelas e demais estruturas cósmicas.

Para ilustrar didaticamente as diferenças entre o Modelo Padrão e o Estado Estacionário, podemos recorrer a representações gráficas comparativas (Figura 1). No primeiro modelo (a), observa-se que, à medida que o Universo se expande, os pontos que simbolizam as galáxias tornam-se mais espaçados, resultando em um universo cada vez menos denso. Já no modelo estacionário (b), novas galáxias surgem entre as existentes, mantendo, assim, a densidade constante ao longo do tempo. Lerner (1991, p. 145, tradução nossa) descreve esse ciclo da seguinte forma: “À medida que o combustível de uma galáxia se esgota ao longo de bilhões de anos, a galáxia morrerá, e as suas estrelas se tornarão brasas escuras indivisíveis. Entretanto, enquanto isso, novas galáxias surgem a partir da matéria recém-criada”.

Figura 1. Comparação entre o Modelo Cosmológico Padrão e a Teoria do Estado Estacionário.



Fonte: Singh, 2004.

Em termos cosmológicos, a matéria recém-criada surge como átomos de hidrogênio, aproximadamente na taxa de um átomo por milhão de metros cúbicos por ano. Esses átomos se condensam gravitacionalmente para formar nuvens interestelares, que dão origem a galáxias e estrelas. As estrelas, por sua vez, sintetizam elementos mais pesados a partir do hidrogênio primordial e os dispersam pelo espaço ao final de seus ciclos de vida (Lerner, 1991).

Ao longo do século XX, a Teoria do Estado Estacionário se consolidou como uma das principais rivais da Teoria do *Big Bang*, apresentando uma cosmologia alternativa que dispensava um momento de criação finita e afirmava a eternidade do cosmos. No entanto, sua hegemonia foi enfraquecida com a descoberta da radiação cósmica de fundo em micro-ondas em 1965, a qual foi interpretada como uma previsão bem-sucedida do *Big Bang* (Singh, 2004; Arthury; Peduzzi, 2015). A situação se agravou em 1992, com os resultados do satélite COBE (*Cosmic Background Explorer*), que forneceram dados que reforçavam a previsão do Modelo Padrão sobre a anisotropia dessa radiação.

Por não apresentar uma explicação compatível para esse fenômeno, a Teoria do Estado Estacionário passou a ser considerada metodologicamente regressiva, pois não conseguia acomodar as novas observações empíricas com a mesma precisão de sua rival. No entanto, é importante frisar que alguns pesquisadores propuseram interpretações alternativas para a radiação cósmica de fundo, sugerindo que ela não seria resquício do *Big Bang*, mas a temperatura média do meio intergaláctico (Arp, 2001; Assis; Neves, 1995).

3.3 A COSMOLOGIA DE PLASMA

A Cosmologia de Plasma propõe um modelo de Universo em que a evolução cósmica é fortemente determinada por interações eletromagnéticas, não apenas gravitacionais. Essa abordagem parte da constatação de que cerca de 99% da matéria observável no Universo encontra-se no estado de plasma, um meio composto por íons e elétrons livres, gerado em condições extremas de temperatura e energia (Cotta, 2008; Silva, 2009; Martins, 2016).

Nos anos 1960, os físicos Hannes Alfvén e Oskar Klein elaboraram um modelo cosmológico no qual o Universo inicial seria composto por uma vasta nuvem homogênea de ambiplasma, ou seja, uma mistura de matéria e antimatéria distribuída uniformemente (Cotta, 2008; Martins, 2016). De acordo com essa hipótese, a interação gravitacional teria induzido uma separação entre partículas pesadas (prótons e antiprótons) e partículas leves (elétrons e pósitrons), levando à formação de regiões dominadas por matéria ou antimatéria. Esse processo de separação, ao interagir com campos magnéticos, teria gerado correntes elétricas, fundamentais para a evolução das estruturas cósmicas (Lerner, 1991).

Nesse contexto, Rocha (2009, p. 78) observa que a Cosmologia de Plasma “[...] parte da interessante premissa que o estudo do Universo, constituído sobretudo por plasma, deve levar em consideração as interações eletromagnéticas, e não somente, como historicamente tem sido, as interações gravitacionais”.

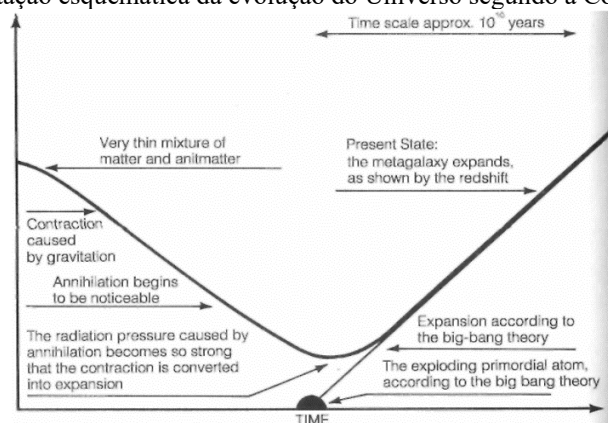
A separação inicial entre matéria e antimatéria resultou na formação de nuvens distintas, cujas colisões levaram a aniquilações parciais e ao surgimento de plasma quente de baixa densidade. Essa característica evitou destruições completas das partículas e impulsionou o afastamento entre as nuvens. As nuvens de tipos opostos se repeliam, enquanto as semelhantes se uniam, dando origem a massas maiores de matéria ou antimatéria.

À medida que o Universo descrito pela Cosmologia de Plasma se contraía gravitacionalmente, devido ao crescimento dessas massas, aumentavam também a densidade e a velocidade das colisões. Quando o Universo atingiu o diâmetro aproximado de 100 milhões de anos-luz, algumas dessas colisões tornaram-se tão intensas que produziram explosões locais gigantescas, enquanto outras regiões foram impulsionadas. Essa dinâmica permitiu que as nuvens se afastassem, o que, segundo Lerner (1991), fornece uma explicação alternativa para os *redshifts* interpretados por Edwin Hubble, ou seja, o afastamento das galáxias seria consequência das explosões localizadas entre nuvens de matéria e antimatéria, e não de uma expansão global do espaço. Assim, diferentemente da Teoria do *Big Bang*, não há aqui um ponto singular de origem, mas uma região extensa onde ocorrem colapsos e explosões sucessivas. Como explica Lerner (1991, p. 217-218):

No cenário de Alfvén e Klein, apenas uma pequena parte do Universo que vemos terá primeiro colapsado e depois explodido. Em vez de vir de um ponto singular [Teoria do Big Bang], a explosão vem de uma vasta região com centenas de milhões de anos-luz de diâmetro e leva centenas de milhões de anos para se desenvolver – não é necessária nenhuma “origem do Universo”.

A Figura 2 traça uma linha dos acontecimentos ao mesmo tempo que compara a Cosmologia de Plasma e o Modelo Cosmológico Padrão.

Figura 2. Representação esquemática da evolução do Universo segundo a Cosmologia de Plasma.



Fonte: Lerner, 1991.

A partir de um plasma homogêneo de hidrogênio, instabilidades eletromagnéticas deram origem a filamentos de plasma, que interagiam entre si formando estruturas hierárquicas e vórtices de larga escala. Com o tempo, essas estruturas evoluíram gravitacionalmente, resultando em superaglomerados, aglomerados de galáxias, galáxias e estrelas, cada qual com suas subestruturas específicas (Alfvén, 1986; Lerner, 1991).

Nesse ciclo de evolução cósmica, o Universo é concebido como uma vasta rede elétrica, em que a energia gravitacional se converte em eletricidade, alimentando novos ciclos de formação de estruturas. Como resume Lerner (1991, p. 297), trata-se de “[...] uma vasta rede elétrica, convertendo energia gravitacional em eletricidade, o que alimenta a compreensão de mais matéria e a liberação de mais energia”.

Assim, a Cosmologia de Plasma propõe uma narrativa alternativa à origem e à evolução do Universo, partindo de instabilidades em um plasma primordial que, por meio de processos eletromagnéticos e gravitacionais, resultam em um Universo dinâmico, composto por sistemas complexos e hierarquizados. Essa teoria também sugere que os diversos elementos químicos presentes no cosmos resultam da evolução dessas estruturas, sem a necessidade de uma explosão inicial única (Alfvén, 1986; Lerner, 1991).

Atualmente, Eric Lerner e Anthony Peratt figuram como os principais defensores da Cosmologia de Plasma. Em sua obra *The Big Bang Never Happened*, Lerner (1991) apresenta simulações computacionais baseadas em experimentos de física de plasma para explicar a formação das estruturas em grande escala observadas no Universo.

Um aspecto frequentemente destacado por seus proponentes é que, ao contrário do Modelo Cosmológico Padrão, a Cosmologia de Plasma dispensa hipóteses *ad hoc*, como matéria escura e energia escura, apoiando-se exclusivamente em leis conhecidas da física de plasma. Entretanto, como apontam Martins (2016) e Cotta (2008), um desafio importante reside em avaliar se os comportamentos observados em experimentos laboratoriais e no Sistema Solar são generalizáveis para a escala cósmica.

5 PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A organização da sequência didática baseou-se na estrutura dos Três Momentos Pedagógicos, conforme proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), por compreendermos que essa abordagem rompe com a lógica tradicional da transmissão de conteúdos e encoraja os professores a promover um ensino mais investigativo e reflexivo, em consonância com a proposta de uma alfabetização científica crítica.

Assim, a sequência se desenvolve a partir da *problematização inicial*, na qual se busca mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes, no nosso caso, professores, por meio de situações geradoras de conflito cognitivo. Em seguida, ocorre o momento de *organização do conhecimento*, que favorece a apropriação de novos conceitos científicos articulados à superação das problemáticas iniciais. Por fim, o terceiro momento corresponde à *aplicação do conhecimento*, voltado à ressignificação dos conteúdos e à sua relação com questões sociais mais amplas.

Além disso, a sequência didática inspira-se no trabalho de Vieira e Vieira (2014), que propõem o uso de casos simulados como estratégia pedagógica voltada à formação crítica dos estudantes. Essa abordagem pedagógica parte de cenários fictícios, porém plausíveis, que envolvem controvérsias sociocientíficas, desafiando os participantes a assumir papéis sociais específicos e tomar decisões fundamentadas em dados científicos, valores éticos e implicações sociais. Ao mobilizar os participantes a se posicionarem diante de situações controversas e realistas, essa estratégia contribui para o desenvolvimento da argumentação, do pensamento crítico e da participação cidadã.

Assim sendo, buscamos elaborar, para a sequência didática, um caso simulado articulado à lógica dos Três Momentos Pedagógicos. Como a proposta é voltada à formação continuada de professores de Física, o problema de ensino/aprendizagem estipulado foi: *como fazer com que os professores de Física, durante a formação continuada, assimilem e acomodem os conceitos relacionados à temática “evolução do Universo”, ao mesmo tempo que compreendam aspectos da Natureza da Ciência, a fim de torná-los aptos a abordar esse conhecimento de maneira compreensível e contextualizada para seus estudantes?*

O objetivo geral da sequência didática é oferecer subsídios aos professores de Física do Ensino Médio para que assimilem e acomodem os conceitos relacionados à evolução do Universo, sob a perspectiva do pluralismo epistemológico. Em relação aos objetivos específicos da proposta, foram elencados:

- Compreender as principais ideias associadas ao Modelo Cosmológico Padrão, ao modelo da Cosmologia de Plasma e à Teoria do Estado Estacionário, visando avaliar os contributos de cada proposta para explicar a evolução do Universo;
- Discutir aspectos da Natureza da Ciência;
- Aplicar os conceitos científicos relacionados à evolução do Universo na resolução de uma situação-problema simulada;

- Elaborar argumentos e hipóteses embasados no conhecimento científico para se posicionar diante de uma problemática simulada;
- Avaliar as propostas argumentativas baseadas nos três modelos/teorias sobre a evolução do Universo, a fim de tomar uma decisão fundamentada sobre a situação-problema.

Foram contempladas três visões distintas de Universo, com o intuito de alcançar um pluralismo de ideias: o Modelo Cosmológico Padrão, o modelo da Cosmologia de Plasma e a Teoria do Estado Estacionário. Portanto, os conhecimentos prévios necessários envolvem gravitação, eletromagnetismo, expansão do Universo, física de plasma e estruturas cósmicas.

Assim posto, intitulamos o caso simulado elaborado para a sequência didática como “*A evolução do Universo em uma perspectiva pluralista*”. Os professores serão confrontados com uma situação potencial de discussão científica com implicações em diversos níveis como, por exemplo, social, econômico e de progresso científico. O caso consiste em uma controvérsia envolvendo a taxa de expansão do Universo e o financiamento de pesquisas para explicar esse fenômeno. Essa situação é desencadeada a partir de uma notícia fictícia, porém verossímil, disposta no Quadro 1.

Quadro 1. Texto da notícia a ser apresentada aos professores.

Expansão do Universo preocupa cientistas e gera disputa por financiamento <i>A expansão acelerada do Universo continua a intrigar e desafiar os principais astrofísicos e cosmologistas ao redor do mundo. Este fenômeno, observado na década de 1990, aponta para uma aceleração contínua no ritmo de expansão do cosmos, um mistério que tem despertado debates acalorados entre especialistas. Recentes observações astronômicas, incluindo a medição de supernovas distantes e o estudo da radiação cósmica de fundo, sugerem que a taxa de expansão do Universo está em aceleração, um fenômeno que desafia as expectativas iniciais dos modelos cosmológicos. Este impasse alimenta um debate intenso entre algumas correntes teóricas, cada uma propondo interpretações diferentes para explicar este fenômeno.</i> <i>No epicentro desse embate estão três grupos distintos de pesquisadores que agora estão buscando financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil, visando aprofundar pesquisas sobre a evolução do Universo, uma vez que é importante olhar para a evolução do cosmos ao longo do tempo, pois ela permite compreender o passado do Universo. Assim, estudar a evolução do Universo, pode fornecer pistas fundamentais para decifrar esse fenômeno enigmático da aceleração cósmica. Dessa forma, cada grupo propõe uma abordagem teórica diferente para estudarem essa evolução.</i> <i>O primeiro grupo, liderado por renomados astrofísicos, apoia-se no Modelo Cosmológico Padrão, o qual sugere que, ao longo da evolução do Universo, desde o Big Bang até os dias atuais, a expansão acelerada do Universo é impulsionada por uma energia desconhecida, chamada de energia escura, que permeia o tecido do Universo. Assim, eles propõem investigações mais aprofundadas dentro desse arcabouço teórico para elucidar as contradições.</i> <i>O segundo grupo, formado por especialistas em Cosmologia de Plasma, desafia a interpretação do Modelo Cosmológico Padrão, propondo que fenômenos astrofísicos, como a interação do plasma cósmico, podem ser a chave para entender essa aceleração da expansão. Assim, esse grupo visa que o Universo evoluiu a partir de uma grande nuvem de plasma que, ao longo do tempo, foram se originando filamentos e as estruturas do cosmos foram se formando.</i>

Enquanto isso, o terceiro grupo, defensores da Teoria do Estado Estacionário, questiona a própria premissa de uma expansão acelerada, defendendo que o Universo sempre existiu e sempre estará em um estado constante, isto é, a criação contínua de matéria preenche o espaço deixado pelas galáxias que se afastam. Dessa forma, a evolução do Universo é eterna e a matéria está em um estado de equilíbrio, em que novas partículas são continuamente criadas, mantendo a densidade do Universo constante ao longo do tempo.

Esses grupos estão agora lutando pela atenção e financiamento do CNPq, buscando recursos para aprofundar suas pesquisas sobre a evolução do Universo. Os líderes de cada equipe têm se reunido com o coordenador e vice-coordenador do CNPq, apresentando argumentos convincentes para direcionar os recursos financeiros exclusivamente para o seu campo de estudo.

Em um comunicado oficial, o coordenador do CNPq enfatizou a importância e a complexidade do debate em torno da expansão acelerada do Universo. Ele ressaltou que as propostas dos três grupos de pesquisa são extremamente valiosas para o avanço do conhecimento cosmológico: “Estamos diante de uma questão fundamental para a compreensão da natureza do Universo, e as abordagens apresentadas pelos grupos são notavelmente distintas e igualmente promissoras. A diversidade de teorias e a busca por respostas a esse enigma cósmico demonstram a riqueza da investigação científica atual”.

Enquanto o CNPq avalia as propostas e argumentos de cada grupo, a comunidade científica aguarda ansiosamente para ver qual linha de pesquisa será privilegiada. A decisão terá impacto significativo não apenas na compreensão da expansão do Universo, mas também na direção futura da pesquisa cosmológica no Brasil e no mundo.

Fonte: Os autores, 2025.

A notícia deverá ser impressa e entregue aos participantes do curso de formação, os quais poderão realizar sua leitura de forma coletiva. Em seguida, os indivíduos serão questionados oralmente, a fim de assegurar que eles se apropriaram do conteúdo lido. Nesse sentido, propõem-se os seguintes questionamentos:

- Qual é o principal assunto abordado na notícia?
- Qual é o objetivo da notícia?
- Quais são os grupos de pesquisadores mencionados na notícia?
- O assunto abordado na notícia é importante para a sociedade? Por quê?
- O que você conhece sobre o assunto abordado na notícia?

Após essa discussão inicial, o ministrante apresentará aos participantes a seguinte **problematização inicial**: *qual deve ser o posicionamento do coordenador do CNPq em relação ao financiamento desses grupos de pesquisadores?*

Assim sendo, e considerando o número de professores participantes, estes poderão ser organizados em grupos, sendo que cada grupo representará o papel de um dos grupos de pesquisa envolvidos, bem como o do coordenador e do vice-coordenador do CNPq. Já o papel de secretário do CNPq poderá ser atribuído ao responsável pela formação continuada. Cada grupo desempenhará uma função específica no caso simulado, conforme exposto no Quadro 2.

Quadro 2. As personagens do caso simulado e suas respectivas características.

Personagens	Características das personagens do caso simulado
Grupo de pesquisadores do Modelo Cosmológico Padrão	Este grupo defende que o Modelo Cosmológico Padrão é estabelecido, embasado em décadas de pesquisa e observações sobre a evolução do Universo. Argumentam que a Teoria da Relatividade Geral de Einstein sustenta as bases deste modelo, que é amplamente aceito pela comunidade científica. Apesar das discrepâncias recentes, acreditam que estas podem ser resolvidas com ajustes menores dentro do modelo existente.
Grupo de pesquisadores da Cosmologia de Plasma	Os defensores do modelo de Cosmologia de Plasma alegam que suas previsões se alinham mais precisamente com as observações atuais. Eles propõem investigar como a matéria em estado de plasma, presente no início do universo, influenciou e continua a afetar sua evolução. Ressaltam que os avanços na compreensão dos plasmas cósmicos proporcionam uma explicação mais completa para fenômenos observados, como a formação de estruturas no Universo. Apontam para a capacidade única deste modelo em explicar as discrepâncias recém-observadas.
Grupo de pesquisadores da Teoria do Estado Estacionário	Os defensores da Teoria do Estado Estacionário argumentam que o Universo não está em expansão, isto é, não houve um Big Bang. Esses pesquisadores buscam demonstrar a consistência de um Universo em evolução contínua, destacando que sua abordagem oferece uma solução única para as anomalias observacionais, como a falta de evidências diretas do Big Bang e a necessidade de introduzir conceitos como energia escura e matéria escura para explicar certos fenômenos observados.
Coordenador e Vice Coordenador do CNPq	O coordenador e vice-coordenador, enquanto representantes do órgão de financiamento, realizaram um discurso de abertura e um discurso de encerramento. Durante a exposição dos grupos irão ouvir e considerar a argumentação de cada grupo de pesquisadores, avaliando a credibilidade das fontes mencionadas e a validade das razões apresentadas, confrontando-os com sua própria pesquisa e análise de informações. Caso considerem necessário poderão fazer questões aos grupos de pesquisadores. Com o término do debate, em sessão privada, o coordenador e o vice coordenador irão deliberar e tomar a decisão de qual grupo será financiado, fundamentando a escolha, o que deverá ser comunicada aos grupos.
Secretário do CNPq	O secretário irá moderar o debate e tomar registros para a elaboração de uma ata.

Fonte: Os autores, 2025.

Dessa forma, o caso relatado na notícia fictícia “*Expansão do Universo preocupa cientistas e gera disputa por financiamento*” será simulado pelo grupo de formação continuada, criando uma oportunidade para a realização de uma discussão em que os professores, ao representarem o papel de um dos grupos de pesquisadores mencionados na notícia, terão a chance de expor a sua posição sobre a questão que embasa a problematização.

Por sua vez, os professores que assumirem o papel de coordenador e vice-coordenador do CNPq terão a oportunidade de ouvir os argumentos dos diferentes grupos e, após considerarem as razões apresentadas, deverão tomar um posicionamento fundamentado. Por meio de sorteio, os participantes serão divididos conforme os grupos indicados no Quadro 2.

Cada grupo deverá **organizar o conhecimento** acerca da evolução do Universo a partir da perspectiva do papel que representará. Isso significa preparar sua atuação com a

descrição indicada no Quadro 3. Além disso, cada grupo, durante a preparação de seu papel, deve:

- Pesquisar, organizar e registrar informações relevantes para a construção de sua argumentação (incluindo razões a favor do modelo que defenderá, a descrição da evolução do Universo segundo esse modelo) e da contra- argumentação (ou seja, como contestar as razões favoráveis aos modelos concorrentes);
- Produzir um texto que explicita a evolução do Universo segundo o modelo defendido, bem como as razões que sustentam essa posição;
- Produzir um texto com o discurso a ser apresentado no debate, explicitando o modelo defendido, a evolução do Universo conforme essa abordagem, os argumentos que sustentam e as possíveis respostas às contra-argumentações dos demais grupos.
- Quanto ao grupo que assumir o papel de coordenador e vice-coordenador do CNPq, durante a preparação de sua função, deverá:
- Pesquisar, organizar e registrar informações relevantes sobre os pontos positivos e negativos de cada grupo de pesquisadores;
- Elaborar resumos com as razões a favor e contra a linha de pesquisa de cada grupo;
- Redigir o discurso de abertura e o discurso de encerramento do debate.

Quadro 3. Personagens e papéis a desempenhar no âmbito do caso simulado.

Personagens	Papel a desempenhar
Grupo de pesquisadores do Modelo Cosmológico Padrão	Este grupo está firmemente arraigado na defesa e na continuação do Modelo Cosmológico Padrão. Seu papel é sustentar a validade e relevância contínua desse modelo, argumentando como sucedeu a evolução e evolução do Universo neste modelo e que aprofundar os estudos nessa visão pode resolver as discrepâncias observacionais recentes. Eles se apoiam na tradição científica estabelecida e na <u>aceitação generalizada do modelo para influenciar a decisão do CNPq.</u>
Grupo de pesquisadores da Cosmologia de Plasma	Os pesquisadores deste grupo estão focados em demonstrar a capacidade do modelo de Cosmologia de Plasma, em oferecer uma explicação mais abrangente e coerente para as discrepâncias na taxa de expansão do Universo. Eles se concentram em teorias baseadas em plasmas cósmicos, defendendo que sua abordagem oferece <i>insights</i> inovadores e mais precisos para compreender as anomalias observacionais. Assim, seu papel é sustentar a validade desse modelo, argumentando como ocorreu a evolução do Universo nesta perspectiva.
Grupo de pesquisadores da Teoria do Estado Estacionário	Este grupo desafia os paradigmas estabelecidos propondo a Teoria do Estado Estacionário. Sua tarefa é defender a viabilidade e a consistência dessa teoria, argumentando como o Universo se originou e evoluiu nesta visão e que esta teoria oferece uma explicação alternativa para o enigma da expansão do Universo, desafiando a ideia do <i>Big Bang</i> e defendendo a continuidade e evolução constante do Universo.

Coordenador e Vice Coordenador do CNPq	A função do coordenador e vice-coordenador é analisar as propostas dos grupos de pesquisa e decidir a alocação de recursos financeiros. Eles devem considerar não apenas a qualidade científica e a viabilidade de cada proposta, mas também o impacto potencial das pesquisas na comunidade científica e no avanço do conhecimento.
Secretário do CNPq	O secretário irá moderar o debate e tomar registros para a elaboração de uma ata.

Fonte: Os autores, 2025.

Para orientar as primeiras leituras e compreensões sobre as três concepções cosmológicas envolvidas, os textos indicados no Quadro 4 poderão ser disponibilizados, bem como os vídeos do documentário *The Cosmology Quest*.

Quadro 4. Textos para guiar as primeiras discussões.

Texto	Autor	Disponível em:
Teorias cosmológicas alternativas ao Modelo Padrão	Marina B. E. da Silva	https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/marina-teorias.pdf .
Controvérsias Científicas: O caso do modelo padrão da cosmologia	Gustavo R. Rocha	https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/GustavoCosmo-controversias-2009.pdf .
Hannes Alfvén e suas contribuições para física de plasma e cosmologia	Alexandre A. C. Cotta	https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/1-07/alexandre-alfven.pdf .
Uma compreensão sobre o ensino da cosmologia na perspectiva de professores e investigadores	Milene R. Martins e Marcos C. D. Neves	https://periodicos.uff.br/ensinosauambiente/article/view/21248 .
A Cosmologia de Hubble: De um Universo Finito em Expansão a um Universo Infinito no Espaço e no Tempo	André K. T. Assis; Marcos C. D. Neves e Domingos S. L. Soares	https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/Hubble-pt.pdf .
A questão controversa da cosmologia moderna: Hubble e o Infinito – Parte I	Marcos C. D. Neves	https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6772/6241 .
A questão controversa da cosmologia moderna: Uma teoria e suas incongruências – Parte II	Marcos C. D. Neves	https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6774/6242 .
Discutindo a Natureza da Ciência a partir de episódios da história da Cosmologia: o Universo teve um começo ou sempre existiu?	Alexandre B. Henrique e Cibelle Silva	http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/195.pdf .
The Cosmology Quest – Parte 1		https://www.youtube.com/watch?v=jOQFLoukrxM&t=513s&ab_channel=Curtindoavida .
The Cosmology Quest – Parte 2		https://www.youtube.com/watch?v=V4BPxQMUaAM&ab_channel=Curtindoavida .

Fonte: Os autores, 2025.

Contudo, vale ressaltar que cada grupo deverá realizar pesquisas além dos materiais fornecidos, a fim de se aprofundar no assunto e construir sua argumentação sobre a evolução do Universo, a partir da perspectiva de uma das três concepções cosmológicas. Assim, por meio dos materiais disponibilizados e das diferentes fontes de informação

consultadas, os participantes deverão completar o Quadro 5, com o intuito de produzir um texto que explicita a evolução do Universo de acordo com o modelo que irão defender, bem como as razões que sustentam esse modelo. Já o Quadro 6 servirá como guia para a elaboração da argumentação a ser utilizada na sessão de debate.

Quadro 5. Esquema de resumo a ser elaborado por cada grupo.

Grupo:	
Fonte de informação	Resumo explicitando a evolução do Universo na perspectiva do grupo a desempenhar, assim como as razões que apoiam este modelo

Fonte: Fonte: Os autores, 2025.

Quadro 6. Razões favoráveis e contrárias.

Grupo:	
Questão-problema a debater: <i>Qual deve ser o posicionamento do coordenador do CNPq em relação ao financiamento destes grupos de pesquisadores?</i>	
Razões a favor do modelo a defender:	Razões contra os modelos concorrentes:

Fonte: Fonte: Os autores, 2025.

Ao final da organização do conhecimento sobre o grupo de pesquisadores que cada equipe representará, será o momento de **aplicar esse conhecimento organizado**, ou seja, nesse momento os professores em formação continuada irão efetivamente desempenhar os papéis que lhes foram atribuídos. A realização do debate deverá seguir a ordem de intervenções disposta no Quadro 7, a qual poderá ser definida por sorteio, conduzido pelo secretário do CNPq.

Quadro 7. Organização do simulado.

Ordem	Papel	Tempo
1°	Discurso de abertura pelo coordenador do CNPq	5 min.
2°	Intervenção do grupo....	15 min.
3°	Intervenção do grupo....	15 min.
4°	Intervenção do grupo....	15 min.
5°	Debate – todos os grupos poderão pedir a palavra para fazer comentários	30 min.
Intervalo		
6°	Decisão e discurso de encerramento pelo coordenador do CNPq	5 min.

Fonte: Fonte: Os autores, 2025.

O secretário será o responsável por moderar o debate, organizando as falas e controlando o tempo de cada intervenção. Ao término da sessão de debate, o coordenador e vice-coordenador se retirarão para uma sessão privada, na qual tomarão uma decisão fundamentada. Para isso, será concedido um tempo máximo de 10 minutos. Enquanto o coordenador e o vice-coordenador deliberam, o secretário redige a ata final do debate, lê-a

em voz alta e abre espaço para que os grupos se manifestem, caso considerem necessário propor alterações no documento. Em seguida, após tomarem a decisão, o coordenador e o vice-coordenador retornam à mesa de debate e comunicam aos grupos qual foi a decisão tomada.

Para avaliar a proposta, os participantes serão convidados a escrever um texto reflexivo, de até 20 linhas, a respeito das atividades desenvolvidas durante os encontros. A fim de orientar a produção textual, cada participante deverá responder, ainda que não necessariamente na ordem apresentada, às seguintes questões:

- Como foi o seu desempenho na execução do caso simulado? E o do seu grupo?
- Em relação ao documento elaborado por seu grupo, como você avalia: a clareza na apresentação; o uso de linguagem científica adequada; a coesão científica na exposição das ideias; e a adequação das informações?
- Qual é a sua opinião sobre o desempenho de cada um dos outros grupos durante o debate?
- Qual grupo que melhor desempenhou o seu papel? Por quê?
- O que você aprendeu com a realização deste caso simulado?

Diante de todo o exposto, será apresentado um quadro geral (Quadro 8) da proposta da sequência didática elaborada, com suas respectivas etapas. Vale destacar que essa sequência didática foi dividida em três etapas, totalizando 6 horas/aula distribuídas em três encontros.

Quadro 8. Etapas da sequência didática e descrição das atividades.

ETAPA	DESCRIÇÃO DAS AÇÕES	MATERIAIS DE APOIO
Problematização inicial (2 horas/aulas)	Apresentação e leitura da notícia; Questionamentos sobre o conteúdo da notícia; Explicitar o caso simulado; Apresentar a problematização inicial; Leitura e clarificação das características gerais de cada papel a desempenhar; Escolha e divisão dos papéis;	Notícia: <i>Expansão do Universo preocupa cientistas e gera disputa por financiamento</i> ; Questões para se apropriarem do conteúdo da notícia; Problema inicial;
Organização do conhecimento (2 horas/aulas)	Pesquisa e organização de informações; Produção de texto: argumentação e contra argumentação; Produção de texto: discurso no debate.	Textos para guiar as primeiras leituras; Vídeos do documentário The Cosmology Quest; Outros materiais encontrados pelos participantes;

Aplicação do conhecimento (2 horas/aulas)	Realização da sessão debate; Cada grupo de pesquisadores apresentará o modelo defendido, a evolução do Universo neste modelo e razões que o suportam; Retomada da problematização inicial a partir da decisão do coordenador e vice-coordenador do CNPq; Aplicação do questionário a respeito do caso simulado realizado.	Questões para a elaboração do texto sobre o caso simulado “ <i>A evolução do Universo em uma perspectiva pluralista</i> ”
--	--	---

Fonte: Os autores, 2025.

Por fim, para oferecer um *feedback* aos participantes, recomenda-se que cada um possa expressar, coletivamente, suas dificuldades e dúvidas durante a execução do caso simulado. É importante ressaltar que a dialogicidade deve estar presente nesse momento, uma vez que se constitui como uma das características da abordagem dos Três Momentos Pedagógicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração desta sequência didática sobre a evolução do Universo, fundamentada no pluralismo epistemológico feyerabendiano, permitiu não apenas construir uma proposta pedagógica com novas perspectivas, mas também tensionar os modos tradicionais de se ensinar Ciências, especialmente no campo da cosmologia. Ainda que esta proposta não tenha sido aplicada, sua concepção constitui um exercício teórico relevante para repensar a formação continuada de professores de Física em direção a uma prática mais crítica, dialógica e epistemologicamente aberta.

Partimos da seguinte questão de pesquisa: *como estruturar uma proposta de sequência didática sobre a evolução do Universo que incorpore o pluralismo epistemológico feyerabendiano?* A resposta se concretizou em uma proposta que articula três diferentes modelos cosmológicos dentro de um cenário simulado de debate e tomada de decisão. Tornando-se possível fomentar tanto a compreensão conceitual dos conteúdos envolvidos quanto à reflexão crítica sobre a natureza, os limites e as disputas do conhecimento científico.

Mais do que apresentar conteúdos, a proposta busca transformar a formação continuada de professores em uma oportunidade de debate, argumentação e tomada de decisão fundamentada. A controvérsia cosmológica, historicamente rica e epistemologicamente densa, foi usada aqui como um dispositivo pedagógico para romper com visões reducionistas do conhecimento científico. Nesse sentido, ao articular três teorias cosmológicas concorrentes, o trabalho evidencia que o pluralismo não significa

relativismo acrítico, mas o reconhecimento de que a Ciência é uma prática humana, histórica e em permanente disputa.

Embora pensada inicialmente para a formação continuada de professores, a sequência didática mostra-se suficientemente flexível para ser adaptada à realidade da sala de aula com os estudantes do Ensino Médio. Os professores que vierem a participar da formação poderão, futuramente, transpor essa proposta para seus contextos escolares, promovendo com seus alunos o debate sobre diferentes modelos cosmológicos, desenvolvendo competências argumentativas e fortalecendo uma visão mais crítica e humanizada da Ciência. Isso amplia o alcance da proposta, consolidando seu caráter formativo também como instrumento de transformação didática no cotidiano escolar.

Ainda que a proposta não tenha sido implementada, sua construção revela caminhos possíveis para uma educação científica mais sensível à diversidade epistêmica e aos desafios formativos dos professores. Ao deslocar o foco do ensino de cosmologia para além da mera exposição do modelo hegemônico, o que se propõe é uma formação que capacite os docentes a lidar com a complexidade, com a incerteza e com a controvérsia, elementos cada vez mais presentes tanto na ciência quanto no mundo contemporâneo.

Além disso, a proposta se inscreve no esforço de reconfigurar o papel do professor de Ciências como um sujeito crítico e intelectualmente autônomo, capaz de transitar entre diferentes racionalidades e de promover o diálogo entre saberes. Em tempos marcados por negacionismos, disputas ideológicas sobre o conhecimento e banalização da Ciência, fomentar esse tipo de prática educativa torna-se urgente e necessário.

Por fim, espera-se que esta proposta possa inspirar futuras aplicações e investigações que avaliem seu potencial formativo. O compromisso com um ensino de Ciências plural, contextualizado e formador de consciências críticas deve permanecer como horizonte ético e político das práticas educativas em todas as etapas da escolarização.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALFVÉN, H. Model of the Plasma Universe. **Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Plasma Science**, v. 14, n. 6, 1986. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4316614>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D. History of the 2.7K temperature prior to Penzias and Wilson. **Apeiron**, v. 3, n. 2, p. 79-87, 1995.
- ARP, H. **O universo vermelho: cosmologia e Ciência Acadêmica**. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A teoria do Big Bang e a Natureza da Ciência. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, São Carlos, n. 20, p. 59-90, 2015. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/226>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- BAGDONAS, A. A favor e contra o método: a tensão entre racionalismo e anarquismo epistemológico na controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1250-1277, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1250>.
- BAGDONAS, A.; SILVA NETO, C. P. da O papel epistêmico da diversidade e as origens metafísicas da teoria do Big Bang: reflexões para a educação científica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 29, e23029, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320230029>.
- CONSELICE, C. J. A mão invisível do Universo. **Scientific American**, n.58, p.35-41, 2007.
- COTTA, A. A. C. Hannes Alfvén e suas contribuições para física de plasma e cosmologia. **Caderno de Física da UEFS**, v. 6, n. 1, 2008. Disponível em: <https://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/1-07/alexandre-alfven.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. Considerações sobre a Alcinha Atribuída a Paul Feyerabend de “Pior Inimigo da Ciência” e suas implicações para o Ensino de Ciências. **Alexandria**, v. 10, n. 1, p. 329-351, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n1p329>.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. Tradução: Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.
- HENRIQUE, A. B. **Discutindo a Natureza da Ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-19072011-112602/pt-br.php>. Acesso em: 30 jul. 2025.

HOYLE, F.; BURBIDGE, G.; NARLIKAR, J. V. **A different approach to cosmology: From a static Universe through the big bang towards reality**. Cambridge University Press, 2000.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. de M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200007>.

LERNER, E. J. **The Big Bang Never Happened**. New York: Times Books, 1991.

MARTINS, M. R. **O discurso sobre a cosmologia contemporânea e o seu ensino nas diferentes falas da academia**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, 2016. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/190>. Acesso em: 12 jul. 2025.

PINTO, A. L.; SAAVEDRA FILHO, N. C. Diálogos possíveis entre o pluralismo epistemológico de Paul Feyerabend e a educação científica. **Filosofia e Educação**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 91-118, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.20396/rfe.v14i3.8673735>.

RATRA, B.; VOGLEY, M. S. The Beginning and Evolution of the Universe. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 120, n. 865, p. 235-265, mar. 2008.

RIBEIRO, M. B.; VIDEIRA, A. A. P. Cosmologia e pluralismo teórico. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 519-535, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662004000400004>.

ROCHA, G. R. Controvérsias Científicas: o caso do modelo padrão da cosmologia. **Caderno de Física da UEFS**, v. 7, n. 2, p. 65-85, 2009. Disponível em: <https://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/GustavoCosmo-controversias-2009.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SILVA, M. B. E. da Teorias cosmológicas alternativas ao Modelo Padrão. **Caderno de Física da UEFS**, v. 7, n. 2, 2009. Disponível em: <https://lilith.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/marina-teorias.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SINGH, S. **Big Bang**. 3ªed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

TERRA, P. S. O Ensino de Ciências e o professor anarquista epistemológico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 208-218, ago. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6622>. Acesso em: 27 jul. 2025.

VIEIRA, C. T.; VIEIRA, R. M. **Construindo práticas didático-pedagógicas promotoras da literacia científica e do pensamento crítico**, Madrid, Espanha, 2014.

EIXO TEMÁTICO 2: FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

CAPÍTULO 3: APRENDENDO BIOLOGIA POR MEIO DA CIÊNCIA FORENSE: RELATO DE UMA OFICINA PEDAGÓGICA

Thaís Mendes Rocha¹, Amanda Caroline Covre², Tatiane Ferreira Borges³, Thalia Mendes Rocha⁴

1 INTRODUÇÃO

A ciência e a tecnologia têm promovido transformações significativas na sociedade contemporânea, impactando diretamente diferentes áreas do conhecimento e da vida cotidiana. Essas transformações, além de favorecerem avanços científicos e melhorias na qualidade de vida, também se refletem em novos desafios, como a utilização inadequada desses recursos para a prática de crimes, tornando a segurança pública um tema de relevância constante (Houck; Swonetz, 2006). Nesse cenário, a ciência forense ocupa papel de destaque no processo de justiça criminal, ao articular diferentes áreas do saber em prol da elucidação de delitos e identificação de seus autores (Berriel *et al.*, 2011).

A ciência forense caracteriza-se, portanto, como um campo interdisciplinar que agrega conhecimentos da Biologia, Química, Física, Matemática, Psicologia, Antropologia, Informática, entre outros (Souza, 2008). Ao analisar e interpretar vestígios materiais encontrados em cenas de crime, a ciência forense oferece subsídios fundamentais para investigações policiais e judiciais, constituindo-se como elo entre a produção científica e sua aplicação prática na sociedade.

Paralelamente ao seu papel social, observa-se um crescente interesse popular por essa área, especialmente impulsionado pela difusão midiática. Séries televisivas, como *CSI* e *Criminal Minds*, popularizaram a ciência forense, despertando a curiosidade de diferentes públicos e, em especial, de estudantes (Silva; Rosa, 2013). Entretanto, apesar do apelo social e midiático, o tema raramente integra o currículo escolar da Educação Básica. Essa lacuna representa não apenas a ausência de um conteúdo interdisciplinar instigante, mas também a perda de oportunidade de aproximar os estudantes de práticas investigativas e científicas em contextos significativos de aprendizagem.

¹ Doutoranda em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: profthaismendesrocha@gmail.com

² Doutoranda em Ciências Ambientais. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: amandacovre@gmail.com

³ Mestranda em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: taty_ferreiraborges@hotmail.com

⁴ Especialista em Desenvolvimento Humano para Estratégia e Inovação. Centro Universitário Internacional (UNINTER). Maringá – PR, Brasil. E-mail: mendesrochathalia@gmail.com

No ensino de Biologia, a ciência forense pode se apresentar como recurso pedagógico que mobiliza o interesse dos alunos, promove o raciocínio lógico, a análise crítica de evidências e a compreensão do papel da ciência na sociedade. Ao mesmo tempo, favorece a articulação entre diferentes áreas do conhecimento, aproximando a escola de situações reais e desafiadoras (Berriel *et al.*, 2011). Diante disso, metodologias ativas, como oficinas pedagógicas, podem potencializar o aprendizado ao estimular a participação, a resolução de problemas e a construção coletiva do conhecimento (Santos, 2008).

Este relato de experiência apresenta a elaboração e o desenvolvimento de uma oficina sobre ciência forense realizada por bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) – subprojeto Biologia da Universidade Estadual de Maringá (UEM) – junto a estudantes do Ensino Médio de um colégio estadual do município de Maringá/PR. A oficina buscou articular conceitos de Biologia com outras áreas de conhecimento, promovendo aprendizagens em um contexto prático e instigante: a resolução de um crime fictício.

A questão que norteia este trabalho é: **quais contribuições uma oficina pedagógica sobre ciência forense pode trazer para o ensino e aprendizagem de Biologia no Ensino Médio?** Essa indagação surge da percepção de que, embora a ciência forense seja uma área de grande relevância social e científica, com ampla difusão na mídia e significativo potencial de despertar curiosidade, sua presença nos currículos escolares ainda é muito restrita. Esse afastamento entre a realidade social e o espaço escolar revela uma lacuna que precisa ser explorada, especialmente no contexto da Educação Básica, onde os estudantes demonstram interesse por temas atuais e aplicáveis à vida cotidiana (Rocha; Covre; Fujji, 2016).

A escolha do tema justifica-se por diferentes razões. Em primeiro lugar, a ciência forense é uma área interdisciplinar, que articula saberes da Biologia, Química, Física, Matemática e outras ciências, favorecendo uma compreensão integrada do conhecimento. Além disso, tem papel fundamental na sociedade contemporânea, uma vez que contribui diretamente para investigações criminais, identificação de indivíduos e promoção da justiça. Ao mesmo tempo, seu crescente destaque em produções midiáticas, como séries televisivas e documentários, tem despertado grande curiosidade entre jovens e adolescentes, o que a torna um recurso atrativo para o ensino. Considerando que o ensino de Biologia, em muitos contextos, ainda é marcado por metodologias tradicionais, a inserção de temáticas instigantes como a ciência forense pode potencializar aprendizagens

significativas, estimular o pensamento crítico e promover maior engajamento dos estudantes (Rocha; Covre; Fujji, 2016).

Nesse sentido, a oficina pedagógica configura-se como uma estratégia didática para abordar esse tema. Ao propor a resolução de uma situação-problema baseada em um crime fictício, cria-se um ambiente de investigação no qual os alunos assumem papel ativo na busca por soluções, vivenciando o conhecimento científico em um contexto prático e desafiador. Essa metodologia possibilita não apenas a articulação de conteúdos da Biologia com outras áreas do conhecimento, mas também o desenvolvimento de habilidades investigativas, como observação, análise, interpretação e tomada de decisão fundamentada em evidências.

Diante desse contexto, o **objetivo geral** deste trabalho consiste em relatar a experiência de elaboração e aplicação de uma oficina pedagógica sobre ciência forense no ensino de Biologia, destacando suas contribuições para a aprendizagem dos estudantes.

Para alcançar esse propósito, definiram-se como **objetivos específicos**: (i) desenvolver uma oficina interdisciplinar que articule conceitos da ciência forense e da Biologia, favorecendo a construção de conhecimentos em um contexto prático; (ii) promover a participação dos alunos na resolução de uma situação-problema, estimulando o raciocínio crítico e a aplicação dos conceitos trabalhados; e (iii) avaliar a percepção dos estudantes a respeito da oficina por meio da aplicação de um questionário, identificando suas impressões sobre o tema e a metodologia utilizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Ciências, especialmente da Biologia, tem sido historicamente pautado por abordagens tradicionais, muitas vezes centradas na transmissão de conteúdos de forma fragmentada e pouco contextualizada, o que limita a participação ativa dos estudantes e a construção significativa do conhecimento (Krasilchik; Marandino, 2004). Frente a essa realidade, metodologias ativas de aprendizagem, como oficinas pedagógicas, têm se mostrado estratégias promissoras, pois promovem a interatividade, a reflexão e a contextualização dos conteúdos em situações próximas à realidade dos alunos (Santos, 2008).

A Ciência Forense é uma área interdisciplinar que envolve física, biologia, química, matemática e diversas outras ciências de fronteira, tendo como objetivo subsidiar investigações relacionadas à justiça civil e criminal. Em investigações criminais, o foco principal do profissional forense é confirmar a autoria ou descartar o envolvimento do(s)

suspeito(s). As técnicas utilizadas permitem identificar, com relativa precisão, uma pessoa, por exemplo, a partir de uma simples impressão digital ou de um fio de cabelo encontrado na cena do crime. Em algumas situações, os especialistas forenses utilizam tecnologia de análise de DNA, além de avaliações de autenticidade de obras de arte e documentos, bem como exames de combustíveis adulterados, entre outras análises (Chemello, 2006).

Essa interdisciplinaridade permite a aproximação entre conteúdos escolares e a aplicação prática do conhecimento científico, favorecendo o desenvolvimento de habilidades investigativas, o raciocínio lógico e a tomada de decisão baseada em evidências (Berriel *et al.*, 2011). O desenvolvimento de temas transversais, como Ciência Forense e Investigação Criminal, surge como uma proposta para auxiliar na construção de um conhecimento mais sistêmico e contextualizado (Fiedler–Ferrara; Mattos, 2002).

Além disso, a ciência forense contribui para a compreensão do papel social da ciência e da tecnologia, possibilitando que os estudantes reflitam sobre os impactos éticos, sociais e legais do avanço científico (Houck; Swonetz, 2006). A exploração de cenários investigativos, como a análise de cenas de crime, promove a articulação entre conceitos teóricos e experiências práticas, estimulando o engajamento e a aprendizagem significativa, conforme apontam estudos sobre metodologias ativas em Biologia (Silva; Rosa, 2013).

O trabalho de Sebastiany *et al.* (2013) demonstra que a utilização de módulos experimentais envolvendo impressões digitais, pegadas, sangue e balística possibilita aos estudantes compreender conceitos científicos de forma contextualizada e interdisciplinar, ao mesmo tempo em que os envolve em situações de investigação simulada como peritos forenses. Essas atividades promovem a integração de diferentes disciplinas, estimulam a observação, experimentação, formulação de hipóteses, raciocínio crítico, trabalho coletivo e individual, além de desenvolver habilidades de comunicação, análise, síntese e criatividade. Ao inserir a Ciência Forense no ambiente escolar, ainda pouco explorada, essas propostas didáticas ampliam as oportunidades de aprendizagem significativa, despertam interesse por carreiras científicas e tecnológicas e tornam o ensino de Biologia mais contextualizado e conectado à investigação científica (Sebastiany *et al.*, 2013).

O estudo de Berriel *et al.* (2011) demonstra como a Biologia Forense pode ser explorada no Ensino Médio por meio de atividades dinâmicas, práticas e interativas, como minicursos que simulam situações reais de investigação criminal. Os autores destacam que essa abordagem favorece a interdisciplinaridade, ao articular conhecimentos de áreas como genética, biologia molecular, anatomia e zoologia, além de promover a contextualização

de conceitos científicos com o cotidiano dos alunos. A utilização de recursos como dinâmicas, práticas laboratoriais e até mesmo episódios de séries televisivas contribuiu para despertar a curiosidade, ampliar a visão dos estudantes sobre a Biologia e motivá-los a compreender a relevância social da ciência forense, reforçando a importância de metodologias diferenciadas no ensino de Ciências (Berriel *et al.*, 2011).

O artigo de Ribeiro *et al.* (2024) apresenta a ciência forense como uma metodologia interdisciplinar para o ensino de Ciências, destacando seu potencial em aproximar os conteúdos escolares da realidade dos estudantes. Os autores evidenciam que a utilização de cenas de crime simuladas, aliadas as práticas laboratoriais, possibilita aos alunos assumirem o papel de investigadores, desenvolvendo habilidades de observação, análise crítica e interpretação de dados. Essa abordagem promove não apenas a aprendizagem conceitual, mas também a motivação, a curiosidade científica e a reflexão sobre o papel social da ciência, configurando-se como uma estratégia pedagógica relevante para o ensino de Biologia e áreas afins (Ribeiro *et al.*, 2024).

O uso de mídias audiovisuais, como trechos de séries de investigação criminal, também constitui uma estratégia para a contextualização do conhecimento, uma vez que conecta os conteúdos escolares à cultura do jovem e ao cotidiano dos estudantes, ampliando a compreensão conceitual e promovendo motivação para o estudo (Silva; Rosa, 2013). Tal abordagem contribui para a construção de competências científicas, tais como observação, análise crítica, coleta e interpretação de dados, essenciais tanto para o aprendizado da Biologia quanto para a compreensão das aplicações da ciência forense na sociedade.

Por fim, a literatura aponta que oficinas pedagógicas interdisciplinares, como a proposta neste estudo, preparam os estudantes para atuar de forma reflexiva e crítica diante de problemas complexos, favorecendo não apenas a aprendizagem conceitual, mas também habilidades sociais e cognitivas que transcendem o conteúdo escolar, reforçando a importância de metodologias inovadoras na formação de cidadãos críticos e cientificamente informados (Santos, 2008; Krasilchik; Marandino, 2004).

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como um relato de experiência de natureza qualitativa, buscando descrever, analisar e refletir sobre a aplicação de uma oficina pedagógica de ciência forense no Ensino Médio. A abordagem qualitativa possibilitou compreender as percepções, interações e aprendizagens dos estudantes durante a atividade, valorizando a riqueza das experiências vivenciadas e permitindo realizar uma análise do processo

educativo, conforme preconizado por Mussi, Flores e Almeida (2021) sobre a elaboração de relatos de experiência como forma de conhecimento científico.

Nesse contexto, a oficina pedagógica foi compreendida como uma metodologia de trabalho em grupo, conforme apontam Vieira e Volquind (2002), que promove a construção coletiva de saberes, a análise crítica da realidade e o intercâmbio de experiências. Dessa perspectiva, o conhecimento não é concebido apenas como produto final do processo de aprendizagem, mas como uma construção compartilhada, na qual educadores e educandos dialogam e elaboram significados. Assim, a oficina constitui-se em um espaço de vivência, reflexão e conceitualização — uma síntese entre pensar, sentir e agir — marcada pela participação ativa e pela sistematização de saberes. Dessa forma, ela é entendida como um espaço de transformação recíproca entre sujeito e objeto, articulando teoria e prática (Vieira; Volquind, 2002).

Como metodologia de ensino e aprendizagem, a oficina recebe diversas denominações no Brasil, entre outras: oficinas de ensino (Vieira; Volquind, 1996), oficina pedagógica (Machado, 2017; Mediano, 1998 e Paviani; Fontana, 2009), oficina de aprendizagem (Baum, 2015), oficina temática (Marcondes, 2008) ou apenas oficina (Corrêa, 2000). Conforme os achados da pesquisa já mencionada, a terminologia utilizada na maior parte dos trabalhos localizados é oficina pedagógica (Pinheiro *et al.*, p. 6, 2024).

De forma complementar, os mesmos autores destacam que a oficina pedagógica deve ser entendida como um espaço de interação ativa em que teoria e prática se entrelaçam por meio do “aprender fazendo”. Pinheiro *et al.* (2024) sistematizam pressupostos e princípios pedagógicos que sustentam essa metodologia, como a participação coletiva, a pedagogia da pergunta em contraposição à pedagogia da resposta, a tendência à interdisciplinaridade, a valorização do trabalho em grupo e a integração entre docência, investigação e prática. Nessa perspectiva, a oficina é mais do que um recurso didático: é uma abordagem que rompe com a fragmentação tradicional dos processos de ensino e aprendizagem, favorecendo a construção de conhecimentos articulados ao contexto social e cultural.

Quanto às funções dos oficinairos, Pinheiro *et al.* (2024) enfatizam a redefinição dos papéis de docentes e discentes em um processo horizontal. O professor assume o papel de coordenador e mediador, estimulando e orientando o grupo, enquanto os estudantes são compreendidos como sujeitos ativos, corresponsáveis pela própria aprendizagem. Essa dinâmica, segundo os autores, cria condições para o exercício da autonomia, da cooperação e da criatividade no processo pedagógico.

Além disso, Pinheiro *et al.* (2024) apresentam indicações metodológicas para o planejamento e a execução de oficinas pedagógicas, sugerindo elementos como: definição clara do título e da justificativa; análise do público-alvo; elaboração de problematizações que orientem a construção do conhecimento; organização de objetivos e conteúdos de forma integrada; escolha de dinâmicas que articulem teoria e prática; e estratégias para materializar e socializar as produções dos participantes. Nessa lógica, a oficina não se encerra na vivência coletiva, mas prevê momentos de avaliação formativa, de devolutiva ao grupo e de reflexão crítica sobre o processo desenvolvido. Assim, o estudo desses autores oferece aportes atualizados que fortalecem a compreensão da oficina pedagógica como uma metodologia investigativa, dialógica e flexível, capaz de ser adaptada a diferentes áreas do conhecimento e contextos educativos.

3.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES

A atividade foi realizada no dia 13 de agosto de 2015, com duração total de cinco horas/aula, envolvendo 27 estudantes do primeiro e segundo ano do Ensino Médio de um colégio estadual localizado no município de Maringá (PR). A oficina pedagógica foi planejada e conduzida por licenciandas de Ciências Biológicas, bolsistas do PIBID, com o apoio da supervisora escolar. A escolha da turma ocorreu por conveniência, em função da parceria estabelecida entre a universidade e a escola, e contou com a participação de alunos de ambos os gêneros, com idades entre 15 e 17 anos.

O PIBID, promovido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e regulamentado pelo Decreto nº 7.219/2010, constitui uma política voltada à valorização do magistério e ao fortalecimento da formação de professores para a Educação Básica, por meio de ações complementares, prático-pedagógicas e de monitoria, que possibilitam a articulação entre teoria e prática, promovendo experiências significativas de ensino e aprendizagem (Brasil, 2010; Melo; França-Carvalho, 2017).

Na Universidade Estadual de Maringá (UEM), o subprojeto de Biologia envolve licenciandos em formação inicial e professores em formação continuada, articulando atividades de estudo, planejamento, troca de conhecimentos e participação em eventos científicos, de modo a ampliar a compreensão sobre o ensino de Ciências e Biologia e estimular a reflexão crítica sobre a prática docente (Oliveira; Moreira; Corazza, 2016; Fujii, 2016). Nesse contexto, a oficina realizada proporcionou aos bolsistas a oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos no curso, desenvolver habilidades de mediação pedagógica e favorecer a aprendizagem significativa dos alunos participantes.

3.2 PROCEDIMENTOS

Para a organização das aulas e atividades, adotou-se a dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos, proposta por Delizoicov e Angotti (1990), inspirada na concepção de Paulo Freire (1987) e posteriormente explorada por diversos pesquisadores. Tal abordagem busca concretizar uma educação dialógica, em que o professor atua como mediador da relação entre o conteúdo escolar e a realidade vivida pelos alunos. Na perspectiva da educação dialógica, aprender implica apropriar-se do significado dos conteúdos, relacioná-los a aspectos históricos, sociais e culturais, e desenvolver uma postura crítica e sistemática. Ensinar, portanto, não significa transmitir conhecimentos prontos, mas criar condições para que o estudante os produza ou reconstrua. Os Três Momentos Pedagógicos se organizam em três etapas principais:

- **Problematização inicial:** apresentação de situações ou questões para discussão, buscando relacionar os conteúdos a realidades conhecidas pelos alunos, mas ainda não compreendidas sob a ótica científica;
- **Organização do conhecimento:** estudo sistemático dos conceitos, definições, relações e leis necessários para a compreensão do tema;
- **Aplicação do conhecimento:** utilização dos saberes construídos para interpretar e analisar situações, articulando conceitos científicos a fenômenos da realidade.

Essa proposta metodológica tem sido aplicada em diferentes contextos educacionais, promovendo o vínculo entre ciência e cotidiano, estimulando o questionamento, a reflexão e a formação crítica dos estudantes. A oficina foi estruturada em três momentos principais:

- **Problematização inicial:** a atividade iniciou-se com a apresentação de uma notícia de jornal sobre um suposto “serial killer” em Maringá (Zaremba, 2015). A partir do caso, os alunos foram convidados a levantar hipóteses sobre vestígios que poderiam ser utilizados pela polícia para identificar criminosos. As respostas foram registradas no quadro e discutidas coletivamente. Em seguida, foi exibido um trecho da série *CSI*, com o intuito de aproximar o tema da realidade midiática e estimular a reflexão.
- **Fundamentação teórica e práticas:** foram abordados, por meio de projeção multimídia, conteúdos sobre histórico e aplicação da ciência forense, toxicologia, genética e biologia forense, entomologia, criminalística, coleta de vestígios e

biometria. Paralelamente, realizou-se um experimento de revelação e comparação de impressões digitais com vapor de iodo, utilizando documentos de identidade dos alunos como material de análise.

- **Cena de crime fictícia:** durante o intervalo, as licenciandas organizaram no auditório uma cena de crime simulada, com a utilização de recursos simples (molde de corpo em EVA, *ketchup* representando sangue, fios de cabelo, pegadas de barro e arma branca). Após o retorno, os estudantes assumiram papéis como peritos, suspeitos, testemunhas e júri popular, com o objetivo de analisar evidências, reconstruir os fatos e solucionar o caso. A atividade foi concluída com a encenação de um julgamento.

3.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Ao final da oficina, foi aplicado um questionário avaliativo composto por seis questões, envolvendo tanto perguntas discursivas quanto objetivas, com o objetivo de identificar a percepção dos estudantes sobre diferentes aspectos da atividade. Os eixos avaliados contemplaram: (i) organização das atividades; (ii) relevância e interesse do tema; (iii) atualidade e importância do conteúdo; (iv) clareza na condução das atividades; (v) atuação das pibidianas em relação ao domínio do conteúdo e à didática; e (vi) avaliação geral da oficina. As respostas foram organizadas conforme o Quadro 1, permitindo a sistematização das informações para posterior análise.

Quadro 1. Estrutura do questionário avaliativo aplicado ao final da oficina

Questão	Pergunta
1	Como você avalia a organização geral da oficina? () Ótima () Boa () Regular () Ruim
2	O tema tratado na oficina foi relevante para sua aprendizagem? () Sim () Parcialmente () Não
3	O conteúdo trabalhado na oficina é atual e importante para a sua formação? Justifique.
4	As atividades foram conduzidas de forma clara e compreensível? () Sim () Parcialmente () Não
5	Como você avalia a atuação das pibidianas em relação ao domínio do conteúdo e didática?
6	De modo geral, como você avalia a oficina? () Ótima () Boa () Regular () Ruim

Fonte: Os autores, 2025.

Os dados coletados foram tratados de duas formas complementares. As questões objetivas foram sistematizadas em gráficos e analisadas de forma descritiva, possibilitando a visualização das tendências de respostas e a identificação de padrões. Já as questões discursivas foram examinadas por meio da técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), que permitiu a categorização das falas e a interpretação dos significados atribuídos pelos estudantes à experiência vivenciada. Essa abordagem possibilitou articular

os resultados obtidos com a literatura sobre o ensino de Biologia e metodologias ativas, ampliando a compreensão sobre as potencialidades pedagógicas da oficina e sua contribuição para a aprendizagem dos alunos.

A oficina foi realizada em ambiente escolar com autorização da direção e supervisão docente. Os questionários foram respondidos de forma voluntária e anônima, garantindo o sigilo das informações. Os alunos foram informados de que os dados seriam utilizados para fins acadêmicos e de pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A oficina possibilitou aos estudantes do Ensino Médio uma experiência diferenciada de aprendizagem, integrando conceitos biológicos a situações concretas de investigação criminal. O experimento de revelação de impressões digitais com vapor de iodo destacou-se como um dos momentos de maior envolvimento. Os estudantes observaram como os resíduos deixados pelos dedos – compostos de gordura, suor, aminoácidos e proteínas – tornaram-se visíveis ao entrarem em contato com os vapores sublimados do iodo, adquirindo tonalidade acastanhada. A prática despertou interesse ao evidenciar de forma simples como procedimentos científicos são aplicados em contextos reais, aproximando o conteúdo escolar do cotidiano.

Na etapa da cena de crime fictícia, os alunos participaram ativamente da análise de evidências e da simulação de julgamento. O processo envolveu a observação detalhada de vestígios, a escuta de testemunhos e a avaliação crítica de diferentes possibilidades para a resolução do caso. Essa dinâmica favoreceu a construção coletiva de hipóteses, estimulando a argumentação, o raciocínio lógico e a tomada de decisões baseadas em dados, aspectos fundamentais para a aprendizagem significativa em Ciências (Krasilchik; Marandino, 2004).

A análise dos questionários aplicados ao final da oficina reforçou a receptividade positiva da proposta. Para as questões objetivas, os dados foram sistematizados em gráficos, permitindo identificar padrões de respostas. Já as questões discursivas foram interpretadas a partir da Análise de Conteúdo de Bardin (2011), que possibilitou a categorização das percepções dos estudantes em três grandes eixos: **aprendizagem conceitual, motivação/engajamento e aplicabilidade do conhecimento**.

As falas evidenciaram que muitos alunos reconheceram a importância de relacionar a Biologia a situações do cotidiano, especialmente quando associada à resolução de problemas. Comentários que destacaram a “forma diferente de aprender Biologia” ou a

“possibilidade de pensar como peritos” revelam a valorização do caráter investigativo da oficina. Outro grupo de respostas enfatizou a motivação, sobretudo pelo uso de recursos midiáticos, como trechos da série *CSI*, e pelas práticas experimentais, que, segundo os alunos, “tornaram a aula mais divertida e próxima da realidade”. Por fim, emergiram percepções que ressaltaram a aplicabilidade dos conteúdos, com destaque para o reconhecimento da ciência forense como área interdisciplinar e socialmente útil.

A seguir, sintetizam-se os principais resultados do questionário aplicado aos 27 participantes no Quadro 2:

Quadro 2. Avaliação dos estudantes sobre a oficina pedagógica de ciência forense

Questão avaliada	Ótimo (%)	Bom (%)	Regular (%)	Ruim (%)
Organização da oficina	70	25	5	0
Relevância do tema abordado	80	20	0	0
Atualidade e importância do conteúdo	75	25	0	0
Clareza na condução das atividades	65	30	5	0
Atuação das pibidianas (conhecimento e didática)	78	22	0	0
Avaliação geral da oficina	82	18	0	0

Fonte: Os autores, 2025.

Os dados evidenciam altos índices de aceitação em todos os aspectos avaliados, sem registros de insatisfação significativa. A triangulação entre os resultados quantitativos e a análise qualitativa das respostas discursivas permitiu compreender que a oficina foi valorizada não apenas pelo conteúdo, mas também pela forma como possibilitou o protagonismo, diálogo e construção coletiva do conhecimento.

Além disso, a inserção de recursos audiovisuais, como trechos da série *CSI*, foi apontada como elemento motivador, por relacionar o conteúdo escolar a referências culturais próximas ao universo desses jovens. Segundo Silva e Rosa (2013), a televisão e outras mídias audiovisuais podem ser inclusos como recursos pedagógicos relevantes, pois ampliam a compreensão dos conteúdos e tornam o aprendizado mais dinâmico e atraente. No caso desta oficina, a combinação entre mídia, prática experimental e dramatização promoveu a participação ativa dos estudantes, favorecendo a construção de concepções.

De modo geral, os resultados indicam que a oficina sobre ciência forense se constituiu em uma estratégia didática inovadora, capaz de superar limitações frequentemente associadas ao ensino de Biologia, marcado por abordagens excessivamente teóricas e fragmentadas. A atividade proporcionou uma experiência interdisciplinar, promovendo tanto o aprendizado conceitual quanto o desenvolvimento de habilidades investigativas, colaborativas e argumentativas, em consonância com os princípios da

análise de conteúdo de Bardin (2011), que ressalta a importância de interpretar sentidos e concepções nas manifestações discursivas dos sujeitos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da Oficina Temática sobre ciência forense com estudantes do Ensino Médio evidenciou que, inicialmente, os alunos possuíam conhecimento limitado acerca do desenvolvimento histórico, dos recursos e da relevância da ciência forense no contexto criminal brasileiro, associando-a predominantemente às representações midiáticas de séries televisivas norte-americanas. Nesse sentido, a oficina contribuiu para ampliar a compreensão dos estudantes sobre a aplicação da ciência forense na investigação criminal no Brasil, bem como sobre a formação acadêmica e profissional necessária para atuar nessa área.

As atividades propostas, que incluíram discussão de fatos, análise de trechos de séries televisivas e investigação de uma cena de crime fictícia, foram avaliadas de forma positiva pelos participantes. Os resultados quantitativos do questionário apontaram altos índices de satisfação em todos os aspectos analisados: mais de 70% dos estudantes classificaram a organização, clareza e relevância da oficina como “ótima”, e nenhum registro de avaliação negativa foi identificado. Já as respostas discursivas, analisadas segundo a técnica de Análise de Conteúdo, revelaram três categorias principais: **aprendizagem conceitual**, quando os alunos destacaram a oportunidade de compreender conteúdos de Biologia aplicados à prática forense; **motivação**, expressa na valorização do caráter investigativo, do uso de recursos audiovisuais e da dramatização; e **aplicabilidade social do conhecimento**, ressaltada pela compreensão da ciência forense como área interdisciplinar e de relevância social.

De forma mais ampla, a oficina possibilitou reflexões sobre a ciência e a tecnologia, suas causas e consequências, os interesses que as permeiam e sua construção social, contribuindo para a compreensão crítica do papel do desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade contemporânea. Assim, a experiência evidenciou que oficinas temáticas interdisciplinares podem ser estratégias pedagógicas eficazes para o ensino de Biologia, favorecendo aprendizagens relevantes, o pensamento crítico, a integração entre teoria e prática e a contextualização do conhecimento científico.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BERRIEL, Y. G.; BABÁ, A. Y.; OSSUCCI, G.; GIANOTTO, D. E. P. Mini-curso “biologia forense: a ciência desvendando o crime” - discutindo tecnologia e ciência em sala de aula. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 8, n. 1, p. 53-58, jan/jun 2011. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ch/article/view/584>. Acesso em: 17 set. 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.219, de 24 de junho de 2010. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 120, p. 4-5, 25 jun. 2010.

CHEMELLO, E. Ciência forense: Impressões Digitais. **Química Virtual**. Dezembro, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Cambridge: University Press, 1987.

FUJII, R. A. X. **Textos de Divulgação Científica na Prática Reflexiva de Professores de Biologia**. Tese (Doutorado em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/221>. Acesso em: 18 fev. 2024.

HOUCK, M. M.; SWONETZ, B. A realidade do CSI. **Scientific American Brasil**, 51 ed., ago. 2006. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/a_realidade_do_csi_imprimir.html. Acesso em: 28 mai. 2015.

IPOG. **Perícia Criminal e Ciências Forenses**. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/pos-graduacao/direito/pericia-criminal-e-ciencias-forenses>. Acesso em: 28 mai. 2015.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna. 2004.

MAGALHÃES, T.; PINHEIRO, M. F.; RANGEL, R. **Noções gerais sobre outras ciências forenses**. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto/ Medicina legal - 2003/2004. Disponível em: <http://medicina.med.up.pt/legal/NocoasGeraisCF.pdf>. Acesso em 28 abr. 2015.

MELO, R. A.; FRANÇA-CARVALHO, A. D. Contribuições do PIBID para a formação de professores de biologia. **Crítica Educativa**, Sorocaba, v. 3, n. 2, p. 465-478, jan./jun., 2017. DOI: <https://doi.org/10.22476/revcted.v3i2.111>

MUSSI, R. F. F.; FLORES, F. F.; ALMEIDA, C. B. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 17, n. 48, p. 60-77, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010>

OLIVEIRA, A. L. de; MOREIRA, A. L. O. R.; CORAZZA, M. J. (Org.). **Formação de professores de Ciências: reflexões e práticas no contexto do Pibid-Biologia-UEM**. Maringá: Massoni, 2016.

PINHEIRO, N. V.; SELLIN, W. D.; SILVA, F. D. T.; SILVA, C. F. C. R. Revisitando a oficina pedagógica como metodologia de ensino e aprendizagem: aportes teóricos e indicações metodológicas. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 18, n. 1, p. e6406201, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14244/reveduc.v18i1.6406>

RIBEIRO, K. S.; FRIEDRICH, L. C.; PARISOTO, M. F.; RUFATO, F. D. Da cena do crime ao laboratório: a ciência forense como metodologia de ensino. **Revista Ciências & Ideias**, Nilópolis, v. 15, n. 1, p. e24152378, jan./dez., 2024. DOI: <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2378>

ROCHA, T. M.; COVRE, A. C.; FUJJI, R. A. X. Oficina sobre ciência forense no ensino de Biologia. In: OLIVEIRA, A. L. de; MOREIRA, A. L. O. R.; CORAZZA, M. J. (Org.). **Formação de professores de Ciências: reflexões e práticas no contexto do Pibid-Biologia-UEM**. 1ed. Maringá: Massoni, 2016, p. 157-169.

SANTOS, A. C. B. **O que é oficina pedagógica**. 19 ago. 2008. Disponível em: <http://cesarbrito-jha.blogspot.com.br/2008/08/o-que-oficina-pedaggica.html>. Acessado em: 20 mai. 2015.

SEBASTIANY, A. P., PIZZATO, M. C., DEL PINO, J. C., & SALGADO, T. D. M. O uso da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia de ensino para a compreensão de conceitos científicos. **Educação Química**, Cidade do México, v. 24, n 1, p. 49-56, janeiro de 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000100009&lng=es&nrm=iso. Acessado em 17 de setembro de 2025.

SILVA, P. S.; ROSA, M. F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 3, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3895/S1982-873X2013000300009>

SOUZA, C. M. **Ciências forenses em sala de aula**. 2008. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772/>. Acesso em 29 abr. 2015.

VIEIRA, E.; VOLQUIND, L. **Oficinas de Ensino: O quê? Por quê? Como?** 4. ed. Porto Alegre. EDIPUCRS, 2002.

ZAREMBA, J. Polícia prende suposto ‘serial killer’ de mulheres em Maringá, no Paraná. In: **Extra.Globo**. Publicada em 31 de julho de 2015. Disponível em: <http://extra.globo.com/casos-de-policia/policia-prende-suposto-serial-killer-de-mulheres-em-maringa-no-parana-17033655.html#ixzz49EGza1kL>. Acessado em: 20 mai. 2015.

CAPÍTULO 4: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: POTENCIALIDADES DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS NO ESTUDO DE CÉLULAS

Thaís Mendes Rocha¹, Amanda Caroline Covre²

1 INTRODUÇÃO

O estudo das células acompanha a história da Biologia desde o século XVII, quando Robert Hooke, em 1665, descreveu pela primeira vez as estruturas que denominou de células, a partir da observação das paredes celulares de tecidos vegetais mortos. Nos séculos seguintes, avanços como a formulação da Teoria Celular por Schleiden e Schwann, na década de 1830, e sua ampliação por Virchow, em 1855, consolidaram a compreensão de que a célula constitui a unidade estrutural e funcional da vida. Desde então, a Biologia Celular – anteriormente chamada de citologia – evoluiu consideravelmente, incorporando métodos e técnicas que permitiram compreendê-la como um sistema dinâmico em constante interação com o meio (Junqueira; Carneiro, 2005). Esse corpo de conhecimentos, traduzido e adaptado nos livros didáticos, tornou-se parte essencial dos currículos escolares de Ciências e Biologia.

Contudo, Rocha e Silveira (2010) evidenciam que persiste uma defasagem entre os conteúdos previstos em documentos oficiais e materiais didáticos e o aprendizado efetivo dos estudantes, muitos dos quais concluem a Educação Básica ou ingressam no Ensino Superior sem a consolidação adequada dos conceitos fundamentais de Biologia Celular.

O ensino de Ciências ocupa papel central na formação dos estudantes da educação básica, na medida em que possibilita a compreensão de fenômenos naturais, a leitura crítica do mundo e o desenvolvimento de competências necessárias para o exercício da cidadania. Entretanto, o cenário educacional brasileiro ainda enfrenta desafios relacionados às práticas pedagógicas que predominam nas escolas. Muitas vezes, o ensino de Ciências reduz-se à transmissão de conteúdos de forma fragmentada e à memorização de termos técnicos, o que dificulta a aprendizagem e o interesse dos alunos.

Diante dessa realidade, diferentes propostas metodológicas têm sido discutidas com o intuito de promover a participação ativa dos estudantes no processo de ensino-

¹ Doutoranda em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: profthaismendesrocha@gmail.com

² Doutoranda em Ciências Ambientais. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: amandacovre@gmail.com

aprendizagem. Entre elas, destacam-se os Três Momentos Pedagógicos (Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento), sistematizados por Delizoicov e Angotti (1994), inspirados na concepção de educação crítica proposta por Freire. Essa metodologia visa articular o conhecimento científico às vivências dos alunos, estimulando o diálogo, a reflexão e a construção coletiva do saber (Muenchen, 2010; Gehlen; Maldaner; Delizoicov, 2012). Assim, o ensino de Biologia Celular pode deixar de ser apenas um conjunto de informações fragmentadas para se tornar uma experiência de aprendizagem, conectada às vivências dos alunos e ao desenvolvimento de sua compreensão sobre a vida.

Nesse contexto, a etapa de Aplicação do Conhecimento torna-se essencial, pois é nela que os estudantes mobilizam os conceitos aprendidos para interpretar situações concretas, relacionando teoria e prática. Mais do que verificar se os conteúdos foram memorizados, essa fase possibilita avaliar se os alunos são capazes de utilizar o conhecimento científico como ferramenta para compreender o mundo, analisar problemas e propor soluções. Essa perspectiva aproxima o ensino de Ciências da proposta da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a importância da investigação, da argumentação e da contextualização como eixos centrais para a aprendizagem.

A escolha do tema “Células” como objeto deste estudo justifica-se por sua relevância na Biologia e por sua presença recorrente nos currículos da educação básica. Apesar de sua importância, a Biologia Celular costuma ser percebida pelos estudantes como uma área de difícil compreensão, em grande parte devido à ênfase na memorização de estruturas e funções, sem a devida articulação com situações reais. Atividades práticas, modelos didáticos e estratégias investigativas apresentam-se, nesse sentido, como caminhos para tornar a aprendizagem mais significativa.

A questão que orienta esta pesquisa é: **de que forma a etapa de Aplicação do Conhecimento, dentro da proposta dos Três Momentos Pedagógicos, pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conteúdos relacionados à Biologia Celular no Ensino Fundamental?**

Assim, este capítulo busca contribuir para o debate sobre metodologias no ensino de Ciências, apresentando um estudo desenvolvido no âmbito do estágio supervisionado em uma turma de 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública estadual.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a influência da etapa de Aplicação do Conhecimento no processo de ensino-aprendizagem de Ciências, tendo como recorte a abordagem do tema “Células” no Ensino Fundamental. De forma mais específica, busca-

se identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática, elaborar e aplicar uma sequência didática estruturada nos Três Momentos Pedagógicos, comparar os resultados de instrumentos avaliativos aplicados antes e após a intervenção e, por fim, analisar as potencialidades e os desafios da etapa de Aplicação do Conhecimento na consolidação da aprendizagem científica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Ciências na educação básica tem sido historicamente marcado por práticas transmissivas, centradas na memorização de conteúdos e na reprodução de informações. Tal abordagem, embora ainda presente em muitas escolas, tem sido fortemente criticada por pesquisadores da área (Delizoicov, 1991; Malafaia; Rodrigues, 2008), que destacam sua limitação em promover aprendizagens significativas e no desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. Nesse contexto, o referencial freireano constitui-se em um marco fundamental, ao defender que a educação deve ser problematizadora, dialógica e libertadora (Freire, 1996), permitindo ao aluno compreender sua realidade e intervir nela.

Inspirados nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1994) sistematizaram os Três Momentos Pedagógicos (3MP) como estratégia metodológica para o ensino de Ciências. Essa proposta, posteriormente aprofundada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), organiza-se em três etapas interdependentes: a Problematização Inicial, que busca levantar os conhecimentos prévios dos estudantes e estimular questionamentos; a Organização do Conhecimento, voltada à sistematização dos conteúdos científicos em diálogo com as problematizações levantadas; e a Aplicação do Conhecimento, momento em que os conceitos aprendidos são mobilizados para interpretar e compreender situações concretas. Estudos como os de Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) reforçam que essa metodologia possibilita aos estudantes transcenderem a mera memorização, alcançando a compreensão crítica e contextualizada dos conteúdos.

No ensino de Biologia, a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos revela-se particularmente fecunda, sobretudo quando aplicada a conteúdos tradicionalmente considerados abstratos, como a Biologia Celular. Segundo Bastos e Faria (2011), muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender a célula como unidade estrutural e funcional dos seres vivos, restringindo-se à memorização de organelas e funções sem estabelecer relações com fenômenos do cotidiano. Pesquisas que exploram práticas didáticas diferenciadas, como uso de modelos tridimensionais, experimentação e

atividades investigativas, apontam para uma melhoria na aprendizagem, sobretudo quando associadas a metodologias que priorizam o protagonismo do aluno (Ataide; Silva, 2011).

Outro aspecto relevante é a consonância dos Três Momentos Pedagógicos com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2017), que valoriza a formação integral do estudante, o desenvolvimento de competências e habilidades, bem como a promoção de práticas investigativas e interdisciplinares. A BNCC orienta o ensino de Ciências a articular conceitos, procedimentos e atitudes, de modo a possibilitar a compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos em sua complexidade, o que reforça a pertinência do uso dessa metodologia no contexto da educação básica.

A literatura também evidencia desafios para a efetivação dessa proposta. De acordo com Muenchen (2010), a disseminação dos Três Momentos Pedagógicos enfrenta obstáculos relacionados à formação docente, à carência de recursos didáticos e às condições estruturais das escolas públicas. Ademais, persiste uma tendência à superficialidade na etapa da Aplicação do Conhecimento, que muitas vezes se limita a exercícios de fixação, sem alcançar a reflexão crítica almejada.

No contexto do ensino de Biologia Celular, Carlan, Sepel e Loreto (2013) destacam que a exploração de diferentes recursos didáticos constitui uma estratégia relevante para a superação de práticas pedagógicas centradas exclusivamente no livro didático e na memorização de conceitos. Em sua pesquisa com estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, os autores verificaram que atividades como aulas práticas com microscópio, utilização de réplicas históricas, leitura de gibis educativos e confecção de modelos possibilitaram maior motivação e aproximação entre os conteúdos de Biologia Celular e o cotidiano dos alunos. Os resultados evidenciaram, contudo, que enquanto houve melhora na compreensão de questões relacionadas ao crescimento do organismo e à regeneração dos tecidos, as dificuldades persistiram em conteúdos que demandavam memorização de informações sobre organelas. Nesse sentido, os autores defendem a necessidade de repensar a abordagem da temática no Ensino Fundamental, priorizando metodologias que respeitem o nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes e que favoreçam experiências de aprendizagem contextualizadas, capazes de estimular o interesse e a apropriação crítica dos conhecimentos científicos.

A pesquisa de Rocha e Silveira (2010), realizada com 42 estudantes ingressantes nos cursos de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pelotas, revelou que muitos apresentam pouco conhecimento sobre conceitos básicos relacionados às células. Os autores observaram que os alunos tiveram maiores dificuldades em expressar seus saberes

por meio de esquemas, em comparação às respostas objetivas, o que evidencia lacunas na aprendizagem de Biologia Celular ao longo da Educação Básica. Esses resultados reforçam a necessidade de repensar as práticas pedagógicas empregadas no ensino desse conteúdo, tanto no nível escolar quanto no ensino superior, apontando para a importância da adoção de metodologias inovadoras e contextualizadas que superem abordagens tradicionais e possibilitem uma aprendizagem mais significativa.

Ao discutir a necessidade de metodologias diferenciadas no ensino de Ciências, Rocha *et al.* (2015) relatam uma experiência inclusiva voltada para alunos surdos no ensino de conteúdos de Biologia Celular e Histologia. O estudo, desenvolvido em uma escola pública de Bandeirantes-PR, evidenciou que a utilização de recursos didáticos variados — como modelos confeccionados com massa de modelar — contribuiu para a compreensão conceitual e o engajamento dos estudantes. Além disso, os autores destacam a relevância da presença do intérprete de Libras em sala de aula e da formação docente voltada à inclusão, fatores essenciais para a efetivação de práticas pedagógicas acessíveis. A pesquisa demonstra que a adoção de estratégias diversificadas não apenas favorece a aprendizagem de alunos surdos, mas também reforça a importância de metodologias que contextualizem e aproximem os conceitos de Biologia da realidade dos estudantes, ampliando as possibilidades de construção do conhecimento científico de forma significativa e inclusiva.

Portanto, o referencial teórico que sustenta este estudo aponta para a necessidade de repensar práticas de ensino que reduzam a Biologia Celular a esquemas de memorização. Ao articular o aporte freireano, os Três Momentos Pedagógicos e as orientações da BNCC, evidencia-se que a etapa de Aplicação do Conhecimento tem potencial para favorecer aprendizagens significativas, o desenvolvimento da autonomia intelectual e a formação de sujeitos críticos, capazes de utilizar o conhecimento científico para interpretar e transformar a realidade em que vivem.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no contexto do Estágio Supervisionado em Ciências, realizado em uma turma de 7º ano do Ensino Fundamental de um colégio estadual do município de Maringá-PR. A turma era composta por 26 estudantes, com idades entre 12 e 13 anos, de diferentes níveis de desempenho escolar. A escolha dessa turma deve-se à relevância do tema “Células” no currículo do ensino fundamental e à possibilidade de articular o conteúdo com metodologias investigativas.

O estudo foi estruturado com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), buscando promover um ensino dialógico e significativo. Na primeira etapa, denominada Problematização Inicial, aplicou-se um questionário diagnóstico (Figura 1) com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre Biologia Celular. As questões abordavam desde a localização e função das células até a diferenciação entre células animais, vegetais, eucariontes e procariontes.

Na segunda etapa, correspondente à Organização do Conhecimento, foram realizadas aulas dialogadas e expositivas, articuladas à contextualização histórica do desenvolvimento da teoria celular e ao estudo dos principais cientistas responsáveis por esse avanço. Além disso, foram propostas atividades de resolução de exercícios, discussões em grupo e práticas investigativas no laboratório de Ciências, nas quais os estudantes puderam observar lâminas em microscópios e registrar suas percepções.

Ainda nesta etapa, os alunos participaram da construção de modelos didáticos tridimensionais (maquetes) que representavam células animais e vegetais, favorecendo a visualização das organelas e sua relação com o funcionamento celular. Essa atividade buscou articular aspectos cognitivos, motores e criativos, de modo a ampliar a compreensão conceitual dos estudantes.

Por fim, na terceira etapa, a Aplicação do Conhecimento, os alunos foram desafiados a mobilizar os conceitos aprendidos para analisar novas situações, resolver problemas propostos e discutir a importância da célula como unidade fundamental da vida. Nesse momento, reaplicou-se o mesmo questionário inicial (Figura 1), permitindo comparar os avanços conceituais alcançados após a sequência didática. A análise buscou identificar não apenas o número de respostas corretas, mas também a qualidade das explicações oferecidas pelos estudantes.

Figura 1. Questionário aplicado aos alunos

QUESTIONÁRIO - DATA: ____/____/____

- 1- Onde podemos encontrar as células?
- 2- Quais são as principais estruturas das células?
- 3- Qual é a importância das células?
- 4- Identifique nas figuras abaixo qual é a célula animal e qual é a célula vegetal:



-
- 5- Quais são suas principais diferenças?
 - 6- Essas células são classificadas como procarióticas ou eucarióticas? Por quê?
 - 7- Dê um exemplo de ser vivo em que podemos encontrar uma célula procariótica e uma eucariótica.

Fonte: Os autores, 2025.

A Figura 1 apresenta o questionário aplicado, utilizado tanto no diagnóstico inicial quanto na avaliação final, configurando-se como o principal instrumento para o levantamento de dados sobre a aprendizagem dos estudantes.

Os dados coletados foram submetidos a uma análise quali-quantitativa, integrando dimensões quantitativas e qualitativas. Na perspectiva quantitativa, considerou-se o número de respostas corretas nos pré e pós-testes, permitindo avaliar o desempenho dos alunos diante da proposta pedagógica. Na dimensão qualitativa, investigaram-se as justificativas fornecidas pelos estudantes e as mudanças observadas em suas concepções, possibilitando compreender a construção de significados e a superação de concepções simplistas ou equivocadas. Essa abordagem mista oferece uma compreensão mais ampla dos efeitos da intervenção educativa, indo além da simples mensuração de desempenho e favorecendo a análise da aprendizagem em termos de compreensão conceitual e desenvolvimento cognitivo, conforme recomendado por Creswell (2014).

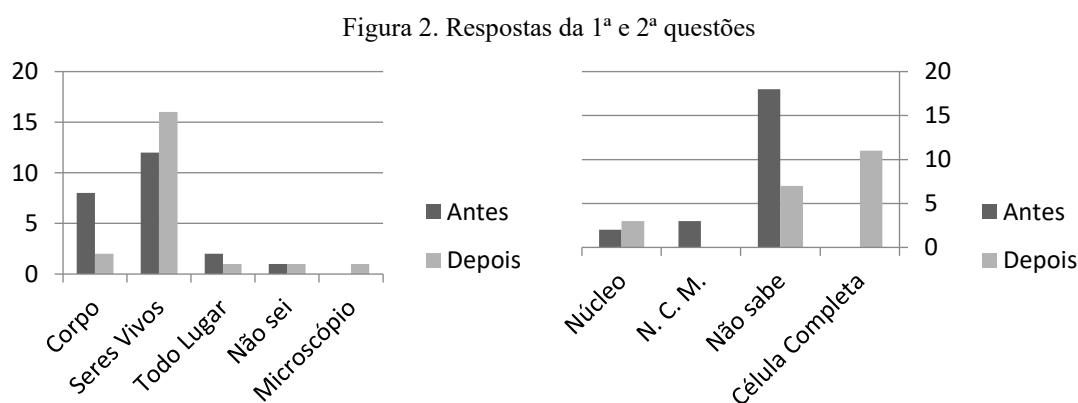
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa evidenciaram avanços no aprendizado dos estudantes após a aplicação da sequência didática fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos. O questionário diagnóstico inicial, respondido por 23 alunos, revelou uma compreensão limitada sobre Biologia Celular, com respostas majoritariamente gerais e pouco detalhadas.

Essa constatação corrobora estudos de Driver *et al.* (1985), que ressaltam a importância de considerar os conhecimentos prévios das crianças como ponto de partida para a aprendizagem escolar.

Na primeira questão, que investigava onde as células podem ser encontradas, os alunos indicaram respostas vagas como “nos seres vivos”, “no corpo” e “em todo lugar”. Essa generalidade sugere que já havia sido apresentada uma introdução ao tema em séries anteriores, mas sem aprofundamento conceitual. Uma resposta distinta foi “podemos encontrar as células no microscópio”, o que denota a associação direta com a experiência prática, mas não com o conceito biológico. Esse dado reforça a observação de Coll (1987) de que os conhecimentos prévios atuam como sistemas de interpretação que precisam ser ressignificados pela ação pedagógica.

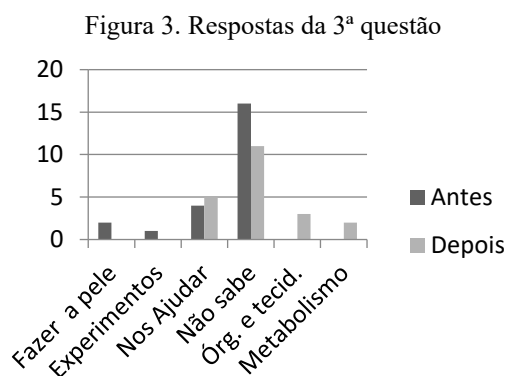
Na segunda questão, sobre as estruturas que compõem a célula, a maioria dos estudantes declarou não saber responder. Apenas alguns mencionaram o núcleo e, em menor número, o citoplasma e a parede celular. No entanto, após a sequência didática, observou-se uma mudança expressiva: muitos passaram a citar núcleo, membrana plasmática, citoplasma, parede celular e organelas, incluindo a nomeação de algumas delas. Esse avanço indica a efetividade das práticas investigativas e da construção de modelos didáticos, uma vez que os alunos demonstraram capacidade de detalhar a organização celular (Figura 2).



Fonte: Os autores, 2025.

Na análise das respostas à questão 3, apresentadas na Figura 3, observou-se que alguns alunos reconheceram que a célula desempenha um papel fundamental na formação de órgãos e tecidos. Essa percepção indica que os estudantes conseguem relacionar a célula com sua função biológica e sua distribuição no organismo, evidenciando uma compreensão

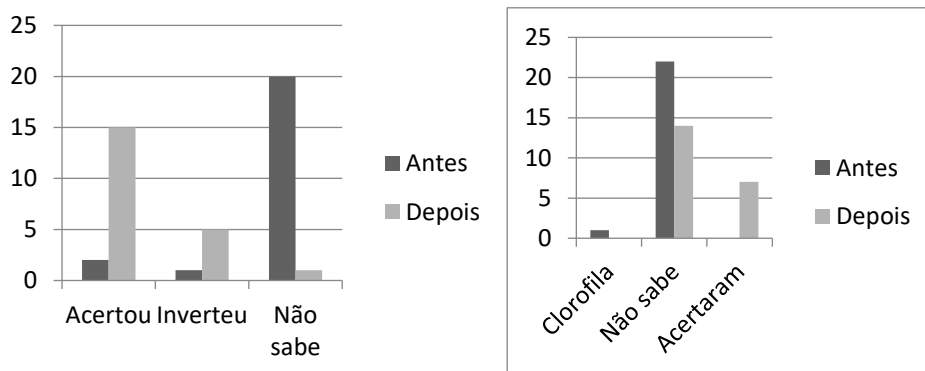
inicial sobre a organização estrutural dos seres vivos. Além disso, tais respostas refletem a capacidade dos alunos de estabelecer conexões entre conceitos microscópicos e macroscópicos, demonstrando um nível de conhecimento que vai além da identificação isolada da célula, alcançando uma noção de hierarquia biológica e integração funcional dos sistemas corporais.



Fonte: Os autores, 2025.

Outro aspecto relevante foi a evolução das respostas referentes à diferenciação entre células animais e vegetais (questões 4 e 5), apresentadas na Figura 4. Inicialmente, a maioria não soube distinguir, e apenas um estudante apontou que a célula vegetal possui clorofila. Após as atividades de Aplicação do Conhecimento, 15 estudantes conseguiram diferenciar corretamente os dois tipos celulares, e sete reconheceram estruturas específicas como parede celular, cloroplastos e vacúolos na célula vegetal, contrastando com a ausência dessas na célula animal. Esses resultados, embora ainda insuficientes para todo o grupo, demonstram que a metodologia contribuiu para a superação de concepções simplistas. Entretanto, como destaca Malafaia (2008), compreender conceitos científicos não pode se restringir à memorização de termos, mas deve envolver a apropriação crítica e significativa dos saberes.

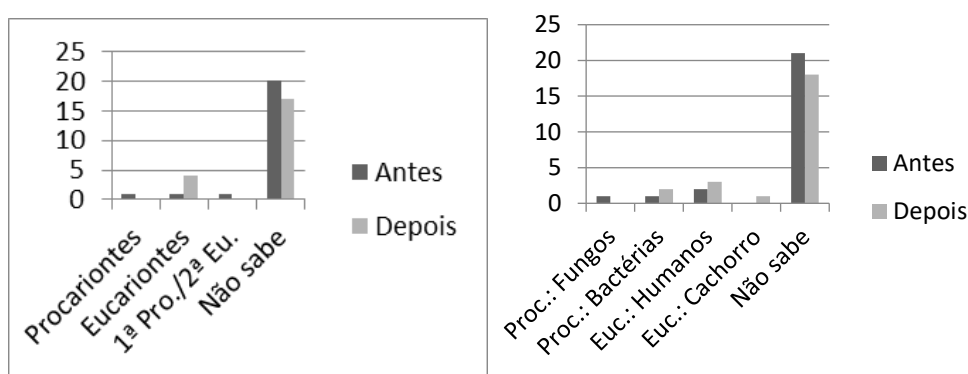
Figura 4. Respostas da 4ª e 5ª questões



Fonte: Os autores, 2025.

Na questão 6, que indagava sobre a classificação entre células procariontes e eucariontes, os resultados mostraram maior dificuldade. Apenas um aluno respondeu corretamente no diagnóstico inicial. Após a sequência, quatro estudantes acertaram, mas a maioria não respondeu (Figura 5). Essa lacuna pode estar relacionada ao fato de que as células procariontes foram trabalhadas apenas de forma teórica, sem atividades práticas complementares. Tal constatação evidencia a importância da experimentação e da problematização como estratégias para consolidar o conhecimento (Ataide; Silva, 2011).

Figura 5. Respostas da 6ª e 7ª questões



Fonte: Os autores, 2025.

Por fim, na questão 7, que solicitava exemplos de organismos eucariontes e procariontes, os alunos demonstraram avanços modestos. Enquanto inicialmente apenas três estudantes responderam (citando o ser humano, fungos e bactérias), após a sequência outros passaram a citar corretamente seres humanos, cachorros e bactérias. Apesar da melhora, o número de respostas em branco permaneceu elevado, indicando a necessidade de reforçar a contextualização do tema e ampliar as oportunidades de aplicação prática do conhecimento (Figura 5).

Esses resultados permitem afirmar que a etapa da Aplicação do Conhecimento foi decisiva para a consolidação da aprendizagem, uma vez que proporcionou condições para que os estudantes relacionassem a teoria a situações concretas. As atividades investigativas e a construção de modelos didáticos contribuíram para aumentar a motivação e facilitar a assimilação dos conteúdos, em consonância com a perspectiva defendida por Moura (2004), que ressalta a importância de metodologias dinâmicas para romper com a mecanização da educação.

Entretanto, também se verificou uma discrepância no nível de aprendizagem entre os alunos, influenciada por fatores como maturidade cognitiva, interesse individual e limitações da própria experiência docente das estagiárias. Esses aspectos reforçam a necessidade de formação continuada de professores e de políticas educacionais que garantam infraestrutura adequada para a realização de práticas investigativas.

Assim, os achados deste estudo reforçam que a aprendizagem de Biologia Celular não deve ser reduzida à memorização de conceitos, mas deve estar articulada a práticas que estimulem a problematização, a investigação e a aplicação dos conhecimentos. Tal perspectiva está em consonância com as diretrizes da LDB (Brasil, 1996) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999), que defendem a formação de um estudante crítico, capaz de compreender a ciência como parte integrante da vida social e cultural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo contribuiu para mapear o nível de conhecimento dos alunos do 7º ano do Ensino Fundamental acerca de Biologia Celular, evidenciando, em grande parte, lacunas. Essas deficiências podem ser atribuídas, em parte, à formação docente insuficiente e, em parte, à limitada motivação dos estudantes frente às atividades didáticas tradicionais. Esse cenário se acentua especialmente na rede estadual de ensino, onde a escassez de recursos para práticas laboratoriais compromete a vivência experimental, reduzindo o engajamento dos alunos com os conteúdos abordados.

Os resultados obtidos reforçam a relevância das atividades práticas no ensino de Ciências, uma vez que estas não apenas despertam maior interesse e motivação nos alunos, mas também facilitam a construção do conhecimento, promovendo um aprendizado mais significativo. Dessa forma, a implementação de estratégias pedagógicas alternativas, acessíveis e economicamente viáveis mostra-se uma abordagem promissora para dinamizar o processo de ensino-aprendizagem. Tais estratégias devem, contudo, considerar o nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes, garantindo que as atividades sejam

adequadas à sua faixa etária e promovam efetivamente a compreensão dos conceitos biológicos fundamentais.

Portanto, o estudo evidencia que práticas contextualizadas podem contribuir para superar as limitações estruturais e motivacionais presentes no ensino de Biologia, fortalecendo tanto a aprendizagem quanto a formação científica crítica dos alunos.

REFERÊNCIAS

ATAIDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. C. As metodologias de ensino de ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da ciência. **Holos**, Natal, Ano 27, v. 4. 2011. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2011.620>

BASTOS, K. M.; FARIA, J. C. N. M. Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v.7, n.13, p. 1867- 1877, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/multidisciplinar/aplicacao%20de%20modelos.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

BRASIL. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ciências naturais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1999.

CARLAN, F. A.; SEPEL, L.M. N.; LORETO, É. L. S. Explorando diferentes recursos didáticos no Ensino Fundamental: uma proposta para o ensino de célula. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 15, n. 2, p. 338-353, 2013. Disponível em: <http://posgrad.ulbra.br/periodicos/index.php/acta/article/view/265/675>. Acesso em: 18 set. 2025.

COLL, C. **Psicología y currículum**. Barcelona: Laia, 1987.

CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4. ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. 214 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematisações. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p. 125-150.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. **Children`s ideas in science**. Milton Keynes: Open University Press, 1985.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100001>

HUNSCH, S.; DELIZOICOV, D. A Abordagem Temática na perspectiva da articulação Freire-CTS: um olhar para a Instauração e Disseminação da Proposta. In: Encontro Nacional de Pesquisa, 8, dez. 2011, Universidade Estadual de Campinas. **Anais....** Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0879-1.pdf>. Acesso em: 21, ago. 2014.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

LYRA, D. G. G.; OLIVEIRA, L. G.; BARRIO, J. B. M. Os três momentos pedagógicos do ensino de ciências na educação de jovens e adultos na rede pública de Goiânia, Goiás, Brasil. O caso da dengue e o enfoque CTS. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1415-1419, 2013. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap1415.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

MAIA, N. A. **Introdução à educação moderna**. Rio de Janeiro: CEP, 1998.

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Uma reflexão sobre o ensino de ciências no nível fundamental da educação. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 1-9, jun. 2008.

MOURA, T. M. M. **Aproximações entre as ideias de Freire e Vygotsky**: importância para a prática pedagógica com jovens e adultos. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <http://www.paulofreire.ufpb.br/paulofreire/Files/seminarios/oral04.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

MUENCHEN, C. **A disseminação dos três momentos pedagógicos**: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, 2010.

ROCHA, L. R. M.; MORETTI, A. R.; COSTA, P. C. F.; COSTA, F. G. Educação de surdos: relato de uma experiência inclusiva para o ensino de ciências e biologia. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 28, n. 52, p. 377-392, maio/ago. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=313138442010>. Acesso em: 18 set. 2025.

ROCHA, M. P.; SILVEIRA, D. T. O que eles sabem sobre as células? **Revista da SBEnBio**, Campinas, n. 3, p. 876-882, out. 2010. Disponível em: https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/III_Enebio/A087.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

EIXO TEMÁTICO 3: TECNOLOGIAS DIGITAIS E METODOLOGIAS ATIVAS

CAPÍTULO 5: ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM OLHAR PARA A INTERATIVIDADE ENTRE O USUÁRIO E A TECNOLOGIA

Manuel Jesus Mamani Lopez¹, Lilian Akemi Kato²

1 INTRODUÇÃO

Ao considerarmos a Matemática como uma forma de compreender o mundo que nos rodeia, ela se torna mediadora entre a realidade e nossa compreensão dela. A realização de cálculos e demonstrações condiciona o raciocínio, a criatividade e, por que não, a capacidade de investigação sobre um determinado fenômeno. Nesse cenário, dentre as diversas tendências educacionais, destacamos a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática (MM, doravante), que possibilita a compreensão ou interpretação da realidade por meio de suas ferramentas.

A MM, definida como um “conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano” (Burak, 1992, p. 62), revela uma relação existente entre Matemática e realidade. Embora, sejam configurados em um ambiente de aprendizagem onde os participantes “[...] são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (Barbosa, 2001, p. 6), estes são considerados como dois conjuntos disjuntos sendo que o meio utilizado para eles interagirem é a MM (Biembengut, 2012).

Nessa relação entre matemática e realidade, surgem as Tecnologias Digitais (TDs, doravante), produto da ciência e da engenharia, como um auxílio aos processos da matematização, propiciando um processo de ensino-aprendizagem que se destaca por sua dinamicidade e participação em um ambiente educacional mediado por recursos tecnológicos. Nesta colaboração, as Tecnologias Digitais promovem um entendimento mais aprofundado, o que estimula o aprimoramento da habilidade de aprendizado dos participantes e os conecta a outras fontes de informação.

Diante desse entendimento, pretendemos identificar, no desenvolvimento de uma atividade de MM, a interatividade que surge entre usuário e uso das TDs segundo a classificação proposta por Nassar e Padovani (2011). Com as adaptações desta

¹ Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: manuel.lopez@docente.pr.senac.br

² Doutora em Matemática Aplicada. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: lilianakemikato@gmail.com

metodologia, as classificações de baixa, média e alta interatividade serão definidas com base no uso das TDs em ambientes educacionais.

Nesse intuito, estudos relacionados ao uso de uma metodologia, no caso a MM, também aos procedimentos lógico-matemáticos vindos de um processo de matematização, assim como a interatividade entre um usuário e o recurso digital referindo-se ao desenvolvimento de habilidades e capacidades no usuário participante³, são parte fundamental dessas ações interativas. Em conformidade com isso, Greefrath (2011) salienta que essa relação entre MM e TDs possibilita novas formas de aprendizagem.

No que se refere à produção de dados, foram convidadas 30 alunas pertencentes a uma instituição pública localizada na cidade de Huancayo, Peru. Conjuntamente com os 05 grupos de trabalho, percorreu-se 7 episódios, desenvolvendo tarefas de MM com uso de TDs por quase três semanas contínuas, tanto em sala de aula quanto nos laboratórios de computação⁴.

A escolha por produzir esses dados em uma instituição pública peruana deveu-se, primeiramente, à nacionalidade peruana do primeiro autor e à sua familiaridade com esse ambiente escolar, por já ter sido cidadão e atuado como professor nas escolas educativas. Sendo toda essa experiência profissional, parte do trabalho de doutorado do primeiro autor. Além disso, essa expertise revelou uma oportunidade genuína de desenvolver tarefas de MM com TDs, visando apresentar a proposta de ensino tanto a docentes quanto a discentes do país.

Dos resultados sobre interatividade, foram identificados níveis de interatividade que promovem o desenvolvimento de habilidades e capacidades educacionais a partir da configuração de um cenário investigativo, bem como o uso adequado das tecnologias de forma construtiva e compartilhamento de experiências com seus pares.

Em tempo, considerar a interatividade, como característica da tecnologia, segundo Nassar e Padovani (2011), é permitir que o usuário possa construir e compartilhar seu próprio conteúdo com outros usuários em decorrência da interatividade.

³ Nesta pesquisa, o termo ‘usuário participante’ será entendido como alunas participantes e vice-versa.

⁴ Toda a produção de dados descritas neste relatório fazem parte da tese intitulada: “Interatividade entre usuários e tecnologias digitais nas etapas da modelagem matemática. 2024” assim também, das permissões aprovadas relacionadas ao Copep. Todas essas, referenciada no final deste relato, nas bibliografias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

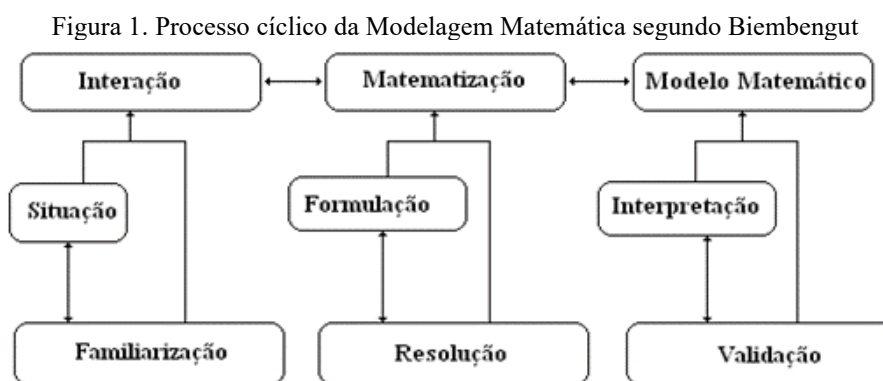
Nesta seção, fundamentamos o tema deste estudo, abordando conceitos e entendimentos centrais a respeito ao desenvolvimento de atividades de MM com uso de TDs, orientadas à análise da interatividade entre usuário e a tecnologia.

2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A MM estabelece uma relação entre Matemática e realidade. Apesar de estarem inseridos em um ambiente de aprendizagem onde os alunos(as) “[...] são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da Matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (Barbosa, 2001, p. 6), estes são vistos como dois conjuntos desiguais, onde a MM é o instrumento usado para a interação e a realidade o objeto de estudo (Biembengut, 2012).

Dessa forma, estudiosos brasileiros trazem suas concepções sobre como percebem a MM no contexto da Educação Matemática, quais sejam: "um processo que envolve a obtenção de um modelo", "um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes são convidados a questionar e/ou explorar, por meio da Matemática, situações provenientes de outras áreas da realidade" (Klüber, Burak, 2008, p. 31).

Na presente investigação, adotaremos a concepção de MM proposta pela professora Maria S. Biembengut (2012), a qual enfatiza seu desenvolvimento em três etapas principais, subdivididas em subetapas, que, em conjunto, estruturam o trajeto de uma atividade de MM. A partir deste ponto, aspiramos não apenas avaliar a interatividade entre os usuários e as TDs, mas também observar o progresso das habilidades e capacidades dos alunos participantes.



Fonte: Biembengut (2011, p. 15).

Em relação ao esquema citado, ao utilizar este esquema como estrutura do desenvolvimento das atividades de MM, buscamos não só identificar que interatividade surge entre um usuário e o uso das TDs, mas principalmente como esta favoreceu o desenvolvimento de habilidades entre tecnológicas, sociais e cognitivas a partir do uso tecnológico.

2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA COM TECNOLOGIA DIGITAL

Ao empregar as TDs em tarefas de MM, elas parecem surgir como um pedido natural para serem abordadas, manifestando o que Araújo (2002, p. 162) descreve como uma “parceria entre Modelagem Matemática e Tecnologias Informáticas poderia gerar um ambiente de ensino e aprendizagem rico em possibilidades de discussões sobre o papel social da matemática”. Consoante a isso, Goss (et al., 2003) e Greefrath (et al., 2011) entendem que o uso de computadores e calculadoras gráficas oportuniza não só uma comunicação digital, mas também possíveis soluções diante de um fenômeno de estudo.

Sob outra perspectiva, autores como Basso *et al.* (2014) afirmam que a utilização das TDs, nas atividades de modelagem, favorece as capacidades cognitivas, ao lidar com as situações problemas confrontando-se a realidade com a diferentes ferramentas conceituais, além da matemática, para a construção do modelo, o que facilita seu entendimento e avaliação do fenômeno investigado. Embora a tecnologia seja, nas suas diversas apresentações, um agente motivador, a participação desta “permite uma melhor compreensão e assimilação dos conceitos matemáticos nos seus desenvolvimentos” (Gallegos; Rivera, 2016, p. 103). Nessa direção, Almeida *et al.* (2012, p. 32) sustentam que as mídias informáticas oportunizam trabalhar:

“[...] com situações-problema mais complexas e fazer uso de dados reais, ainda que estes sejam em grande quantidade ou assumam valores muito grandes” [em razão de que a tecnologia] “possibilita lidar com situações-problema por meio de simulações numéricas ou gráficas”.

Diante do exposto, faz-se necessária aprofundar a discussão sobre a natureza e o desenvolvimento da interatividade, vista como um fator característico das TDs. Em decorrência disso, na seguinte seção, buscaremos um olhar às definições e percepções de diversos autores sobre a interatividade que surge entre um usuário e o uso da tecnologia.

2.3 INTERATIVIDADE ENTRE O USUÁRIO E AS TDS

Interatividade, segundo Malheiros (2008, p. 43), é definida como uma forma de capacidade, habilidade, seja como técnica ou procedimento sobre um meio. Aliás, o mensurável na interatividade entre o usuário e a tecnologia é a usabilidade⁵, pois ela está diretamente relacionada com a interface caracterizada em termos das funções e aplicações do ferramental tecnológico (Nielsen, 1993; Sundar, 2004).

No entanto, veja que a interatividade abordada aqui complementa as investigações propostas neste artigo, pois buscamos caracterizá-la como um atributo da tecnologia e não do usuário (Sundar, 2004). No entanto, observando o lado tecnológico, os entendimentos de Lévy (2008), Jensen (1998) e Kioussis (2002) dão à luz percepções que vão ao encontro de uma interatividade vista como o grau em que os participantes desenvolvem uma comunicação midiática, existindo a “possibilidade de os usuários modificarem o ambiente mediado pelas tecnologias” (Kioussis, 2002, p. 370).

Por sua vez, Nassar (2012, p. 30) refere-se ao “grau em que os usuários de um sistema de informação digital podem alterar ou construir a forma e/ou conteúdo deste ambiente e compartilhá-los com outros usuários por intermédio da interface do sistema”.

No entanto, esse nível de interatividade pode ser avaliado, ou melhor ainda, classificado em baixa, média ou alta interatividade, desde que sejam utilizados critérios ou características que representem esses níveis. Nassar e Padovani (2011) propõem esse tipo de classificação com o objetivo de qualificar elementos que propiciem manipulação de tecnologia, visibilidade no desenvolvimento e compartilhamento de conteúdo, o que pode favorecer um maior envolvimento com os pares, uma maior aproximação com a realidade e, não menos importante, permitir a criação do próprio conhecimento, segundo se apresenta a continuação:

Figura 2. Classificação da interatividade sob a perspectiva da influência do usuário sobre o conteúdo

Classificação Critérios	Baixa	Média	Alta
Visibilidade:	Restrita	Restrita	Total
Qualidade:	Manipulação	Construção	Manipulação ou Construção
Ações:	Independente do número de ações		
Armazenamento:	Restrito ou Total		
Velocidade:	Instantânea ou não		

Fonte: Nassar e Padovani (2011, p. 163).

⁵ Refere-se à uma usabilidade qualitativa e não quantitativa, “A usabilidade está relacionada com a facilidade de aprendizado e uso da interface, bem como a satisfação do usuário em decorrência desse uso” (Nielsen, 1993, p. 28).

Para sua respectiva aplicação nas atividades de MM, observaremos algumas características ressaltantes observadas a partir dos critérios propostos na Figura 3. É de fato que estes critérios, quando potencializados nas suas características, progridem “o grau de envolvimento do usuário com o conteúdo do sistema (qualidade das ações) e a visibilidade das suas ações”. (Nassar; Padovani, 2011, p. 163). Neste artigo, focaremos, principalmente, nos dois primeiros critérios; visibilidade e qualidade, caracterizados na manipulação e a construção do conhecimento, uma vez que estes determinam um tipo de classificação. No que diz a respeito aos outros três, estes complementam a interatividade como um todo.

Ao todo, os níveis de **alta interatividade** se caracterizam por construir suas próprias noções e conhecimentos sobre o assunto abordado, desenvolver uma qualidade de manipulação e compartilhá-lo (visibilidade total). Já a **média interatividade** mantém pouca usabilidade do ferramental tecnológico, às que utilizam só para completar uma determinada tarefa, mesmo assim, têm pouca construção de conteúdo. Finalmente, a **baixa interatividade**, os usuários apenas manipulam os elementos tecnológicos, sem participar da construção do conteúdo investigado, apenas visualizam dados e informações necessárias, não têm compartilhamento (Ibidem, 2011, grifo nosso).

A partir dessas características, na seguinte seção, abordaremos a forma como foi realizado o desenvolvimento da pesquisa.

3 METODOLOGIA

Com um enfoque de investigação qualitativa, esta pesquisa é de cunho **exploratório**, com uma abordagem de aspectos subjetivos como fenômenos sociais e do comportamento humano. De uma forma especial, no que se refere à produção dos dados, esta foi desenvolvida no Peru. A escolha, entre os diversos motivos, foi: por caracterizar uma implementação internacional; pela familiaridade com o ambiente de pesquisa, sendo o pesquisador nativo peruano com experiência como ex-aluno e ex-professor de matemática; e pela facilidade de intervir e adaptar atividades de MM nas competências estabelecidas no Currículo Nacional de Educação Básica do Peru (CNEB, doravante).

No que se refere aos sujeitos participantes, foram convidadas 30 alunas/usuários do ensino médio pertencentes à Instituição Educativa colégio “*Nuestra Señora del Rosario*” (em português, ‘Nossa Senhora do Rosario’), localizado no centro da cidade de Huancayo, Peru.

Junto aos grupos participantes (5 equipes), foi desenvolvido um conjunto de atividades experimentais num total de 27 horas acadêmicas, iniciada em 19 de agosto e

finalizada em 5 de setembro do ano 2022. A organização dos encontros foi em 7 reuniões presenciais, segundo descreve-se a continuação:

Quadro 1. Atividades propostas com base nas etapas da MM segundo a Biembengut (2012)

Episódios	Etapas da MM	Ações.	Descrição de atividades desenvolvidas com os grupos de alunas segundo o planejado dirigido pelo professor/pesquisador	Local de execução	Responsáveis	Dia
1	Interação.	Introdução	Contextualizar a Matemática na realidade (cotidiano): Com o propósito de envolver os usuários participantes a se interessarem no projeto a ser desenvolvido por eles, iniciamos nossas atividades questionando alguns aspectos relacionados ao Brasil (sob cultura, geografia, costumes, esportes etc.). Para esta subetapas, além da contextualização anterior, foram utilizados também vídeos, slides introdutórios e, adicionalmente, informações da Internet.	Sala de aula.	PE e PA.	22 ago.
2		Identificação	Reconhecer a situação problema conveniada entre os alunos e o professor: Nesta subetapa, identificamos o fenômeno de estudo, que se refere. À análise de uma curva, definida como um arremesso de bola de basquete para o cesto. Sendo o tema a investigar: “análise de uma função de segundo grau”, buscando a equação e as variáveis que influenciam nessa parábola. A escolha do tema originou-se ao assistir às competições esportivas brasileiras, especialmente o basquete, e o conhecimento prévio das funções algébricas.	Sala de aula.	PE e PA	23-24 ago.
3		Familiarização	Familiarizar-se com o tema de estudo: Nesta etapa, as alunas, além de promover a interação, foram instigadas a efetuar arremessos na quadra de basquete e, assim, por meio de cálculos matemáticos, determinar a função quadrática que esteja representada por uma parábola. Para isso, os grupos fizeram diversos arremessos de bola direcionados ao cesto. Utilizando a câmera dos celulares, todas essas filmagens foram registradas pelas alunas. Destacam -se, também, as anotações numéricas que fizeram antes dos arremessos. Por exemplo, a distância de lançamento, a altura da bola e o tempo percorrido entre a execução do lance e a pontuação.	Quadra de basquete	PE, PA e EF	25-26 ago.
4	Matematização	Formulação	Elaborar a situação problema: Com a tentativa de organizar os dados produzidos das experiências dos arremessos, passamos à segunda etapa da MM. Nesta, tentou-se realizar cálculos matemáticos utilizando tecnologia física (lápiz e papel), em razão disso, foi utilizado como tecnologia o software PointFix, assim, realizar rabiscos e diagramar, em um plano cartesiano (x ; y), a curva que a bola percorre desde o lançamento da mão até o cesto de basquete. Para tanto, criou-se uma parábola caracterizada nos eixos (x , y). Nesta parte, os grupos de trabalho conseguiram se aproximar da realidade com resultados quase idênticos (elas calcularam de forma intuitiva a função de segundo grau).	Laboratório de computação.	PE, PA e CL	29 ago.
5		Criação do modelo	Desenvolvimento de um modelo matemático para solucionar o fenômeno em questão: Para ser mais exatos nos cálculos algébricos, além de trabalhar com as TDs, foi desenvolvido um modelo matemático utilizando um simulador de física chamado "Tracker" (este é um software para análise de vídeo). Através de vídeos gravados dos arremessos, as variáveis tempo (t), distância (d), altura (h) e velocidade (v) foram analisadas. Portanto, cada grupo de estudo foi capaz de desenvolver suas próprias funções simultaneamente e responder às questões iniciais pertinentes ao tema proposto. Neste procedimento, as alunas não encontraram grandes obstáculos ao manusear o software sugerido.	Laboratório de computação.	PE, PA e CL	30 -31 Set

6	Modelo Matemático	Validação	Validam os resultados: Os grupos avaliam seus progressos levando em consideração tanto os gráficos gerados pelo Tracker quanto as variáveis utilizadas, que influenciam a forma da parábola. Devido à facilidade de uso dos softwares GeoGebra e Microsoft Excel, ambos foram empregados no decorrer das atividades, permitindo a verificação os resultados obtidos e uma aproximação à situação real. Tal abordagem evidencia que a Matemática está presente no cotidiano das pessoas e que essa relação é recíproca.	Laboratório de computação	PE, PA e CL	01-02 Set
7		Interpretação	Apresentar em grupos os modelos matemáticos e sua respectiva solução: Como um passo crucial para o aprendizado do tema discutido, elas elaboraram apresentações em slides sobre seus resultados alcançados, além de compartilharem suas vivências na manipulação de tecnologia. Todos os grupos usaram o Microsoft Power Point para realizar o feedback, facilitando assim a formação de novas ideias e conceitos relacionados ao fenômeno em análise.	Laboratório de computação	PE e PA	05 Set

Fonte: Os autores, 2025.

Legenda: Considere “PE”: pesquisador, “PA”: professor de aula, “EF”: professor de educação física e CL: coordenador do laboratório de informática.

3.1 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DE MM

Ao concentrar-nos de modo mais atento ao que expressa nosso objetivo de pesquisa, de identificar a interatividade que surge entre um usuário e o uso das TDs, se mostra a necessidade de experimentar a teoria aqui descrita. Para tal, junto com a metodologia, passamos a desenvolver as atividades planejadas de MM com uso de TDs.

Nesse sentido, iniciamos uma introdução conceitual acerca da matemática presente no dia a dia, assim como também ressaltamos seu recurso colaborativo, tanto para a compreensão do problema quanto para a resolução de fenômenos. Dessa forma, descreve-se a continuação nas seguintes subetapas da MM.

(1º) Introdução: contextualizar a Matemática no cotidiano dos alunos

Para engajar os usuários participantes no projeto que eles desenvolverão, começamos nossas atividades fazendo alguns questionamentos sobre o Brasil, como curiosidades sobre cultura, tradições, esportes etc. Enquanto as discussões prosseguiam, vários tópicos surgiram, restringindo gradualmente a seleção do fenômeno a ser analisado.

Nesta primeira fase, começamos a desenvolver ideias que incentivam as alunas a socializar, identificar e sugerir um fenômeno para estudo. Para isso, foram exibidos vídeos e apresentações de slides com temas relacionados ao Brasil e sua diversidade em termos de cultura, tradições, carnaval e esportes. Dentre diversos assuntos, abordamos os esportes, incluindo o basquete brasileiro.

Com a intenção de escolher um tema de estudo, as alunas assistiram as ‘mágicas’ dos arremessos e as diversas técnicas utilizadas para pontuar. Ao contemplar um arremesso

ou outro, emergiam indagações acerca da técnica empregada para lançar as bolas de basquete em direção aos aros; desse modo, refletiam fisicamente sobre potência, força, estilo, bem como posição, distância, velocidade, entre outros aspectos.

Em respaldo, exhibe-se um trecho da gravação em áudio (Rosario, T4: Áudio 220823_002, track 01:03:45):

Figura 3. Discussões sobre o vídeo assistido no laboratório de informática (Lado esquerdo, transcrição de áudio. Lado direito, grupos de trabalho da IE. “Rosário”)

Pesquisador: <i>Perguntou. O que vocês observaram nesse vídeo? [vídeo sobre os melhores lançamentos de bola da NBB].</i> G1A1: <i>Os diferentes lançamentos.</i> Pesquisador: <i>Muito bem! O que mais?</i> G1A3: <i>Os lançamentos que fazem uma curva.</i> Pesquisador: <i>O que tipo de curva que se observa? mmmm! Uma curva parabólica. O que mais?</i> G4A2: <i>Diversos movimentos de força.</i> Pesquisador: <i>[...] a maioria dos lançamentos foram feitos realizando curvas, desde a saída da bola da mão até o cesto. Entramos a detalhar com a matemática, entra a velocidade, distância, força que vai fazendo uma parábola. Será que vocês conseguiriam lançar a bola ao cesto?</i> Alunas em geral: <i>Sim!</i> Pesquisador: <i>Vocês acham que calcular a curva dessa parábola ajudaria para realizar pontos de forma física na cancha de basquetebol. Será que conseguimos fazer os 3 pontos ou não?</i> Alunas em geral: <i>Sim!</i>	
---	---

Fonte: Os autores, 2025.

Nesse cenário de interação e comunicação, me permiti desafiá-las: - será que alguém consegue arremessar uma bola a partir dos 6,75 m de distância? - as reações nos rostos das alunas foram instantâneas; algumas ficaram pensativas, outras riram, e algumas perguntaram: - como assim, professor? Dessa forma, o desafio estava quase estabelecido.

(2º) Identificação: Reconhecer a situação problema

Com um cenário contextualizado para abordar uma situação problema, organizamos cinco grupos de trabalho (média de 6 integrantes cada) e nos preparamos para executar os arremessos na quadra da escola, fazendo deste momento gravações dos arremessos pontuados por cada grupo. Considere as transcrições de áudio a seguir (Rosario, T4:

Figura 4. (a direita) explicações do pesquisador (a esquerda), uma foto de um arremesso da bola a 4 metros

Pesquisador: Com uma distância média de 6,75 metros de raio do círculo da distância, também a altura do indivíduo que vai arremessar, assim mesmo calcular aproximadamente. [...] se for melhor para vocês, pode ser de um ponto. Não esqueçam da altura entre o cesto e o chão verticalmente, também, a distância horizontal, ademais da altura do indivíduo.

Fonte: Os autores, 2025.



Com as gravações realizadas no celular e durações variando de 1 a 2 segundos para cada arremesso, além dos dados numéricos registrados nesta parte experimental sobre cada lance pontuado (p. ex. distância, tempo, altura etc.), retornamos à sala de aula com uma maior probabilidade de empregar cálculos matemáticos que proporcionem resultados mais precisos, verídicos e confiáveis. Nesse sentido, buscamos “instigar o interesse dos estudantes em aprender matemática” (Bueno, 2011, p. 126).

(3º) Familiarização: familiarizar-se com o tema de estudo

Com base nas filmagens de vídeo feitas na quadra de basquete, os grupos de trabalho debateram, entre outros pontos, as variáveis que influenciaram os arremessos em curva, como tempo (t), distância (d), altura (h), velocidade (v), ângulo (Φ), entre outros. Segundo suas análises, os grupos de trabalho associaram as parábolas observadas à teoria das funções quadráticas $f(x)$. Veja as seguintes transcrições de áudio, (Rosario, T4: Áudio 200825_001 r2, track 00:07:20):

Pesquisador: Será que a matemática teria que ver com alguns lances que nós fizemos?

G3A5: Sim, a relação que existe no plano cartesiano ('x' e 'y'), inclusive o tempo e o tema das parábolas, sendo que isso é um movimento que vão em uma forma curvilínea.

Pesquisador: Muito bem! Excelente resposta. Então temos aí a parábola e o plano cartesiano, além das variáveis velocidade, altura, ângulo, etc. matematicamente estruturados. Algo mais?

G1A2: Interessa a gravidade, força do arremesso.

Pesquisador: Poderia ser, se vamos mais para o lado da Física, até seria um movimento parabólico. Certo! Mas vamos tentar com a Álgebra, acredito que seja o melhor caminho.

G1A2: Correto professor!

Pesquisador: São tantas variáveis que possam intervir no modelo matemático. Muito bem! Essa curva teria uma forma de que?

G2A1: Vai ser uma equação de segundo grau? Será que podemos utilizar algum software para esboçar essa curva novamente?

Pesquisador: Sim, vai ser uma função. $f(x)$. Em relação ao software de computador, existem alguns que nos poderiam ajudar a realizar sua gráfica.

G2A1: Ahhh sim! me lembro da fórmula quadrática [...].

Pesquisador: isso vai ajudar a representar essa curva.

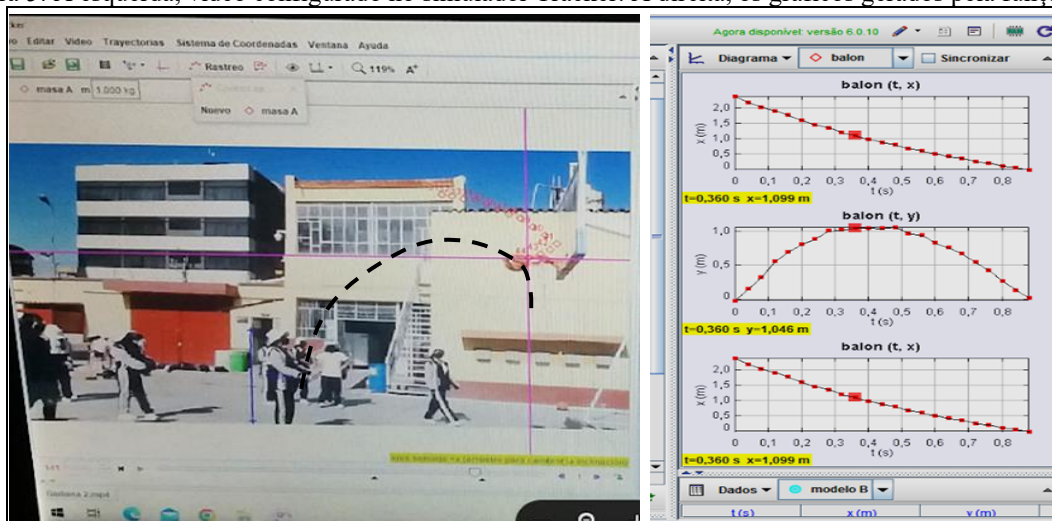
Pesquisador: Obviamente aqui a prática/técnica vai ajudar bastante na hora dos arremessos. Ok! Continuemos discutindo sobre essa curva. [...].

Inicialmente, os grupos de trabalho elaboraram um esboço no caderno de matemática, representando o arremesso da bola com base no plano cartesiano (x, y) e considerando algumas variáveis intervenientes. Em seguida, foi apresentado o software livre PointFix⁶, no qual os alunos puderam recriar o mesmo gráfico feito no papel, agora de forma digitalizada na tela do computador.

(4º) Formulação: elaborar a situação problema

Embora os grupos de trabalho tenham uma ideia quase estruturada sobre o modelo matemático, neste passo 4, especificamente, o uso das TDs evidencia-se com o software de simulações ‘Tracker’⁷. A princípio, utilizando a tecnologia disponibilizada pelo software Tracker, os grupos de trabalho ajustaram cada um dos vídeos gravados no celular, e configuraram o trajeto da bola ao simulador Tracker. Logo de inserir dados de algumas variáveis necessárias, o software gerou os resultados configurados em uma tabela de dados, junto com seus gráficos 2D e, principalmente, a função quadrática gerada a partir do lance da bola arremessada até pontuar. A seguir, veja a configuração realizada no software Tracker e as gráficas geradas.

Figura 5: A esquerda, vídeo configurado no simulador Tracker. A direita, os gráficos gerados pela função $f(x)$



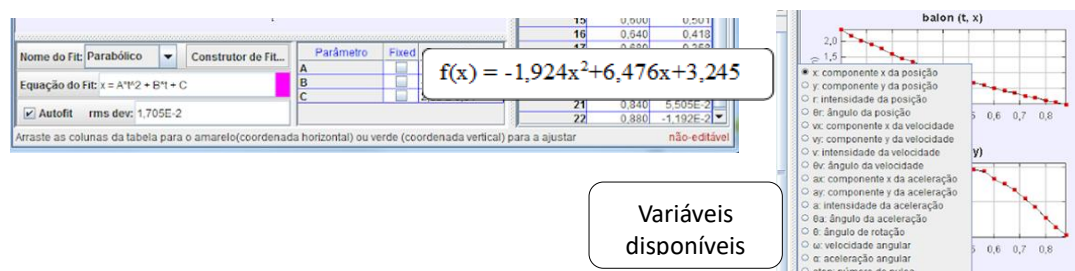
Fonte: Os autores, 2025.

Destacamos também, a função polinomial $f(x) = ax^2 + bx + c$ gerada pelo software Tracker segundo se visualiza na seguinte imagem.

⁶ Website Baixaki (<https://www.baixaki.com.br/download/pointofix.htm#>).

⁷ Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tracker_\(software\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tracker_(software)) Acesso em: 10 nov. 2022.

Figura 6: 2º tela de configuração do software Tracker que mostra as constantes da função quadrática $f(x)$ e a direita, o conjunto de variáveis disponíveis



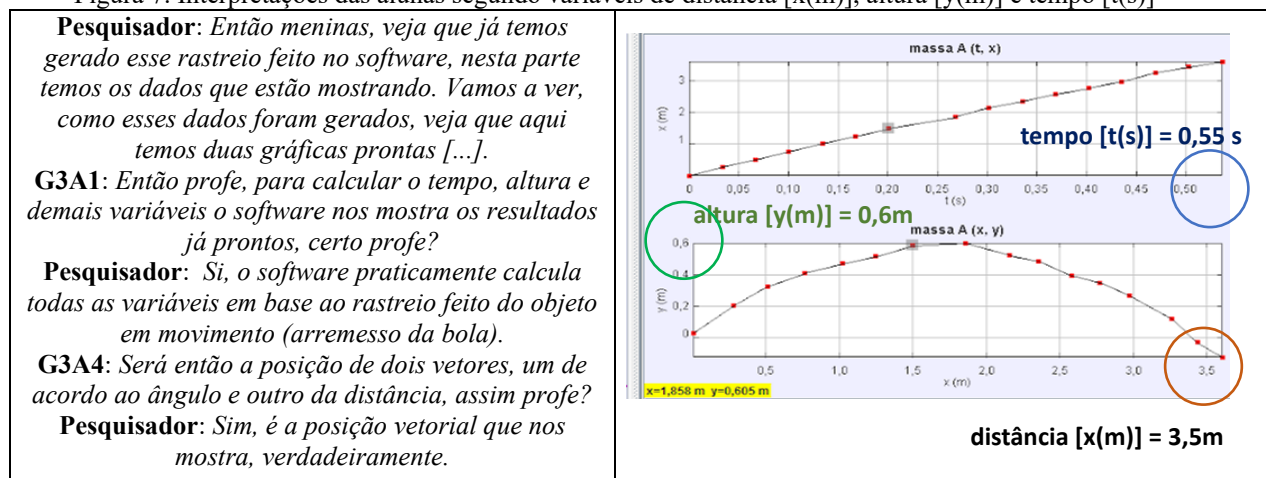
Fonte: Os autores, 2025.

Com base no que foi exposto, a próxima subetapa é dedicada à avaliação do modelo matemático construído, com ênfase em sua interpretação e validação.

(5º) Modelo Matemático: criação de um modelo matemático para solucionar o fenômeno

Ao interpretar a solução obtida a partir da função quadrática em relação ao mundo real, buscamos dar significado ao que foi produzido (Biembengut, 2012). Nesse sentido, os grupos de trabalho compreenderam não apenas como influenciaram cada uma das variáveis distância $[x(m)]$, altura $[y(m)]$ e tempo $[t(s)]$ em cada arremesso de bola para o cesto, mas também de que maneira os modelos físicos e digitais apresentam uma aproximação em suas características por meio da MM. Assim observado e corroborado segundo se mostra o seguinte trecho da transcrição de áudio (Rosario, T4: Vídeo 220830_002, track 01:14:25).

Figura 7. Interpretações das alunas segundo variáveis de distância $[x(m)]$, altura $[y(m)]$ e tempo $[t(s)]$



Fonte: Os autores, 2025.

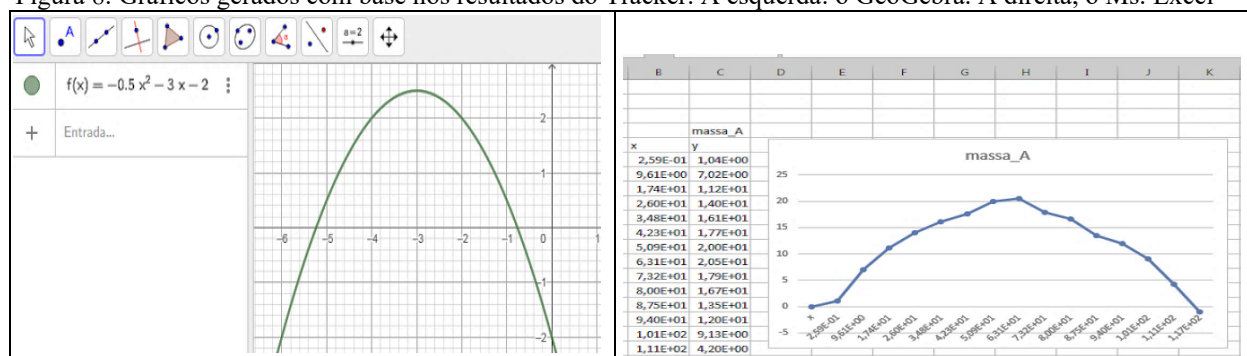
De acordo com a interpretação, o primeiro gráfico (acima) mostra que a altura máxima da curva é de 60 cm. No gráfico abaixo, observa-se que o tempo gasto no arremesso foi levemente superior a 0,5 segundos, com uma distância percorrida de 3,5 metros (considerando que a altura do lançamento foi de aproximadamente 1,85 metros em relação ao chão).

(6º) Validação: validam os resultados

No que diz respeito à validação dos resultados alcançados pelo Tracker, assim como ao cumprimento dos objetivos, os grupos de trabalho propuseram a simulação da função quadrática $f(x)$ utilizando os softwares GeoGebra e Microsoft Excel, uma vez que, apesar de sua facilidade de uso, as alunas envolvidas já demonstravam familiaridade com a manipulação destas duas tecnologias.

Em relação ao GeoGebra e o Ms. Excel, os grupos de trabalho realizaram novos cálculos com base nos dados fornecidos pelo Tracker, referindo-se à: distância $[x(m)]$, altura $[y(m)]$ e tempo $[t(s)]$. Por sua vez, ao utilizar estes softwares percebemos semelhanças tanto nos cálculos apresentados pelos softwares (inclui a equação e a gráfica da parábola) quanto à similitude ao mundo real. Segundo apresentamos os gráficos produzidos.

Figura 8. Gráficos gerados com base nos resultados do Tracker. A esquerda: o GeoGebra. A direita, o Ms. Excel



Fonte: Os autores, 2025.

Considere a transcrição a seguir do depoimento conclusivo de algumas alunas a respeito dessas experiências (Rosario, T4: Áudio: Z0000016, track 00:50: 25):

G3A1: é motivador trabalhar com TDs nas atividades de matemática, pois estas nos ajudam a determinar soluções que muitas vezes seriam difíceis de calcular e com rapidez e exatidão.

G3A3: As tecnologias são essenciais pela facilidade de produzir gráficos com o GeoGebra.

G3A1: Acredito que estas tecnologias fazem parte de estratégias matemáticas possíveis a serem utilizadas na resolução de exercícios matemáticos.

Ao comparar e analisar os gráficos, nota-se que, em ambos os casos, as características são semelhantes. No entanto, eles se assemelham bastante e confirmam o gráfico produzido pelo software Tracker, tanto o formato curvo da parábola quanto nos valores obtidos com esses softwares, o que significa que, “estamos indo na direção certa!”.

(7º) Interpretação: apresentar os modelos matemáticos e sua respectiva solução

Com as atividades de MM já finalizadas, o foco agora se volta para os usuários participantes, com o objetivo de organizar, relatar e apresentar todo o processo desenvolvido. Nas palavras de Blum (2015, p. 18) “é uma exposição da solução final”.

A partir deste ponto, o objetivo agora é classificar e caracterizar o nível de interatividade alcançado entre usuário e tecnologia conforme os lineamentos dos autores Nassar e Padovani (2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Que interatividade foi encontrado nas etapas da MM com uso de TDs?

Visando identificar essas características de interatividade, conforme Nassar e Padovani (2011), e após analisar os diversos grupos de trabalho, optamos pelo grupo 3 (G3) por ser o mais competente e representativo em relação aos outros. Essa decisão não diminui a importância da contribuição dos demais grupos. No entanto, gostaríamos de destacar algumas ações observadas que, de certa forma, justificam a nossa decisão como um todo.

Houve um aumento do engajamento nas atividades tanto na sala de aula tradicional quanto no laboratório.

Observou-se responsabilidade ‘confiável’, sem qualquer falta ou desinteresse das alunas do início ao fim.

Boa expressão no comportamento socioemocional, evidenciada nas interações e sentimentos do indivíduo.

Demonstram uma maior abertura para novas ideias e desafios, muitas vezes fora dos padrões comuns.

Após essa justificativa, a Tabela 1, mostra os principais aspectos da interatividade observados nos integrantes do grupo G3.

Quadro 2. Classificação do nível de interatividade alcançado segundo a descrição de seus critérios observados

Cr	Características de interatividade observadas nas atividades de MM	Ava
Visibilidade	Levando em conta esse critério como uma resposta visível e compartilhada por todos os usuários, observou-se uma progressão nos grupos envolvidos, evidenciada nos seguintes aspectos: Durante o processo de compartilhamento de dados e informações inicialmente coletados na internet, que foram essenciais para contextualizar o fenômeno de estudo, observou-se uma fase significativa de intercâmbio de informações. Também foi observada uma reciprocidade na comunicação, evidenciando um diálogo ativo entre os pares e o pesquisador. Essa interação se tornou evidente quando os participantes levantaram questões sobre a utilização das TDs nas atividades de Modelagem, com base em seus conhecimentos matemáticos. Em quase todas as fases do ciclo da MM, percebeu-se que as respostas dos usuários se tornaram disponíveis para os demais membros da rede, incentivando a colaboração recíproca e facilitando a assimilação das experiências compartilhadas por todos. Além disso, foi perceptível a manifestação de respostas tanto durante a apresentação dos trabalhos finais quanto ao publicá-los no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), momento em que os julgamentos dos pares e do pesquisador contribuíram para a correção de eventuais erros. Em relação à bidirecionalidade entre usuário-usuário e usuário-tecnologia, bem como à reciprocidade na comunicação e à recursividade com as TDs, essas características foram evidenciadas ao longo de todo o ciclo da MM, particularmente durante as interações com as tecnologias disponíveis.	Alta
Qualidade	Manipulação Ao avaliar a qualidade da manipulação realizada pelos usuários, é imprescindível concentrar-se no desenvolvimento de suas competências tecnológicas. Apesar de já terem experiências com certos softwares, a participação neste projeto de modelagem permitiu um maior aprofundamento da interatividade desses usuários com a tecnologia. A seguir, destacam-se os principais aspectos: Quando analisamos um usuário ativo realizando ações pré-definidas pelos softwares, além de criar possibilidades de uso, estamos nos referindo a uma interação intensa com a tecnologia. Também observamos um certo grau de apropriação da tecnologia, um aspecto que teve um efeito direto no grau de interatividade alcançado. Por exemplo, notamos que tanto o GeoGebra e o Ms. Excel, quanto ao manusear o simulador Tracker evidenciou-se a facilidade na usabilidade e funcionalidade destas ferramentas. Uma característica importante em relação ao manuseio da tecnologia foi a emissão de respostas personalizadas. Pois, ao combinar diferentes variáveis, como: distância (d), altura (h), velocidade (v), tempo (t) e o ângulo (Φ), obtiveram-se diversos resultados. Manteve-se uma 'boa' manipulação e troca de experiências, principalmente ao interagir entre o mundo real e o matemático, bem como o mundo tecnológico e outros universos.	Alta
	Construção Nesta parte, a existência de um certo grau de engajamento entre usuários e TDs propiciou uma forma de interatividade que, simultaneamente, favoreceu o desenvolvimento de múltiplas habilidades cognitivas, tecnológicas e, inclusive, sociais. Esses aspectos característicos foram evidenciados em diversas atividades, como: a. Os usuários demonstraram notável inovação e a criatividade, particularmente ao entender o fenômeno em estudo e ao usar TDs como o Tracker, GeoGebra e Ms. Excel. Essas ferramentas tornaram o processo de matematização, ajudando na criação e validação do modelo matemático. b. Também foi possível notar uma suficiência cognitiva em relação ao tema abordado, que foi a função quadrática. A tecnologia PointFix, por exemplo, ofereceu uma compreensão mais clara da situação analisada, o que contribuiu na construção do modelo matemático em um plano cartesiano. c. O aprimoramento de habilidades cognitivas, sociais e tecnológicas não apenas facilitou a compreensão e solução do problema, mas também, alterou o percurso das atividades planejadas. Por exemplo, os participantes elaboraram outros gráficos com diferentes variáveis, como a horizontal ('d'), a vertical ('h'), a velocidade ('v'), o tempo ('t') e o ângulo ('Φ'). Essa dinâmica incentivou uma maior interatividade e enriquecimento do processo. d. Acreditamos que, além de empregar a tecnologia como um recurso de apoio, a excelente qualidade da interatividade possibilitou que os usuários construíssem sua própria aprendizagem e atribuísem significado às suas percepções sobre as funções quadráticas. Dessa forma, a Matemática foi incorporada de maneira mais natural e próxima do cotidiano das pessoas.	Alta

Fonte: Adaptado de Nassar e Padovani (2011).

Legenda: Considere "Cr" como critério de interatividade e "Aval" como avaliação alcançada.

Consequentemente, o nível alcançado pode ser caracterizado como de alta interatividade, uma vez que o uso das TDs não apenas viabilizou a construção de ideias e conceitos relacionados ao tema proposto, mas também favoreceu o compartilhamento de experiências dialógicas entre os participantes. Esse resultado pode ser parcialmente explicado pelo fato de que as participantes já tinham algum conhecimento prévio sobre o conteúdo abordado. Nas palavras de Nassar e Padovani (2011, p. 163), “a capacidade do sistema [ou softwares/aplicativos] em permitir que o usuário possa construir ou compartilhar conteúdo com outros usuários através da interface do website [ou TDs]”.

Para concluir, ao observar as atividades de MM, surgiu uma pergunta entre as alunas: será que o desenvolvimento do conhecimento dos participantes acontece mais à medida que a interatividade aumenta? uma resposta imediata, é, sim! A apropriação da tecnologia e o compartilhamento de experiências elevam gradualmente a interatividade, o que possibilita o desenvolvimento de novas ideias e conceitos relacionados ao fenômeno de estudo. Nas palavras de Soares (2012, p. 56) “[...] a mídia faz parte da unidade produtora do conhecimento, ela influencia o modo como o ser humano desenvolve seu pensamento, ao mesmo tempo em que ele influencia o modo como a mídia é utilizada”.

Com base na análise dos aspectos examinados, o alto nível de interatividade justifica, na maioria das situações, o aprimoramento da criatividade em relação à aquisição de novos conhecimentos. Furtado (2014, p. 36) já salientava que, um dos critérios para criar conhecimento é “a construção de um modelo matemático correspondente à situação”.

A proatividade e comprometimento na execução das atividades planejadas pelo docente/pesquisador, juntamente com a criação de canais de comunicação e compartilhamento entre todos os envolvidos, têm como objetivo obter resultados tecnológicos que melhorem a análise de um fenômeno. Ademais, ao empregar as tecnologias de maneira construtiva (desenvolvedor de respostas) em vez de responsiva (fornecedor de respostas), os participantes demonstraram maior comprometimento, com um envolvimento mais dinâmico e participativo. Isso também justifica que o uso de TDs em contextos de investigação aumenta o engajamento dos participantes, tornando o estudo mais interativo e colaborativo, o que impacta positivamente no processo de ensino e aprendizagem.

Por fim, com ações tecnológicas compartilhadas em sala de aula, é possível aproximar a realidade ao processo da matematização, transitando de um 'mundo físico' para um 'mundo matemático'. Tanto que, a contextualização, entendimento e a resolução de fenômenos de estudo passam a ser validados e interpretados no dia a dia.

São alguns pontos importantes para desenvolver atividades de MM com uso de TDs de forma mais eficiente e envolvente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, conjugar a Modelagem Matemática e as TDs como uma investigação experimental desenvolvido em um país vizinho, Peru, conjuntamente com 30 alunas participantes de uma instituição pública inserida no contexto educacional peruano, possibilitou, por meio da literatura aqui descrita, avaliar e, ao mesmo tempo discutir a interatividade entre um usuário e o uso das TDs dentro de um processo de ensino, a luz dos três níveis (Nassar; Padovani, 2011) relacionando-os às etapas da Modelagem e a Educação Matemática.

Com base nas pontuações atendidas, nesses dois modelos, é possível concluir que a interatividade entre o usuário e a tecnologia transcende o desenvolvimento das habilidades e capacidades humanas do participante, quando aliada ao desenvolvimento de uma atividade de MM por atribuir um sentido sinérgico, necessário para criar um ambiente de aprendizagem que favoreceu a visibilidade das ações e compartilhamento das experiências desenvolvidas.

Nesse contexto, a tecnologia mostrou-se como uma ferramenta parceira que favoreceu compreensões sobre o fenômeno de estudo, além de instigar questionamentos e criou cenários de investigação partir de simulações realizadas com procedimentos matemáticos, as quais forneceram respostas coerentes com o problema abordado. Autores como Geiger (2011) argumentam que a utilização da tecnologia integra processos matemáticos, favorecendo uma conexão com uma realidade questionada e contribuindo para a formalização da construção do conhecimento, quanto, o engajamento com seus colegas.

A adoção do modelo utilizado para avaliar a interatividade entre usuário e tecnologias em atividades de MM, conforme descrito no início deste artigo, permitiu a compreensão das características do modelo, sendo que essa interatividade impacta diretamente em um processo de aprendizagem. Nesse sentido, acreditamos que o estudo revela não somente aspectos relativos à interatividade em ambientes onde a MM é utilizada como uma metodologia educacional, mas também constitui uma oportunidade para que esse tipo de proposta de ensino possa ser introduzido em diferentes níveis educacionais, conforme estabelecido no plano curricular.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W. de; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. ISBN 978-85-7244-697-6. São Paulo. Editora Contexto. 2012.

ARAÚJO, Jussara de Loiola. **Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática**: as discussões dos alunos. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. SP. 2002.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: **24ª RA da ANPED**, Anais. Caxambu. 2001.

BASSO, M. V. de Azevedo; BARONE, D. A. C.; SILVA, R. S. Modelagem Matemática e TIC's: possibilidades para uma abordagem interdisciplinar de conceitos através da Tecnologia Informática. (Revista) **Academia, Accelerating the world's research**. IX CLIOA, 2014.

BIEMBENGUT, Maria Salett. Concepções e tendências de modelagem matemática na Educação Básica. (revista) **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 18, n.1-2, jun./dez. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. 2012.

BLUM, W. Quality Teaching of Mathematical Modelling: What Do We Know, What Can We Do?. In: **The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education**. Cham: *Springer International Publishing*, CHO, S. J. (Ed.). Seoul, Korea, fev. 2015. p. 73 – 96.

BUENO, V. C. **Modelagem Matemática**: quatro maneiras de compreendê-las. Universidade Federal de Ouro Preto. 2011.

BURAK, D. **Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem**. Campinas. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 1992.

GALLEGOS, R. R.; RIVERA, S. Q. El rol de la experimentación en la modelación matemática. **Artículo de investigación de la revista Educación Matemática**, vol 28, num 3, diciembre de 2016.

GEIGER, V. Factors Affecting Teacher's of Innovative Practices with Technology and Mathematical Modelling. In: **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling** (ICTMA 14), Springer. Volume 1. Dordrecht: KAISER, G.; BLUM, W.; FERRI, R. B.; STILLMAN, G. (Eds.), p. 305–314. 2011.

GOSS, M.; GALBRAITH, P.; RENSHAW, P.; GEIGER, V. Perspectives on technology-mediated learning in secondary school mathematics classrooms. **Journal of Mathematical Behavior**. v. 22, Abril, p. 73 – 89. 2003.

GREEFRATH, G. Using Technologies: New Possibilities of Teaching and Learning Modelling – Overview (magazine) **Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling, International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling**, Chapter 30. p. 301 -304. Springer. 2011.

JENSEN, J. F. (1998). **Interactivity**: Tracing a new concept in media and communication studies. vol. 19. Nordicom Review. 1998. pp. 185–204.

KIOUSIS, S. **Interactivity**: A Concept Explication. New Media & Society - NEW MEDIA SOC. SAGE Publications London, Thousand Oaks, CA and New Delhi. 4. 355-383. 2002.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. (Revista) **Educação Matemática e Pesquisa**, São Paulo, v. 10, n. 1, pp. 17-34, 2008.

LÉVY, P. **As Tecnologias da Inteligência**: O futuro do Pensamento na Era da Informática. Rio de Janeiro: 34, 2008a.

LOPEZ, M. J. M. **Interatividade entre usuários e tecnologias digitais nas etapas da modelagem matemática**. 2024. (tese). Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática.

MALHEIROS, A. P. Dos S.; HIRAMATSU, C. M. **Modelagem e Tecnologias Digitais: Percepções dos professores para as aulas de matemática dos anos finais do ensino fundamental**. XII Encontro Nacional de Educação Matemática. Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades. São Paulo, 13 a 16 de julho de 2016.

NASSAR, V.; PADOVANI, S. **Proposta de classificação para níveis de interatividade com foco na construção e compartilhamento de conteúdo**. Conference Paper. May 2011.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. New York, NY: Academic Press, 1993. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Usability_Engineering/95As2OF67f0C?hl=pt-BR&gbpv=1 Acesso em: 04 fev. 2023.

PERU. Ministério de Educación. **Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB)**. Primera Edición. Resolución Ministerial N. 281-2016-ED. Lima – Peru. 2016. Disponível em: <http://www.minedu.gob.pe/curriculo/pdf/curriculo-nacional-de-la-educacion-basica.pdf> Acesso: 21 set. 2022.

SUNDAR, S. Theorizing Interactivity's Effects, The Information Society: **An International Journal**, 20:5, 385-389, DOI: 10.1080/01972240490508072. 2004.

EIXO TEMÁTICO 4: EPISTEMOLOGIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

CAPÍTULO 6: HEIDEGGER: DA CIÊNCIA À TÉCNICA - DA EPISTEMOLOGIA À ONTOLOGIA

Eladio Costantino Pablo Craia¹

“A pergunta pelo ser mira, assim, a condição de possibilidade a priori não só das ciências, que averiguam os entes como tais ou tais entes e que, desse modo, já se movimentam sempre em uma compreensão de ser, mas mira a condição de possibilidade das próprias ontologias, que se encontram antes das ciências ônticas, fundando-as”.

(Heidegger; *Ser e Tempo*).

Figura 1. Martin Heidegger



Fonte: Heidegger, 1997.

1 BIOGRAFIA DE MARTIN HEIDEGGER

Martin Heidegger nasceu em 1889, em Messkirch, no sudoeste da Alemanha. Proveniente de uma família católica romana, seu pai, Friedrich Heidegger, era sacristão em uma igreja da cidade. Somados sua mãe, Johanna Kempf Heidegger, e seus irmãos, Fritz e Mariele, a família tinha uma vida simples em uma pacata cidade rural.

Desde jovem, Heidegger revelou uma inclinação intelectual notável, dedicando-se inicialmente à teologia. Contudo, seu caminho tomou um rumo decisivo ao entrar em contato com a fenomenologia de Edmund Husserl, a partir de ali, destaca-se não apenas como um filósofo de renome na história da Filosofia Contemporânea, mas como um pensador imerso nas complexidades e desafios que apresentavam a compreensão de sua época, atravessada por desafiadoras complexidades sociais, políticas e tecnológicas, as quais demandaram e demandam reflexões vigorosas e inovadoras para sua abordagem.

¹ Doutor em Filosofia. Pontifícia Universidade Católica de Paraná (PUC-PR). Curitiba – PR, Brasil. E-mail: eladio.craia@pucpr.br

Nesse marco histórico mais geral, Heidegger se tornou um jovem acadêmico que, partindo da fenomenologia de Husserl, logo traçaria sua própria trajetória filosófica, afastando-se, em maior ou menor grau, dos caminhos filosóficos mais consolidados de sua época. Esse deslocamento reflexivo moldou sua própria abordagem filosófica, culminando na publicação, em 1927, de sua obra mais conhecida e uma das mais importantes e influentes reflexões filosóficas do século XX, *Ser e Tempo*. Nesta obra, Heidegger objetiva desvendar as complexas estruturas da existência concreta, “fática”, deste ente que nós mesmo somos, que ele define como *Dasein*; conhecemos este período, como “o primeiro Heidegger”. Seu itinerário intelectual o levaria, mais adiante, a partir do que se convencionou em chamar a *virada*, e que inicia o chamado de segundo Heidegger, a questionar as premissas fundamentais da metafísica ocidental e, a partir dessa posição, expor a necessidade de postular uma ontologia fundamental, com a qual elucidar o modo como o ser se revela na experiência humana. A noção de *Dasein*, seu conceito-chave, delineou a existência humana como uma constante busca por significado e autenticidade e a noção de *Diferença ontológica*, oriunda do segundo Heidegger, radicalizaria a crítica da Metafísica ocidental pela via de uma analítica ontológica.

Sua carreira acadêmico-institucional atingiu seu ápice com a nomeação como Reitor da Universidade de Freiburg em 1933. Contudo, esse capítulo é sombreado pela colaboração efêmera com o nacional-socialismo. Essa escolha, enquanto politicamente temerária, para dizer o mínimo, confere uma dimensão política intrínseca às questões filosóficas abordadas por Heidegger, destacando a interseção entre sua vida pessoal e seu pensamento mais vertical. A controvérsia associada à sua associação com o regime nazista não obscurece apenas sua biografia, mas também coloca um prisma complexo sobre sua visão da autenticidade e da responsabilidade em termos filosóficos segundo ele mesmo as tinha pensado. Esta tensão entre sua filosofia existencial, radical, inovadora e multiplicadora, e suas escolhas políticas, revela a complexidade do entrecruzamento entre sua vida pública, sua obra e seu imenso e fundamental legado filosófico.

Além disso, a crítica heideggeriana à tecnologia, enquanto intrinsecamente ligada à sua análise ontológica, reflete suas preocupações pessoais com o impacto alienante da modernidade e, sobretudo, de nossa contemporaneidade. O modo como ele via a tecnologia como uma força que obscurece a verdadeira natureza do ser não era apenas uma especulação filosófica, mas também um eco de suas próprias apreensões sobre o mundo em rápida transformação ao seu redor.

Assim, a vida de Heidegger transcende o âmbito meramente acadêmico, entrelaçando-se com suas próprias inquietações existenciais e as convulsões históricas de sua época. Sua filosofia não é apenas um tratado abstrato, mas uma jornada reflexiva profundamente pessoal, na qual ele explora as profundezas da existência humana concreta no seio de um mundo atravessado pelo modo de ser tecno-tecnológico. Martin Heidegger permanece, assim, não apenas como um pensador nevrálgico do século XX, mas como uma figura histórica imersa nas interseções entre a filosofia, a política e o próprio questionar filosófico pela essência do ser.

Faleceu em Friburgo, em 26 de maio de 1976.

2 APRESENTAÇÃO

Martin Heidegger não foi um filósofo da ciência, nem um epistemólogo *stricto sensu*. Por um lado, sua preocupação central em termos filosóficos nunca foi elaborar uma reflexão consistente e detalhada sobre a problemática das ciências, sua função de verdade, seus sistemas metodológicos, suas interseções sociopolíticas ou seus pressupostos conceituais mais axiais. Mas, por outro lado, e dada a importância histórica e filosófica do fenômeno científico, Heidegger precisou abordar em vários momentos de seu itinerário filosófico questões relativas às ciências, embora, como dizemos, nunca o tenha feito tomando a reflexão epistemológica como o elemento central é guia de suas análises. É por isso que o problema geral da ciência sempre foi trabalhado por Heidegger como sendo um dos vetores centrais para pensar em termos filosóficos nossa época, mas, nunca como seu foco filosófico central.

Esta tensão entre a não centralidade do problema das ciências para a filosofia de Heidegger, por um lado, e sua importância histórica decisiva por outro, nos leva a constatar que a posição do filósofo alemão em relação ao campo científico não poderia ser senão complexa e multifacetada, por tanto, sob hipótese alguma estática ou definitiva; isto é, a abordagem heideggeriana do campo das ciências sempre se encontrou em processo de ajuste conceitual e reflexivo. Mas, para além desta dinâmica, - e falando em termos absolutamente gerais, o primeiro que se deve destacar é que *Heidegger reconhece a importância da ciência como uma forma específica de revelação do Ser e da verdade, desde a modernidade e até nossa época*, mas, do mesmo modo, *critica a maneira como a ciência moderna, a partir deste tipo singular de revelação do Ser, se desenvolveu e*

*influenciou nossa compreensão do mundo e de nós mesmos, ou seja, as consequências dessa atuação das ciências para nossa época.*²

Verificaremos, a seguir, alguns dos aspectos-chave de sua posição em relação à ciência.

3 HEIDEGGER E A CRÍTICA ONTOLÓGICA ÀS CIÊNCIAS

O primeiro tópico que deve ser claramente compreendido, e que há em Heidegger uma clara ênfase na ontologia sobre a epistemologia; o que quer dizer em termos mais amplos e tradicionais, dar mais importância à investigação sobre o Ser (ontologia) do que à investigação sobre o conhecimento (epistemologia). Sem dúvidas, esta ênfase na ontologia em detrimento da epistemologia,³ é um traço distintivo da abordagem filosófica de Heidegger e está presente em quase todas suas obras, desde seu opus magno *Ser e Tempo* até suas conferências sobre temas como a técnica, por exemplo. É sob esse prisma que deve ser afirmado que é ao longo de toda sua filosofia que Heidegger busca reorientar a filosofia em direção a questões ontológicas mais profundas, acreditando que *apenas essa procura reflexiva será capaz de lançar luz sobre as raízes e limites do nosso conhecimento*.

Ora, colocado de um modo mais específico, este gesto filosófico heideggeriano implica uma posição analítica organizada em torno de um pressuposto filosófico da maior importância, tanto para o pensamento de Heidegger, quanto para a filosofia do século XX, qual seja que, em última instância, para realmente compreender o estatuto de qualquer conhecimento relacionado àquilo que entendemos como real, como mundo, bem como, para verificar como ele se dá e se expressa, é mais importante e eficaz analisar o sentido geral da compreensão de mundo que uma época possui, *o que para Heidegger se entende como compreensão do sentido do Ser, isto é, o modo de aparecer com sentido do mundo, do que interrogar um dos modos ou métodos particulares que temos para conhecer, (por mais importante e rico que este seja)*. A ontologia é anterior a epistemologia dado que é necessário participar de uma compreensão do Ser, (do sentido do mundo) previa, para que a própria metodologia de conhecimento das ciências encontre seu sentido e sua

² É muito importante indicar que o termo que Heidegger utiliza para designar as Ciências em geral é *Wissenschaft*; esta expressão inclui tanto as “ciências da natureza”, quanto as chamadas “ciências humanas”. Nesse sentido, este termo passa por cima da distinção entre o estatuto epistêmico de um e de outro campo das ciências bem como do debate sobre o grau de cientificidade de cada um. Dada sua envergadura semântica, *Wissenschaft*, aponta a reflexão para uma região mais originária da natureza das ciências que abarca ambos os eixos do saber científico.

³ Devemos destacar que não é apenas a epistemologia que é colocada de modo secundário com relação à ontologia. Com efeito, Heidegger estabelece a preeminência ontológica também em relação com outras áreas do *metié* filosófico, como ética e filosofia política, sendo que, tal vez, apenas a estética, a pergunta pelo belo, possa acompanhar a ontologia com a mesma dignidade; o texto *A Origem da Obra de Arte*, dá testemunho deste fato.

consistência. É preciso que a ciência, como método e forma de conhecimento, “faça sentido”, seja compreensível para o Dasein, - isto é, para a forma de subjetividade que nós mesmos somos-, senão, não teria nenhum valor epistêmico. Agora, *este fazer sentido do conhecimento científico, não provem da própria ciência não é por ela elucidado e nem sequer abordado, senão que procede de certo sentido geral do mundo e seu acesso para o ser humano*⁴, assim, é preciso que a “pre-compreensão” que temos do mundo, do que seja seu sentido mais geral, - *é, lembremos, isso é o Ser para Heidegger*-, comporte “com sentido” um tipo de acesso ao ente, ou seja, uma forma de conhecimento. A ciência é um tipo de acesso ao ente que pressupõe uma certa compreensão anterior de mundo que ela mesma não promulga nem interroga.

A questão do ser visa não se dirige apenas às condições *a priori* de possibilidade das ciências que pesquisam os entes em suas entidades e que, ao fazê-lo, sempre já se movem numa compreensão de ser. A questão do ser visa às condições de possibilidade das próprias ontologias que antecedem e fundam as ciências ônticas. *Por mais rico e estruturado que possa ser o seu sistema de categorias, toda ontologia permanece, no fundo, cega e uma distorção de seu propósito mais autêntico se, previamente, não houver esclarecido, de maneira suficiente, o sentido de ser e não tiver compreendido esse esclarecimento como sua tarefa fundamental* (Heidegger, 1986, p. 37).

Assim, Heidegger afirma que *a ciência é um pensamento que visa apenas o ente fático dado*, ou seja, tudo o que é, que está determinado em certa configuração e que podemos pensar ou falar de modo fenomenológico, isto é, como fenómeno dado, e desse modo não pensa o Ser, que é a própria possibilidade de entender os entes como entes; esta cissura, esta diferença de natureza entre o Ser e o ente é o que Heidegger denomina de *diferença ontológica*, e justamente esta diferença é a que se encontra escamoteada nas ciências. Trata-se, sob esta perspectiva, de uma crítica de maior envergadura, mais geral e, poderíamos dizer *in totum*, das ciências; uma exposição dos pressupostos mais gerais em termos de compreensão de mundo sobre os quais se sustenta o fazer científico e que não são por este mesmo saber interrogados. Ora, este *não interrogar* sobre seu próprio campo de aparecimento com sentido por parte das ciências comporta, como consequência, uma série de modos de operar do saber científico que, do mesmo modo, são, para o pensamento de Heidegger, objetáveis. Especifiquemos a seguir, de modo resumido, algum desses modos.

⁴ O conhecimento científico, quantitativo e baseado na operação de uma *ratio* matematizada, não faria sentido num mundo qualitativo e pautado por uma transcendência espiritual, como no Medievo, por exemplo, o sentido de mundo medieval não comportaria um saber desse tipo

Em primeira instância, para o pensador da diferença ontológica, há uma clara limitação na abordagem proposta pelas ciências com relação ao “mundo natural”. Com efeito, Heidegger critica a ciência moderna por sua tendência a *tratar o mundo dado como um conjunto de objetos calculáveis e manipuláveis, perdendo de vista a dimensão mais profunda do sentido do Ser que lhe outorgaria consistência*. A ciência “objetiviza” o ente e o torna uma mera presença calculável e “representável” a partir de uma única matriz, qual seja, a matematização do ente. Heidegger argumenta que essa abordagem, centrada no cálculo e na presença do ente como simples objeto, reduz o mundo a uma mera “reserva de recursos” a ser explorada, levando a uma compreensão superficial e instrumental do ser humano e da natureza⁵.

A pesquisa científica realiza, de maneira ingênua e a grosso modo, um primeiro levantamento e uma primeira fixação dos setores dos objetos. A elaboração do setor em suas estruturas fundamentais já foi, de certo modo, efetuada pela experiência e interpretação pré-científicas da região do ser que delimita o próprio setor dos objetos (Heidegger, 1986, p. 35).

Como consequência “necessária” dessa disposição analítica das ciências, ela acaba reduzindo a Verdade à Certeza Científica, motivo pelo qual Heidegger também critica a ciência por sua tendência a *reduzir toda verdade a uma certeza interna ao campo de ação das próprias ciências* e, por essa via, conduzi-la para uma espécie de circularidade autofundada. Contrariamente, Heidegger argumentará que a verdade vai além do domínio da fatualidade e inclui aspectos mais profundos e existenciais que a ciência não pode abranger plenamente. É por este motivo que Heidegger acredita firmemente que a ciência frequentemente se concentra em um tipo de análise que poderíamos definir como objetivado, negligenciando um pensamento reflexivo mais vertical. Para ele a ciência deveria considerar mais amplamente as implicações de suas descobertas e a se envolver em uma reflexão mais ampla sobre o próprio significado do conhecimento.

Enfim, é a partir desta perspectiva, *e no interior de sua crítica geral da metafísica*, que Heidegger argumenta que a tradição filosófica frequentemente priorizou a epistemologia, focando nas questões de como conhecemos, o que sabemos e como justificamos nosso conhecimento, por sobre os próprios fundamentos dessas práticas. No seu programa de superação da Metafísica, ele busca mudar essa ênfase ao colocar a

⁵ Como veremos mais adiante, esta posição é a mesma com a qual Heidegger se refere à Técnica contemporânea. Sob essa perspectiva, verificaremos no próximo tópico com mais detalhe que é a técnica quem dá sentido as ciências e não ao contrário.

ontologia como a disciplina fundamental, segundo o postulado pelo qual nossa compreensão do Ser seria o contexto no qual todas as questões do conhecimento devem ser consideradas. Ao destacar a ontologia sobre a epistemologia, Heidegger busca investigar como o Ser se manifesta e como é revelado a nós, como os seres humanos estão envolvidos com o mundo e como nossa compreensão do ser molda nossa compreensão do conhecimento. Enfim, Heidegger entende que *a busca por conhecimento deve ser entendida como uma atividade que já pressupõe um certo entendimento prévio do sentido do mundo onde ela acontece*. É nesse sentido que a ontologia é considerada mais fundamental é o âmbito a partir do qual qualquer discussão epistemológica deve ser construída.

Ora, uma vez determinada com um mínimo de precisão esta crítica de Heidegger as ciências, é preciso, com o mesmo cuidado, reconhecer a importância que Heidegger da as ciências. Com efeito, Heidegger não nega a importância da ciência como uma forma de revelação do Ser. Ele reconhece que a ciência, por meio de sua análise detalhada e precisa do mundo natural, pode revelar aspectos da realidade que podem escapar à observação comum. Ora, esta operação, embora útil e até necessária, não deixa de atuar sobre pressupostos que ela mesma não analisa; para uma disciplina que se jacta de ser um conhecimento sem preconceitos e com fundamentos claros e distintos, (para dizê-lo de modo apropriado com Descartes), esta ausência de um questionar pelo seu próprio fundamento, não deixa de ser, pelo menos, uma carência.

Portanto, em síntese, a posição de Heidegger em relação à ciência envolve uma apreciação pelas capacidades da ciência para esclarecer muitos aspectos do mundo natural e social, mas também uma crítica à forma como ela pode obscurecer as dimensões mais profundas do Ser e da verdade que a possibilitam como conhecimento com sentido. Sob este prisma, poderíamos dizer que sua abordagem busca um equilíbrio entre o rigor científico e a reflexão filosófica mais ampla.

4 A CIÊNCIA E O MODO DE SER TÉCNICO DA ÉPOCA

De qualquer sorte, ao postular uma ontologia fundamental como horizonte específico do fazer filosófico, isto é, *do pensar*, a reflexão heideggeriana pareceria demandar uma esfera particular e concreta de análise, um campo determinado de trabalho analítico onde desdobrar a interrogação ontológica geral. Enfim; *onde é que se poderia procurar abordar e verificar essa dimensão ontológica, em qual campo fenomênico concreto?* No assim chamado primeiro Heidegger, esta esfera específica será aquela

constituída pela *pergunta em torno deste ente que nós mesmos somos, ou seja, a pergunta pelo “Dasein”*. Já no segundo Heidegger, a interrogação se desloca para um questionar sobre “a técnica”.

Um esclarecimento liminar é necessário neste ponto. Quando o filósofo alemão pergunta pela técnica contemporânea *no está fazendo algo assim como uma ontologia aplicada*, ou seja, uma aplicação pontual de sua ontologia fundamental, - neste caso no campo da técnica, mas, que poderia ser outro-, pelo contrário, *questionar a Técnica implica o desenvolvimento da própria ontologia geral, assim fazer ontologia, hoje, é necessariamente, perguntar pela técnica*. Isto é assim porque, se a função da ontologia fundamental é analisar o sentido do Ser, então é na técnica que isso deve ser feito, dado que *esse sentido ontológico passa hoje, decisivamente, pelo modo de ser técnico da época*.

É no seio desse âmbito reflexivo que devemos localizar a posição heideggeriana com relação às Ciências e a Técnica. Heidegger argumenta que a ciência e a técnica não são entidades separadas, mas que, pelo contrário, estão profundamente entrelaçadas em uma interação chamada por ele de “instalação” (*Gestell*); e por essa via, torna-se claro que já não mais poderão ser pensadas separadamente. Como apontamos anteriormente, ele via a ciência como uma forma particular de instalação técnica, onde *a natureza é vista como um recurso a ser explorado e dominado por meio do método científico, mas também, e sobretudo, através da perspectiva do modo de ser técnico da época*, dado que, justamente, a técnica determina o modo de revelação da “instalação do mundo”, que não é outra coisa senão a maneira como o mundo é colocado à disposição para ser manipulado e utilizado.⁶

Poderíamos dizer, resumidamente, - e de modo sem dúvidas insuficiente-, que, para Heidegger, a relação entre ciência e técnica é uma relação de interdependência, onde *a ciência fornece os meios para a técnica se manifestar e a técnica, por sua vez, molda a forma como a ciência é compreendida, reconhecida e aplicada*.

Assim sendo, para compreendermos de modo ainda mais preciso a posição de Heidegger com relação às ciências é preciso como condição *sine qua non*, compreender sua análise sobre a técnica e como ela determina a próprio estatuto do horizonte epistemológico.

⁶ As características nevrálgicas do modo de ser técnico serão analisadas a seguir com detalhe, dado que é a partir desse enquadramento que será possível compreender o pensamento heideggeriano sobre a ciência.

Comecemos, por tanto, situando a questão: Que diz a reflexão de Heidegger sobre a técnica quando analisada no seu sentido mais geral e transitado, aquele que organiza uma opinião e norteia uma escola?

Em primeira instância é necessário recordar que sua questão básica e perene, - isto é, aquela pergunta que interroga o sentido do Ser- é, de algum modo, transformada, nos diferentes momentos de sua filosofia, na própria questão pela técnica, de modo que esta última só encontra seu sentido sobre o fundo do questionamento sobre o Ser enquanto tal⁷.

Ora bem, aquilo que se manteve mais ou menos constante através dos diferentes períodos do pensar heideggeriano, é a *caracterização da técnica como modo de ser epocal*, e, por tanto, intrinsecamente vinculada, - de diversos modos, segundo o momento de sua filosofia-, com a questão do “desocultamento” (*Entbergung*) do Ser⁸. Com efeito, para Heidegger existiriam diferentes modos do Ser se manifestar, segundo as características com as quais o desocultamento venha a acontecer em diferentes “épocas”; estes momentos podem ser designados como “diagramas epocais”. Entendemos por diagramas epocais aqueles períodos nos quais surge e se desdobra um determinado modo de desocultamento do Ser e certo tipo de desenvolvimento do espetáculo do mundo ôntico, isto é, o universo daquilo que se apresenta, até seu esgotamento e seu respectivo desaparecimento na espera de outro modo de desocultamento⁹. Trata-se da forma e do sentido ontológico sob os quais

⁷ Resumidamente, é possível reconhecer (pelo menos) três etapas na obra heideggeriana em relação à problemática da técnica: No seu primeiro período, aquele que, poderíamos dizer, acaba um ano depois da publicação de *Ser e Tempo*, Heidegger considerou a técnica como um lugar onde se manifesta o mundo do *Dasein*, isto é, como um modo de desvelar-se o horizonte histórico e o momento “epocal” onde se insere o homem. Através da técnica como utilidade, e do uso dos elementos técnicos, se mostra o modo de relacionar-se do indivíduo com “seu” mundo. Na instrumentalidade se articula o *Dasein* no seu relacionamento fundamental, isto é, na abertura ao mundo que lhe pertence. A partir do ano 1929 até o final da década de 1930, aproximadamente, se desenvolve a segunda etapa no pensamento heideggeriano sobre a técnica. O deslocamento com respeito ao anterior período se dá por causa de dois motivos centrais, pelo menos: a) a mudança própria do pensamento de Heidegger para uma problemática cada vez mais preocupada com a superação da metafísica, entendida como superação do princípio de fundamentação; b) o encontro com o pensamento de Ernst Jünger, em particular com seu artigo “A mobilização total”, e a consequente preocupação relacionada com o surgimento do novo estatuto político alemão, circunstancia estas que guiariam a Heidegger por outros caminhos filosóficos. A reflexão centra-se, então, na técnica como fenômeno que, embora global, se manifesta de modo particularmente dramático, na decadência espiritual da Alemanha, estado este que deve, com urgência, ser superado. O terceiro momento, por fim, inicia-se a partir da década de 1940 e segue-se, com algumas variações, até o fim da produção do filósofo. A este período pertencem, só para indicar alguns: *A sentença de Anaximandro*; *Carta sobre o Humanismo*; *Sendas perdidas*; e, particularmente importante para nós, *A questão da técnica*.

⁸ Seguimos aqui a tradução proposta pelo Professor Benedito Nunes em seus vários trabalhos sobre Heidegger para o neologismo *Entbergung* criado por Heidegger. Com relação à mesma problemática de tradução, em circunstâncias específicas, o professor Marco Aurélio Werle utiliza a expressão *dês-abrigar* ou *desabrigar*, junto com *desocultar*, em particular para traduzir *Entbergen*.

⁹ A relação entre os diferentes diagramas epocais não deixa de ser uma questão maior no pensamento de Heidegger. Não sendo este nosso tema principal, nos limitemos a ressaltar, por enquanto, que, sob hipótese alguma esta relação deve ser pensada como uma evolução ou como uma relação causal simples. Colocada a questão desta maneira, se impõe um esclarecimento fundamental com relação ao problema do estatuto “histórico” destes momentos epocais. Este esquema heideggeriano não responde à exigência da filosofia clássica de pensar o mundo sob o prisma de um

o mundo se manifesta em diferentes épocas; ou, dito mais radicalmente: o modo em que as coisas se apresentam com sentido para isto que nós mesmos somos, ou seja, *Dasein*.

É no âmbito deste horizonte conceitual, que a técnica é definida como um “diagrama epocal do desocultamento” e tal vez, como pretendemos mostrar mais adiante, o mais decisivo. Ora, no que corresponde estritamente à esfera técnica, como pensar este diagrama epocal por ela desdobrado?

A questão com a qual é aberta esta reflexão por parte de Heidegger e tão clara quanto decisiva: *qual é a essência da técnica?* “A essência de algo vale, segundo antiga doutrina, pelo *que* algo é. Questionamos a técnica quando questionamos o que ela é” (Heidegger, 1997, p. 43).

É deste modo, e com esta drástica simplicidade, que o pensar acerca da técnica deixa de ser um problema meramente “instrumental”, - isto é, um acessório para melhor compreender um saber-, ou seja *ciência aplicada, para tornar-se um questionar pelo fundamento ontológico não apenas da própria ciência, mas, da época que aceita a ciência como forma de verdade consolidada*. A sentença heideggeriana que inaugura este deslocamento reflexivo é tão densa quanto lapidar: “*a essência da técnica não é técnica*”. “A técnica não é a mesma coisa que a essência da técnica. [...] a essência da técnica também não é de modo algum algo técnico. E por isso nunca experimentamos nossa relação para com a sua essência enquanto somente representarmos e propagamos o que é técnico” (Heidegger, 1997, p. 42-43).

Por este mesmo motivo, é absolutamente inútil, para Heidegger, e desde o ponto de vista de um questionar radical, pensar a técnica como sendo o conjunto dos meios materiais e *operações baseadas em cálculos científicos* para que, através de certa compreensão do ente e de certo fazer, o homem consiga alcançar determinados fins.

Todos conhecem os dois enunciados que respondem à nossa questão. Um diz: técnica é um meio para fins. O outro diz: técnica é um fazer do homem. As duas determinações da técnica estão correlacionadas. Pois estabelecer fins e para isso arranjar e empregar os meios constitui um fazer humano [...]

processo histórico geral e inteligível na sua essência. Pelo contrário, a forma de “historicidade” que se constitui e caracteriza através dos diferentes diagramas não opera como uma linha neutra de tempo que seria externa ao próprio diagrama, em sentido oposto, é o modo do desocultamento que abre e define a forma histórica de uma época. Não se trata da “historiografia” como sucessão de eventos encadeados e reconhecíveis, mas da historicidade como teatro das formas de manifestação do Ser. No interior dessa discussão, segundo diversos comentadores e tradutores, existiria todo um complexo jogo expressivo e semântico elaborado por Heidegger acerca desta questão. Assim, o filósofo mobiliza os diferentes sentidos e etimologias das expressões alemãs *historisch*; *geschichtlich*; *geschichte* e *geschick*. Ver nota n. 9 in (Heidegger, 1997, p. 69).

A concepção corrente de técnica, segundo a qual ela é um meio e um fazer humano, pode, por isso, ser chamada de determinação instrumental e antropológica da técnica (Heidegger, 1997, p. 43).

Para superar esta concepção corrente da técnica, segundo o pensador alemão, será necessário dar um passo atrás na reflexão e interrogar o âmbito onde esta mesma concepção instrumental-antropológica se enraíza. Isto implica que se trata, agora, de questionar, num sentido geral, o modo sob o qual este ente que nós mesmos somos se constitui, e ao mesmo tempo se relaciona com as coisas e seu sentido enquanto mundo. Ora, ao falar da relação entre mundo e coisas por um lado, e o *Dasein* por outro, aquilo que imediatamente é colocado em pauta é a forma de verdade que se mobiliza nesta relação.

Efetivamente, a técnica moderna é uma forma nova de desocultamento do Ser, isto é, em certo sentido, *um novo modo de “verdade”*.

A técnica não é, portanto, meramente um meio. É um modo de desabrigar. Se atentarmos para isso, abrir-se-á para nós um âmbito totalmente diferente para a essência da técnica. Trata-se do âmbito do desabrigamento, isto é, da verdade (Heidegger, 1997, p. 53).

Isto é assim porque, para Heidegger, a verdade não se baseia nem no princípio de adequação, *substrato fundamental para construir a verdade científica*, nem num esquema da “revelação”, forma sob a qual um saber transcendente se institui; mas, justamente, *acontece no “desocultamento ou desabrigar”*. Deixar que a “coisa seja”, insiste Heidegger, isto é, permitir que o ente recorte sua verdade sobre o fundo do Ser, sob a diferença do Ser, sempre oculto. Havíamos dito, contudo, que a determinação instrumental da técnica estava correta [...] o que é meramente correto ainda não é o verdadeiro. Somente o verdadeiro nos leva a uma livre relação com o que nos toca a partir de sua essência (Heidegger, 1997, p. 45). Vemos assim, que a noção de verdade não estaria mais do lado da relação instrumental com o ente, nem na sua disponibilidade como natureza e, menos ainda na relação de conhecimento estabelecida entre esta concepção instrumental e calculável de ente e o sujeito que a conhece. A verdade se desloca da *adequatio* científica para o desvelamento imanente do ser como sentido geral de mundo. Enfim, a verdade não está na epistemologia, mas, na ontologia; ou dito de outro modo, *o conhecimento das ciências é correto, porém, não verdadeiro*.

Assim, a técnica não pode ser entendida desde a própria tecnologia moderna e seus pressupostos, *nem sua essência interrogada com análises baseadas em concepções epistemológicas construídas desde a ciência moderna para definir a técnica na sua relação com ela, isto é, a Técnica entendida como tecno-ciência*. Agora, é justamente isto que

sucede quando a tecnologia, - isto é, a aliança entre técnica e ciência-, se erige em paradigma de toda ação, resultando, portanto, mais um modo do dogmatismo objetivado que não admite outra leitura que não seja sua própria, e que se torna, além do mais, incapaz, de reconhecer-se a si mesmo como dogma¹⁰.

Por outro lado, do mesmo modo que a possibilidade de pensar a técnica não se encontra na própria técnica, esta possibilidade tampouco se encontra no simples abandono dela a partir de uma escolha volitiva que nos levaria a promover um olhar “exterior” à técnica, - entre outros motivos, porque tal abandono não parece possível neste ponto histórico, dado seu estado atual de desenvolvimento

Enfim trata-se, com Heidegger, de pensar a essência da técnica, - isto é, sua verdade-, ou nas palavras de Heidegger na citação anterior: numa livre relação com o que nos toca, dado que: “Técnica é um modo de desabrigar. A técnica se essencializa no âmbito onde acontece o desabrigar e o desocultamento, onde acontece a *Aletheia*” (Heidegger, 1997, p. 56).

5 A ESSÊNCIA DA TÉCNICA E SUA DERIVA CIENTÍFICA

Há ainda um aspecto fático-existencial no âmbito desta discussão sobre a ciência e a técnica. Isto se verifica a partir do fato de que, para Heidegger, o modo de ser técnico, - a técnica contemporânea-, comporta uma irreduzível singularidade; por outro lado, e em decorrência deste traço singular, *a época da técnica nos ameaça de modo total*. Isto implica que, *para Heidegger, o modo de ser técnico, instrumentalizado pelas ciências, implica um perigo para a existência “autêntica” do Dasein*. “O que é a técnica moderna? Também ela é um desabrigar. Somente quando deixarmos repousar o olhar sobre este traço fundamental, mostrar-se-á a nós a novidade (*Neuartige*) da técnica moderna” (Heidegger, 1997, p. 57). Analisaremos a continuação e estrutura que sustenta esta afirmação

A mais decisiva característica deste modo de desvelamento é a de *obrigar ao ente a se manifestar como fonte de energia passível de ser armazenada para, depois, ser libertada de um modo abstrato e indeterminado*. O epifenômeno deste processo visa à transformação ou determinação das coisas na forma que mais convenha à própria técnica a través da operação do homem de acordo com seus fins, como afirmam as concepções clássicas de técnica que anteriormente mostrávamos. Ora, o que possibilita este modo de

¹⁰ Deixamos apenas indicada a importância de pensar a noção de tecnociência, menos em Heidegger do que nos desdobramentos posteriores de sua filosofia que parecem reclamá-la. Não é aqui o âmbito para essa discussão, sem dúvida central para o pensamento contemporâneo da técnica.

se manifestar da técnica e, justamente, o âmbito anterior do desabrigar. A técnica moderna desoculta o Ser, (o sentido de mundo), e deixa aparecer o ente provocando-o, interpelando-o e, assim, o descaracteriza e especifica tantas vezes quanto o homem quiser, e sob o aspecto que deseje. A técnica descobre, transforma, acumula e distribui as coisas segundo fins e objetivos específicos e “calculáveis”. Nas palavras do próprio Heidegger: “O desabrigar imperante na técnica moderna é um desafiar (*Herausfordern*) que estabelece, para a natureza, a exigência de fornecer energia suscetível de ser extraída e armazenada enquanto tal” (Heidegger, 1997, p. 57).

Segundo esta verificação heideggeriana, a coisa deixa de ser o que ela poderia ser como possibilidade, tanto em sua singularidade quanto em seu sentido genuíno. *Inexorável, o modo de ser técnico operado em grande parte pelas ciências, sejam naturais ou humanas*, (o Dasein também se encontra nessa encruzilhada de objetivação ou de “sujeito objetivável”), mostra as entranhas da coisa, agora nomeada como “objeto”, *sua intimidade tornada estrutura inteligível e numérica, a coisa como simples parte da matéria, fragmento anônimo e quantificável do mundo natural*. A técnica já não cria coisas únicas e ao mesmo tempo indeterminadas pela multiplicidade de seus eventuais usos, pelo contrário, produz desde a operação daquilo que Heidegger chama de “subsistência” (*Bestand*), um constante depósito de objetos sempre disponíveis, sempre prontos para serem manipulado e descartado: o *subsistente*.

Tornar a coisa um ente entendido como objeto natural, desafiar este ente para o expor, mostrar suas formas e dinâmicas internas, eliminar a singularidade da coisa para colocá-la numa cadeia funcional de fenômenos e, sobretudo, *calcular todas estas operações*, constituem, por antonomásia, a forma de ser e de operar das ciências modernas. *Vemos assim que o modo de desocultar, de produzir verdade, da técnica e aquele que impera no fazer científico*. Daí, se segue a consideração de Heidegger de que *a técnica não é auxiliar experimental das ciências, muito menos ciência aplicada, de modo radicalmente contrário, é a ciência que é técnica*. É a ciência quem pressupõe o modo de ser técnico da época que outorga sentido a suas operações, todas elas em harmonia com a noção de verdade da técnica, isto é, demandar o ente para produzir cada vez mais, como “fonte” e fazer isso a partir do cálculo, momento no qual a ciência empresta sua forma mais arquetípica de operar.¹¹

¹¹ E vital destacar que este produzir calculando, que exprime o modo de ser técnico não se limita à esfera material ou até “industrial”. A técnica produz e calcula tudo: anos de vida, (viemos muito mais, em princípio), arte, cultura,

Para Heidegger, uma tal situação nunca tinha acontecido antes na história, dado que, em outros períodos epocais, cada matéria, cada coisa, podia manter sua especificidade ao entrar em uma relação, ainda que de serviço, com o homem, um serviço limitado e que não oblitera a abertura ao mundo do qual faz parte. Assim, o vento continuava a falar entre as pás do moinho; e na estátua de mármore e na construção de granito, a rocha continuava a se manter, como ela mesma, e a partir dela mesma, para citar figuras caras a Heidegger.

Contrariamente, com a técnica moderna tudo é transformado em *depósito* ou disponibilidade, *posto* para o consumo e a utilidade segundo fim, *o qual majoritariamente é determinado pelo cálculo científico*. Eis o grande perigo...

O desabrigar que domina a técnica moderna tem o caráter do pôr no sentido do desafio. [...] A central hidroelétrica está posta no rio Reno. Ela coloca (*stell*) o Reno em função da pressão de suas águas fazendo com que, deste modo, girem as turbinas [...]. A central hidroelétrica não está construída no rio Reno como a antiga ponte de madeira, que há séculos une uma margem à outra. Pelo contrário, *é o rio que está construído na central elétrica*. (Grifos nossos) (Heidegger, 1997, p. 58-60).

Nessa passagem, a relação entre técnica e ciência é evidente, dado que Heidegger opõe a antiga ponte de madeira, produto de um saber nada ou apenas minimamente científico, à central hidrelétrica, quase um símbolo da ciência e da tecnologia, (ou seja, a técnica em seu modo concreto e aliado ao saber científico), colocadas em ação conjuntamente.

Desta sorte, para Heidegger, uma das características fundamentais da época técnica é a uniformização de qualquer singularidade, tudo se torna matéria de troca e de equivalências, “cálculo”. Porque tudo é homogêneo, tudo pode ser trocado e funcionalmente substituído, mas qualquer intercâmbio é sempre precedido por um cálculo; a técnica calcula, e onde o cálculo impera, o pensar é suspenso. Assim, *a operação de um constante calcular* é o modo de banir do espírito de um povo o espaço para o autêntico pensar. E, como sabemos, cálculo e verificação do cálculo, são a vocação pinacular das ciências.¹²

espiritualidade, lazer etc. produzir e calcular não se limita aos entes mundanos, (não falamos apenas de celulares e roupas), pelo contrário, a envergadura desse produzir atinge todas as esferas nas quais o Dasein se movimenta.

¹² Nesse momento, fatalmente surge um interrogante maior: como o homem chegou a este estado de domínio do modo de ser técnico e sua expressão calculadora central, as ciências, e que tão severas consequências possuem, segundo Heidegger, para o pensar e para o próprio Dasein? *Como nos tornamos, também nós, docilmente, até com nossa anuência, “recursos humanos”*, (ou um mero Curriculum Lattes, o que vem a ser o mesmo). Poderíamos ter escolhido outro modo, isto é, tínhamos alternativa, ou estávamos, desde o princípio, condenados a este “destino”? O que está em jogo no centro da questão é justamente a noção de *Geschick*, canonicamente traduzida como destino. Por razões evidentes, não podemos aqui abordar essa questão, demasiado importante e

Verificamos neste breve percurso pela questão da técnica em Martin Heidegger, que o horizonte para o qual o pensador alemão conduz a reflexão se constitui num ponto sem retorno, um limite. A radicalidade do pensamento heideggeriano leva a interrogação até suas últimas consequências pensáveis em termos ontológicos¹³. Nesse sentido, e como expressamos anteriormente, o próprio corpus das ciências se encontra determinado no interior desse horizonte do desvelamento, do sentido de mundo, enfim, do Ser, que se expressa pela presença dominante da técnica. Mais uma vez: *a ciência é técnica...*

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reflexão de Martin Heidegger deve ser considerada, no seu sentido mais amplo e geral, - isto é, a partir de sua intencionalidade, de seu recorte reflexivo é, sobretudo, de sua analítica conceitual-, como uma “ontologia”, caracterizada como *um questionar que se pretende radical sobre o estatuto e o sentido do Ser*. No âmbito desse programa filosófico maior, e a partir desse horizonte conceitual, Heidegger abordou a questão das ciências, seu estatuto e seus problemas em várias de suas obras e textos¹⁴. Em virtude dessa multiplicidade de análises, sua posição com relação à ciência foi complexa e multifacetada com variações e ajustes ao longo de sua extensa obra, mas, sem nunca perder sua perspectiva axial. Em geral, Heidegger reconhece certa importância da ciência como uma “forma específica” de revelação do Ser e da verdade, mas, por outro lado, e de modo mais assertivo, criticou a maneira como a ciência moderna se desenvolveu e influenciou nossa compreensão do mundo e de nós mesmos. Esta crítica pode ser desdobrada em alguns aspectos centrais. Em primeira instância, Heidegger critica a ciência moderna por sua

excessivamente densa. No entanto, indiquemos um ponto central. De fato, a técnica é um destino, há uma instância que poderíamos nomear com o neologismo *destinal*, no desocultamento, mas para Heidegger, - e isto é o profundamente novo e nevrálgico-, o destino não é uma fatalidade uma necessidade sem solução. Trata-se de uma forma *destinal* que comporta no seu seio a possibilidade de toda liberdade verdadeira, no sentido do desabrigar. Declara Heidegger: “A essência da técnica moderna repousa na armação. Esta pertence ao destino do desabrigar. [...] A essência da liberdade, *originariamente*, (grifo do autor) não está ordenada segundo a vontade ou apenas segundo a causalidade do querer humano. [...] A liberdade está num parentesco mais próximo e mais íntimo com o acontecimento do desabrigar, isto é, da verdade. Todo desabrigar pertence a um abrigar e ocultar” (Heidegger, 1997, p. 55-57).

¹³ Uma dessas consequências, talvez a mais escandalosa para alguns setores do pensar, é o fato da impossibilidade de organizar um corpus ético ou moral em relação à técnica. Com efeito, entendida como desocultamento *destinal* que expõe o ente sob o modo da interpelação e o cálculo, independentemente de qualquer ato de volição individual ou coletiva, a técnica não comporta variáveis morais, dado que toda esfera moral ou ética implica um sujeito como agente, - seja este passivo ou ativo-, da atividade e do comportamento. Não é viável predicar do mundo técnico um conjunto, ainda que reduzido, de valorações éticas ou morais porque falta o alicerce fundamental onde ancorar a rede de atividades derivadas destes valores: falta o sujeito da moral e do agir. Deixamos, por motivos de foco e espaço, esta questão apenas indicada, mas, ressaltando sua importância para o tema aqui apresentado.

¹⁴ Podemos indicar, apenas para citar alguns desses textos: *Ser e Tempo*; *A Época da Imagem do Mundo*; *A Questão da Técnica*; entre outros.

tendência a considerar e tratar o “mundo” como um conjunto de *objetos calculáveis e manipuláveis*, deixando sem analisar a perspectiva do próprio modo de aparecimentos desses entes, aquilo que lhes dá um certo sentido e não outro, ou seja, sua dimensão propriamente ontológica; por este motivo, essa abordagem meramente calculadora, -e que, para ele, implica um modo superficial e “instrumental” de abordar a questão, dado que negligenciaria um âmbito reflexivo mais vertical-, acaba promovendo uma compreensão do mundo e do próprio ser humano que os reduz a uma mera “reserva de recursos” a ser primeiro calculada e depois explorada. Esta perspectiva das ciências, evidentemente, acabaria reduzindo a verdade à mera certeza das próprias ciências, sendo que, para Heidegger, a verdade, enquanto “desvelamento”, vai além do domínio da fatualidade do aparecer do ente no sentido “objetivo e calculável”. É por este conjunto de reflexões que Heidegger desafia a ciência a considerar mais amplamente as implicações de suas descobertas e a se envolver em uma reflexão filosófica mais radical sobre o próprio significado de seu conhecimento.

Desde o ponto de vista de uma ontologia fundamental como a que ele propõe, isto é, da *interrogação do âmbito do desvelamento, do aparecimento com sentido dos entes*, a posição das ciências, seus pressupostos e modalidades, não seriam plenamente eficazes para o pensar. Compreender o sentido do vir à presença das coisas, ou seja, *o Ser da época*, requereria utilizar um ponto de partida diverso e apontar o questionar para um modo de ser dos entes diferentes, para um conjunto fenomênico diverso, qual seja: *o modo de ser técnico de nossa época*. Isto inclusive porque, para Heidegger, a *mesma ciência já é técnica*; com efeito, para o pensador alemão, a técnica não é “ciência aplicada”, ou apenas um auxiliar do saber científico, mas, al contrário, são as ciências seus saberes e suas práticas as que estão determinadas pelo modo de ser técnico da época. Segundo esta perspectiva, *nem as ciências seriam capazes de exprimir a verdade da época nem a epistemologia seria o fazer filosófico mais importante*. Para Heidegger, nem a determinação e classificação dos saberes segundo seu grau de cientificidade, nem a validação desses saberes segundo determinados parâmetros epistemológicos seriam a função mais importante da filosofia em nossa época. Tal centralidade caberia à ontologia, e sua questão central seria: *qual é a essência da técnica?* A resposta a esta questão é hoje célebre, podemos resumi-la da seguinte forma: A Técnica constitui um modo de ser da época, isto é, trata-se do modo básico de compreensão do “mundo”, segundo o qual os entes se nos *presentificam* de um modo determinado, com um certo sentido. É no âmbito deste modo de ser das coisas, que a própria resposta científica sobre o mundo natural

encontra seu sentido e sua justificação. Enfim, trata-se de reconhecer a época como técnica e não como científica e, em virtude disso, passar da epistemologia à ontologia no campo do fazer filosófico.

O capítulo aqui apresentado teve como foco acompanhar este movimento da analítica heideggeriana.

REFERÊNCIAS

HEIDEGGER, M. “A questão da técnica”. Cadernos de Tradução, n. 2, p. 40-93, 1997.

HEIDEGGER, M. Ser e Tempo. Petrópolis: Vozes, 2009.

CAPÍTULO 7: ERNST MAYR: A INTEGRAÇÃO ENTRE PESQUISA DE CAMPO, TEORIA E EDUCAÇÃO

Wilson Antonio Frezzatti Jr.¹

“Quais as qualificações que um evolucionista deveria ter para estar em condições de agir como um construtor de pontes? Antes de mais nada, ele deveria ser algo mais do que um estreito especialista. Deveria estar disposto a familiarizar-se com áreas da Biologia exteriores a seu próprio campo de especialização, e a absorver os novos conhecimentos desses outros campos. Ele teria que ser flexível, capaz de desfazer-se de ideias antigas, e de aceitar ideias novas” (Mayr, 1998, p. 632).²

1 INTRODUÇÃO

Ernst Mayr é considerado um dos maiores biólogos de nossa época, tendo sido chamado de “Darwin do século XX” por sua forte atuação nas teorias evolucionistas. Interessado em pássaros desde a juventude, fez vários estudos em ornitologia, além de taxonomia e sistemática. Foi personagem central na Síntese evolucionária, a união entre o evolucionismo darwiniano (luta pela existência e seleção natural) com a genética mendeliana, realizada nas primeiras décadas do século passado. O biólogo propôs a teoria da especiação peripátrica, largamente aceita como um dos mecanismos da produção de novas espécies e uma das bases da teoria do equilíbrio pontuado, alternativa ao gradualismo darwiniano lançada por Niels Eldredge e Stephen Jay Gould. Seu pensamento evolucionista é forte antagonista das teorias matemáticas da evolução e daquelas que centram o processo seletivo sobre os genes ao invés do organismo como um todo.

Suas contribuições estão além dos limites da ciência biológica, inserindo-se também na Filosofia e na História da Biologia. Tendo como eixo a evolução, Mayr resiste a todas as formas de reducionismo total da Biologia às teorias físico-químicas, estabelecendo a autonomia e a identidade dessa disciplina. Isolando o desenvolvimento histórico da Biologia dos fatores externos, isto é, das condições sociais, políticas e mesmo de outras disciplinas científicas, o biólogo propõe uma História da Biologia cujo eixo é constituído especialmente pelas teorias biológicas que são aceitas em cada período.

Mayr é uma figura ímpar na História da ciência, produzindo conhecimento e indagações desde sua adolescência até a sua morte, aos 101 anos. Neste capítulo, após a apresentação de seus dados biográficos e sua produção intelectual, exporemos o contexto em que seu pensamento veio à luz: a superação do chamado “eclipse do darwinismo” e a

¹ Doutor em Filosofia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Toledo – PR, Brasil. E-mail: wfrezzatti@uol.com.br

² Com exceção de Mayr (1998), a tradução de todas as citações é de nossa responsabilidade.

construção da Síntese evolucionista ou do neodarwinismo³. Na sequência, serão expostas suas principais ideias biológicas, já mencionadas acima, e, posteriormente, duas ideias que entendemos ser frutíferas no Ensino de Biologia, também citadas acima: a autonomia da Biologia em face das ciências físicas e matemáticas e sua concepção de desenvolvimento histórico interno da Biologia.

2 VIDA, OBRA E CONTEXTO DE ERNST MAYR

2.1 DADOS BIOGRÁFICOS⁴

Ernst Walter Mayr nasceu em Kampten, Bavária, Alemanha em 5 de julho de 1904. Embora fosse de uma tradicional família de médicos, seu pai era promotor público e o incentivou para o estudo da História natural, principalmente pássaros. Em 1923, ingressa no curso de Medicina da Universidade de Greifswald, mas, no ano seguinte, muda para a Faculdade de Ciências Biológicas, onde seu interesse ainda se focava sobre aves. Na Universidade de Berlim, em 1926, conclui o doutorado em ornitologia aos 21 anos⁵.

Figura 1. Ernst Mayr (à direita) com Sario, um de seus assistentes malaio, na excursão realizada à antiga Nova Guiné Holandesa em 1928. Atualmente, essa região chama-se Papua Ocidental e faz parte da Indonésia.



Fonte: Academy of Achievement, 2023.

Em 1927, conhece o banqueiro e o naturalista inglês Walter Rothschild, que lhe incumbiu, em seu nome e do *American Museum of Natural History* (Museu Americano de História Natural) de Nova York, uma expedição às Índias Orientais holandesas (atual

³ Geralmente o neodarwinismo é considerado sinônimo de Síntese evolucionista ou teoria sintética da evolução. Ele envolve, além das noções darwinianas e a genética mendeliana, também a rejeição da transmissão dos caracteres adquiridos, resultado dos trabalhos do biólogo alemão August Weismann no fim do século XIX.

⁴ Os dados biográficos foram retirados das seguintes fontes: Academy Of Achievement; Discover Life; Edge; Wikipedia; e Polisel; Oliveira; Christoffersen, 2013, p. 107-108.

⁵ Em 2001, quando seu doutorado completou 75 anos, recebeu da mesma universidade um segundo e honorário título de doutor.

Indonésia), realizada em 1928. Em 1928 e 1929, faz outra à Nova Guiné, apoiada pela Universidade de Berlim. Em seguida, em 1929 e 1930, mais uma às Ilhas Salomão com naturalistas do Museu Americano. Nessas expedições, Mayr catalogou 26 novas espécies de aves e 38 novas espécies de orquídeas.

Muda-se, em 1931, para os Estados Unidos, com o intuito de organizar a coleção de pássaros de Rothschild, comprada pelo Museu Americano de História Natural. Seus inúmeros trabalhos sobre aves formaram muitos ornitólogos americanos.

Em 1953, integra a Universidade de Harvard (Cambridge, Massachusetts), onde foi diretor do *Museum of Comparative Zoology* (Museu de Zoologia Comparada) de 1961 a 1970. Em 1975, aposenta-se com o título de Professor Emérito “Louis Agassiz”⁶ de zoologia na mesma universidade.

Após sua aposentadoria, escreveu mais de duzentos artigos. Em toda sua carreira, escreveu mais de seiscentos e setenta artigos. Quatorze de seus vinte e cinco livros foram escritos após 1965, ou seja, após seus 60 anos. No total, descreveu setenta e quatro novas espécies e quatrocentas subespécies. Fundou as revistas *Evolution: International Journal of Organic Evolution* em 1947 e *Journal of History of Biology* em 1968. Ernst Mayr morreu em 3 de fevereiro de 2005 em Bedford, Massachusetts, Estados Unidos.

2.2 PRODUÇÃO INTELECTUAL

2.2.1 Principais livros⁷

1942 – *Sistemática e a origem das espécies do ponto de vista de um zoologista* (*Systematics and the Origin of the Species from the Viewpoint of a Zoologist*)

1963 – *Espécies animais e evolução* (*Animal Species and Evolution*)

1970 – *Populações, espécie e evolução* (*Populations, Species, and Evolution*)

1976 - *Evolução e a diversidade da vida: Ensaio selecionados* (*Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays*)

⁶ A menção a Louis Agassiz (1807-1873) no título de professor emérito é uma homenagem ao naturalista suíço que ministrou as disciplinas de zoologia e geologia na predecessora da *Harvard School of Engineering and Applied Sciences* (Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas de Harvard) (cf. Harvard Faculty of Arts and Sciences). Da perspectiva de hoje, a menção a Agassiz não é honrosa devido a acusações de racismo e plágio. Em sua época, Agassiz foi muito influente, especialmente no grande público, e estabeleceu o que se tornou o Museu de Zoologia Comparada (MCZ) de Harvard. Crítico de Darwin, era grande defensor da segregação racial e da supremacia branca, as quais pretendia fundamentar cientificamente. Por sua importância no racismo americano, a Universidade de Harvard tem revisto o legado de Agassiz: a inscrição “Agassiz Museum” foi removida dos documentos oficiais do MCZ; seu nome foi retirado da sala de conferências do museu; seus bustos foram deslocados dos espaços públicos da Biblioteca Ernst Mayr; e a instituição comprometeu-se a discutir o legado racista do naturalista suíço.

⁷ Para uma lista completa, com livros como autor único, coautoria e organizador, cf. Discover Life.

1980 – *A Síntese evolucionária: Perspectivas sobre a unificação da Biologia* (*The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology*) (organizado com William B. Provine)

1982 – *O desenvolvimento do pensamento biológico* (*The Growth of Biological Thought*)

1988 – *Em direção a uma nova Filosofia da Biologia* (*Toward a New Philosophy of Biology*)

1991 – *Princípios de Zoologia sistemática* (*Principles of Systematic Zoology*)

1991 – *Um longo argumento*⁸: *Charles Darwin e a gênese do pensamento evolucionista moderno* (*One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*)

1997 – *Isto é Biologia* (*This Is Biology*)

2001 – *O que evolução é* (*What Evolution Is*)

2004 – *O que faz a Biologia única?* (*What Makes Biology Unique?*)

2.2.2 Principais artigos

1985 - How biology differs from the physical sciences. In D. J. Depew and B H Weber (eds.). *Evolution at a Crossroads: The New Biology and the New Philosophy of Science*. Cambridge: The MIT Press, p. 43–63.

1988 - The why and how of species. *Biology and Philosophy*, v. 3, p. 431–441.

1992 - The idea of teleology. *Journal of the History of Ideas*, v. 53, p. 117–135.

1996 - What is a species, and what is not? *Philosophy of Science*, v. 63, p. 262–277.

1996 - The autonomy of biology: the position of biology among the sciences. *Quarterly Review of Biology*, v. 71, p. 97–106.

2001 - The philosophical foundations of Darwinism. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v. 145, n. 4, p. 488-495.

2.2.3 Principais prêmios recebidos⁹

Mayr foi laureado com praticamente todas as premiações que um biólogo poderia receber, as principais são as seguintes:

⁸ Nas primeiras linhas do último capítulo de *Origem das espécies*, Darwin (1859, p. 459) diz que seu livro era um longo argumento em favor de suas ideias: “Como todo este volume constitui um longo argumento, pode ser conveniente ao leitor recapitular brevemente os principais fatos e inferências”.

⁹ Para uma lista completa, cf. Discovery Life.

- 1958 - Darwin-Wallace Medal (Linnean Society of London)
- 1967 - Daniel Giraud Elliot Medal (U.S. National Academy of Sciences)
- 1969 - National Medal of Science (Presidência dos EUA)
- 1977 - Linnean Medal (Linnean Society of London)
- 1984 - Darwin Medal (Royal Society of London)
- 1994 - International Prize for Biology (Japan Society for the Promotion of Science)
- 1999 - Crafoord Prize (Royal Swedish Academy of Sciences; Crafoord Foundation)

2.2.4 Alguns táxons nomeados em homenagem a Ernst Mayr¹⁰

- a) Aves da Nova Guiné: Frango da selva escuro (*Rallicula mayri*; Hartert, 1930) e Papa-mel zebrado (*Ptiloprora mayri*; Hartert, 1930).
- b) Rato d'água de Ernst Mayr (*Leptomys ernstmayri*; Rümmler, 1932): Indonésia e Papua-Nova Guiné.
- c) Uma espécie de aranha caçadora (*Cebrennus mayri*; Jäger, 2000): Omã.
- d) Nematoide associado a cupins do gênero *Reticulitermis* (*Poikilolaimus ernstmayri*; Sudhaus & Koch, 2004): Córsega.
- e) Frango da Nova Irlanda (*Gallirallus ernstmayri*; Kirchman & Steadman, 2006): Espécie provavelmente extinta antes de 1500; seus restos fósseis foram encontrados em sítios do Arquipélago de Bismarck na Oceania.
- f) Serpente venenosa comedora de minhocas (*Toxicocalamus ernstmayri*; O'Shea, Parker & Kaiser, 2015): Montanhas Star, em Papua-Nova Guiné.

2.3 CONTEXTO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DE ERNST MAYR

O pensamento biológico de Mayr desenvolveu-se no contexto da Síntese Evolutiva, ocorrida nas primeiras décadas do século XX, com a recuperação da noção de seleção natural por meio do reconhecimento das aplicações da genética mendeliana ao evolucionismo. Esse momento ocorre em seguida daquele que Julian Huxley chamou de “eclipse do darwinismo”¹¹, período do final do século XIX ao início do século XX, ou

¹⁰ Para uma lista completa, cf. Wikipedia. Um táxon (latim: *taxon*; plural: *taxa*) é uma unidade taxonômica do sistema científico de classificação dos seres vivos. Refere-se a qualquer nível do sistema: Reino, Ordem, Gênero, Espécie, etc.

¹¹ Esse é o título da terceira seção do primeiro capítulo (“A teoria da seleção natural”) do livro *Evolution: The Modern Synthesis* (1942): “A morte do darwinismo foi proclamada não apenas do púlpito, mas do laboratório de Biologia; mas, como no caso de Mark Twain, os relatos parecem ter sido muito exagerados, já que hoje o darwinismo está muito vivo. // A reação contra o darwinismo teve início durante a década de noventa do século passado” (Huxley, 1948, p. 22).

aproximadamente entre 1875 e 1925, em que prevaleceram teorias antidarwinistas (cf. Bowler, 2003, p. 224-273; Bowler, 1992).

A seleção natural foi fortemente criticada desde sua divulgação pela primeira edição de *Origem das espécies* (1859), e cada vez mais a ponto de alguns acreditarem que ela estaria definitivamente refutada¹². A ideia de evolução estava consolidada no final do século XIX, mas não o seu mecanismo, e a seleção natural não foi largamente aceita na Biologia nessa época, devido a principalmente três dificuldades: 1. A idade estimada da Terra, por Lord Kelvin, era de 100 milhões de anos, tempo insuficiente para que a seleção natural apresentasse seus efeitos cumulativos; 2. Não havia uma teoria de transmissão hereditária que pudesse explicar como características novas e com baixa frequência populacional poderiam ser passadas aos descendentes; e 3. A escassez de fósseis que indicassem uma sequência de desenvolvimento de novas espécies. Por sua vez, o chamado “darwinismo social” utilizou a seleção natural e a luta pela existência para fundamentar teorias nacionalistas, racistas e militaristas nesse período: por exemplo, os americanos W. G. Sumner e Andrew Carnegie afirmavam que os milionários eram produto da seleção natural; a sobrevivência do mais forte era utilizada por Theodore Roosevelt e pelos imperialistas britânicos; para os militares alemães, a guerra era uma necessidade biológica; e, na edição de 1911 da *Encyclopedia Britannica*, metade do verbete sobre sociologia discorria sobre o darwinismo (cf. Burrow, 1985, p. 43-48).

Nas discussões biológicas, com o desprezo pela seleção natural, houve a proliferação de várias teorias não darwinianas¹³. Segundo Bowler (2003, p. 224), elas foram esquecidas por historiadores que se preocupam apenas com as teorias que foram validadas no percurso histórico, já que a grande maioria delas foi rejeitada. Esse seria o caso do próprio Mayr¹⁴:

Essa é uma abordagem legítima para um biólogo cujo principal interesse é a emergência de teorias que dominam o pensamento moderno. Mas para historiadores que possuem um interesse mais direto na ciência do final do século XIX e do início do século XX, essa aplicação rígida da retrospectiva é inapropriada (Bowler, 2003, p. 224-225).

¹² Por exemplo, o naturalista alemão Eberhard Dennert em *No leito de morte do darwinismo* (Vom Sterbelager des Darwinismus, 1903) e o biólogo tcheco Emanuel Rádl em *História das teorias biológicas dos tempos modernos* (Geschichte der biologischen Theorien in der Neuzeit, 1905-1909).

¹³ Reservaremos o termo “darwiniano” para as ideias do próprio Darwin, enquanto que usaremos “darwinista” para a corrente originada das ideias do naturalista inglês, mas que não necessariamente representam seu próprio pensamento.

¹⁴ Adiante abordaremos a concepção de Mayr sobre a história do evolucionismo.

Assim, acompanhando Bowler (2003, p. 225), podemos considerar que uma teoria, mesmo que posteriormente rejeitada, prometia e respondia, em sua época, a demandas específicas. Além disso, apesar de seu triunfo posterior, muitas concepções não se originaram da noção de seleção natural, havendo uma grande variedade de alternativas¹⁵. Apresentaremos as principais:

Modelo de desenvolvimento da evolução (árvore da vida) (cf. Bowler, 2003, p. 227-236): Esse modelo tencionava reconstruir a história da vida na Terra e surgiu, anteriormente ao evolucionismo, das pesquisas em Morfologia. A recusa das ideias de Darwin era justificada pela incapacidade de elas produzirem uma nova estrutura disciplinar na Biologia. Para Bowler (2003, p. 226), os seguidores dessa alternativa desconsideraram um importante papel do darwinismo: a criação de uma ligação entre as várias disciplinas biológicas, impedindo a fragmentação dessa ciência. Alguns seguidores dessa perspectiva adotavam a teoria da recapitulação: o percurso da evolução filogenética seria análogo ao desenvolvimento embriológico do indivíduo¹⁶.

Neolamarckismo (cf. Bowler, 2003, p. 236-247): Se, para Darwin, a transmissão dos caracteres adquiridos era um mecanismo secundário à seleção natural (cf. Darwin, 1859, p. 43), para os neolamarckistas era a explicação das mudanças, sendo a alternativa mais popular à concepção darwiniana. O termo “neolamarckismo” se justifica porque, no início do século XIX, a transmissão dos caracteres adquiridos havia sido rejeitada devido a seu caráter materialista, havendo um certo renascimento do lamarckismo em meio a outras teorias. Embora esse mecanismo ainda não tivesse firmes evidências científicas, escritores, como George Bernard Shaw, defendiam a superioridade moral do lamarckismo em face do darwinismo.

Ortogênese (cf. Bowler, 2003, p. 247-250): Ao invés de modificações adquiridas, essa teoria postula a ação de forças internas que produziriam, de modo predeterminado, características sem relação com as necessidades do organismo em seu meio. O termo,

¹⁵ De fato, embora muito criticada e rejeitada, a seleção natural não foi completamente abandonada durante o período de eclipse do darwinismo. Por exemplo: 1. Herbert Spencer sugeriu dois mecanismos de diferenciação e adaptação de organismos: a equilibrção direta (a transmissão dos caracteres adquiridos) e a equilibrção indireta (a seleção natural), sendo que a primeira era muito mais importante do que a segunda (cf. Spencer, 1864, p. 500-501; Caponi, 2014); August Weismann entendia que a seleção natural seria o único mecanismo aceitável para a evolução, o que era desconsiderado pela maioria dos biólogos da época (cf. Bowler, 2003, p. 225 e 238).

¹⁶ Para o biólogo alemão Ernst Haeckel, a ontogênese é a recapitulação curta e rápida da filogênese, condicionada pelas funções fisiológicas da hereditariedade e da adaptação. Esse nexo causal entre a ontogênese e a filogênese é o núcleo da lei biogenética ou filogenética de Haeckel, ou lei biogenética fundamental: cada organismo repete, de forma abreviada e parcial, segundo as leis da hereditariedade, em seu desenvolvimento individual uma parte da história de sua linhagem (cf. Haeckel, 1924, p. 420). Há uma polêmica se a noção de recapitulação teria sido proposta primeiro por Haeckel ou pelo naturalista alemão, radicado em Santa Catarina, Fritz Müller.

difundido pelo zoólogo alemão Theodor Eimer, refere-se a uma evolução linear com tendências que não possuem nenhum propósito adaptativo. Desse modo, as mutações não seriam aleatórias, mas seguiriam uma direção pré-fixada, o que torna a adaptação, seja em sua vertente darwinista ou lamarckista, insignificante. A ortogênese foi muito popular entre os paleontologistas no início do século XX. Igualmente ao neolamarckismo, a teoria ortogenética preserva a teleologia ou a finalidade da evolução que o pensamento darwiniano excluía.

Um primeiro passo para a Síntese evolutiva foi o surgimento do neodarwinismo no final do século XIX (cf. Bowler, 2003, p. 251-260)¹⁷. Trata-se das ideias darwinianas, principalmente a luta pela existência e a seleção natural, acrescentadas à teoria do plasma germinativo de Weismann, a qual torna o neolamarckismo incompatível com o neodarwinismo¹⁸. A teoria de Weismann distingue dois tipos de célula: o plasma germinativo (responsável pela transmissão de características aos descendentes) e o somatoplasma (o restante do organismo). As novas características adquiridas pelo somatoplasma durante a vida do organismo não seriam transferidas para o plasma germinativo e, por consequência, não seriam herdadas pela descendência¹⁹. Mayr (1998, p. 599) considera que:

A rejeição total de toda hereditariedade dos caracteres adquiridos significava o abandono de todas as assim chamadas teorias lamarckianas, geoffroyanas²⁰ e neolamarckianas. Na realidade, esse fato deixava de pé apenas dois mecanismos possíveis para a evolução: os saltos (onde a evolução se deve a saltos súbitos e de grande porte, em relação ao padrão existente), e a seleção no seio de variantes menores²¹.

¹⁷ O termo “neodarwinismo” foi criado pelo fisiologista canadense Georges Romanes em 1896 (cf. Mayr, 1998, p. 598).

¹⁸ Para Bowler (2003, p. 253): “Em alguma extensão, a onda do pensamento antidarwinista do final do século XIX foi uma reação contra o selecionismo dogmático de August Weismann”. Segundo Mayr (1998, p. 570): “No exterior, ninguém foi um selecionista mais convencido do que August Weismann, pelo menos depois de 1880. Na realidade, [...] ele talvez foi o primeiro evolucionista a atribuir a mudança evolutiva exclusivamente à seleção natural”. Ainda Mayr (1998, p. 778): “O primeiro autor não apenas a formular essas questões [sobre a hereditariedade] de modo claro e inequívoco, mas também a dar-lhes respostas decisivas foi August Weismann (1834-1914), um dos grandes biólogos de todos os tempos”.

¹⁹ Os principais textos de Weismann sobre a hereditariedade são: *Sobre a hereditariedade (Über die Vererbung, 1883)*; *O significado da reprodução sexual para a teoria da seleção (Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung für die Selektionstheorie, 1886)*; *O plasma germinativo: uma teoria da hereditariedade (Das Keimplasma: Eine Theorie der Vererbung, 1892)*.

²⁰ Referência ao morfologista francês Etienne Geoffroy Saint-Hilaire, que acreditava que a estrutura determina a função. Assim, as mudanças de função só ocorreriam se houvesse mudanças na estrutura do organismo (cf. Mayr, 1998, p. 516-517).

²¹ Essa segunda opção é o gradualismo darwiniano: as transformações evolucionárias ocorrem através de mudanças graduais das populações e não por produção repentina de novos indivíduos, ou seja, as variações sempre são pequenas e, se forem selecionadas, se acumulam, produzindo uma nova variedade da espécie (cf. Mayr, 1991, p. 36-37). Nas próprias palavras de Darwin (1859, p. 194): “*Natura non facit saltum* [A natureza não dá saltos]”.

Na passagem do século XIX para o XX, o darwinismo com seu gradualismo e a genética com sua teoria da mutação (saltacionista) não eram vistas como compatíveis, muito menos complementares (cf. Bowler, 2003, p. 260-273). As mutações eram transformações drásticas, capazes de produzir inclusive uma nova espécie, tornando as noções de seleção natural e adaptação irrelevantes²². Assim, a genética mendeliana surge não como salvadora da teoria da seleção natural, mas como antagonista, não darwiniana, reforçando seu eclipse. Somente em 1920, quando se consolida uma genética de grandes populações, é que se pode explicar a seleção natural geneticamente. Não apenas isso: esse movimento eliminou todas as outras alternativas ao selecionismo darwiniano. Entre os fatores para que isso ocorresse estão a incompatibilidade do mendelismo com a teoria da recapitulação e a percepção dos geneticistas que as mutações não eram suficientes para criar diretamente uma nova espécie, além da necessidade de uma teoria para explicar por que algumas mutações têm sua frequência na população aumentada, enquanto outras a têm diminuída, mas o mais importante: a genética demonstrou não haver possibilidade de transmitir características adquiridas, o que era um golpe mortal ao lamarckismo e à ortogênese. Apoiados nos experimentos com *Drosophila melanogaster*, a mosca da fruta, Thomas H. Morgan, A. H. Sturtevant, H. J. Muller e C. B. Bridges lançam, no livro *O mecanismo da hereditariedade mendeliana* (*The Mechanism of Mendelian Heredity*, 1915), os fundamentos da genética clássica, isto é, permitiam explicar a herança de características genéticas, segundo as leis de Mendel, em função do papel dos cromossomos na reprodução: a divisão de células sexuais por meiose e a participação de ambos pais com a mesma quantidade de material genético na fertilização (a união de pares homólogos dos mesmos cromossomos).

Porque a nova genética não dependia de forma alguma da ideia que novas espécies seriam produzidas por saltos e porque a análise mendeliana não era incompatível com a proposta darwiniana que uma série contínua de variações era fundamental para a evolução, foi possível integrá-la com a seleção natural e, assim, realizar a Síntese moderna. A total rejeição da transmissão dos caracteres adquiridos, a forte incorporação pela noção de gene da separação entre as células somáticas e as reprodutivas – conforme a teoria do plasma germinativo de Weismann – e o entendimento que as mutações ocorriam ao acaso, do mesmo modo que Darwin (1859, p. 131-170) pensava as variações, fizeram com que o

²² Esse é o caso, por exemplo, do biólogo holandês Hugo de Vries: *A teoria da mutação*, 1901-1903. Sobre o mutacionismo de de Vries e sua importância para a teoria dos saltos, cf. Mayr, 1998, p. 608-613.

saltacionismo perdesse fôlego: nesse momento, a seleção natural passou a ser vista como o único mecanismo plausível da evolução²³.

Estavam, assim, dadas as condições para a Síntese evolucionária, mas o que exatamente esse termo significa, qual sua origem e sua natureza? Essas questões não são pacíficas (cf. Bowler, 2003, p. 325-346). O historiador da ciência William Provine, em *Origem da genética de população teórica* (*Origins of Theoretical Population Genetics*, 1971), afirma que a Síntese é simplesmente a integração da seleção natural com a genética mendeliana, mas Mayr contrapõe a isso uma história muito mais complexa, dando uma grande importância também aos naturalistas de campo, como ele próprio foi, que trazem outras noções darwinianas como o isolamento geográfico, que teria sido desprezado pelos fundadores da genética de população²⁴. Para nosso biólogo filósofo, o principal significado da Síntese foi a unificação dos vários ramos da Biologia que estavam dispersos durante o eclipse do darwinismo²⁵. Em 1983, um artigo de Stephen Jay Gould considerava que a Síntese evolucionária, em seu início, deu espaço a aspectos não darwinianos, mas que, posteriormente, eles foram eliminados à medida que os elementos propriamente darwinianos foram se cristalizando²⁶. Alguns, como por exemplo Eldredge, em *Síntese inacabada: Hierarquias biológicas e pensamento evolucionista moderno* (*Unfinished Synthesis: Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought*, 1985), não acreditam no poder unificador da Síntese, sendo ela principalmente uma restrição dos mais extremos mecanismos antidarwinistas aceitos no início do século XX. Smocovitis, em *Biologia unificadora: A Síntese evolucionista e a Biologia evolucionista* (*Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology*, 1996) entende a Síntese como estruturas

²³ Bowler (2003, p. 272) enfatiza que esse contexto ocorreu na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos. Na Europa continental, até os anos 1930, a genética não se opunha ao lamarckismo e às outras teorias não darwinianas.

²⁴ Essas ideias estão descritas em um ensaio escrito originalmente em 1959, “Onde nós estamos?” (“Where are we”), publicado no livro *Evolução e a diversidade da vida* (1976). Adiante veremos a centralidade do isolamento geográfico para a noção de especiação de Mayr. A genética de população moderna é uma abordagem estatística que visa a investigar como uma grande quantidade de pequenas variações podem produzir efeitos significativos (cf. Bowler, 2003, p. 327-333). Seus principais fundadores seriam os ingleses R. A. Fisher e J. B. S. Haldane e o norte-americano Sewall Wright, com trabalhos na década de 1930.

²⁵ Em 1978, no artigo “O papel da genética de população matemática na Síntese evolucionária dos anos 1930 e 1940” (“The Role of Mathematical Population Genetics in the Evolutionary Synthesis of the 1930s and 1940s”), publicado na revista *Studies in History of Biology* v.2, Provine responde a Mayr, defendendo-se, mas, em 1980, ambos escrevem juntos *A Síntese evolucionária: Perspectivas sobre a unificação da Biologia*, ampliando a visão histórica da unificação da Biologia.

²⁶ Trata-se do artigo “O endurecimento da Síntese moderna” (“The Hardening of the Modern Synthesis”), na obra editada por Marjorie Grene, *Dimensões do Darwinismo: Temas e contratemas na teoria evolucionária no século XX* (*Dimensions of Darwinism: Themes and Counterthemes in Twentieth-Century Evolutionary Theory*). De fato, como mencionamos acima, as primeiras abordagens genéticas não eram compatíveis com o gradualismo darwiniano.

profissionais que estabeleceram um campo biológico evolucionista dentro da comunidade científica²⁷.

A Síntese foi forjada principalmente nos países de língua inglesa (cf. Bowler, 2003, p. 333-339), sendo construída sobre bases filosóficas alemãs antirreducionistas, as quais foram introduzidas nesses países por cientistas que fugiram do nazismo, entre eles Ernst Mayr. Estes pesquisadores, alguns naturalistas de campo, como é o caso de nosso biólogo, perceberam que não era mais possível tratar as espécies como um tipo fixo no qual ocorriam apenas variações mínimas locais, e conceitos já usados por Darwin, tais como adaptação, migração, isolamento e distribuição geográfica, passaram a ter relevância: as espécies se subdividiam em várias subpopulações sob a ação de barreiras geográficas, e estas estavam adaptadas a seu meio local da melhor maneira possível. E ainda: a espécie, assim, não tinha nenhuma forma verdadeira ou essencial, sendo sempre um conjunto de subpopulações. Uma ou algumas delas poderiam, eventualmente, dar origem a uma nova espécie. Dessa forma, as barreiras geográficas passam a ser considerada de importância central para a especiação. Essa perspectiva, juntando-se às abordagens dos geneticistas de população, como, por exemplo, Fisher, Haldane, mas especialmente Wright e o biólogo russo-americano Theodosius Dobzhansky, foi a base da Síntese²⁸.

Dobzhansky teve um papel central no estabelecimento da Síntese: sua obra *Genética e a origem das espécies* (*Genetics and the Origin of Species*, 1937) possibilitou a união entre o conhecimento russo da genética de população, a genética de T. H. Morgan e as teorias dos naturalistas de campo. Com as técnicas matemáticas de Wright, Dobzhansky deu uma explicação ao caráter das mutações, como pequenas alterações implicavam variabilidade natural das populações. Ele também mostrou que a seleção natural não era

²⁷ Bowler (2003, p. 326) aponta que esse tipo de perspectiva tem colocado os estudiosos de língua não inglesa reclamando do esquecimento das contribuições de suas tradições nacionais, como fizeram os alemães W.-E. Reif, T. Junker e U. Hossfeld no artigo “*A teoria sintética da evolução: Problemas gerais e as contribuições alemãs à Síntese*” (“*The Synthetic Theory of Evolution: General Problems and the German Contributions to the Synthesis*”), *Theory in Biosciences*, v. 119, 2000.

²⁸ Essa visão é também apontada por Mayr e Provine em *A Síntese evolucionária*. Bowler (2003, p. 334-335) também destaca os trabalhos em genética dos naturalistas russos Sergei Chetverikov e Nikolay W. Tomofféf-Ressovsky (*estatística de pool de genes*), do americano Francis B. Sumner (*distribuição geográfica de variações*) e dos britânicos E. B. Ford (*ecologia e pressão seletiva*), Gavin de Beer (*mutações*) e Julian Huxley (*seleção natural como a força impulsionadora da evolução*). Foi o livro de J. Huxley, *Evolução: A Síntese moderna* (*Evolution: The Modern Synthesis*, 1942), que deu nome à Síntese. Seria incorreto, para Mayr (1998, p. 635), pensar a Síntese como a simples aceitação das descobertas da genética pelos naturalistas de campo, pois esses deram importantes contribuições, tais como “o pensamento de população, a multidimensionalidade das espécies politépicas, o conceito biológico de espécie (onde a espécie se define como uma entidade reprodutiva e ecologicamente autônoma), o papel do comportamento e da mudança de função no aparecimento de novidades evolutivas, e toda a ênfase na evolução da diversidade. Todos esses conceitos são indispensáveis para uma compreensão plena da evolução, e, contudo, eles estavam virtualmente ausentes do arcabouço conceitual dos geneticistas experimentais”.

apenas um mecanismo de mudança, mas também era um fator de estabilidade na distribuição das variações.

Mayr também foi uma personagem de destaque na construção da Síntese. Naturalista de campo e darwinista²⁹, “Para Mayr e muitos outros, o livro de Dobzhansky de 1937 apontou o caminho em direção a uma completa Síntese por apresentar as conclusões dos matemáticos de um modo que eles pudessem as entender e usar” (Bowler, 2003, p. 336). O livro *Sistemática e a origem das espécies* (1942), do próprio Mayr, que enfatizava o papel dos fatores geográficos na especiação, foi, segundo Bowler (2003, p. 337), um dos trabalhos fundadores da Síntese moderna.

O paleontologista americano George G. Simpson introduz a Síntese no seu campo de estudo. Em *Tempo e modo em evolução* (*Tempo and Mode in Evolution*, 1944), entende que as evidências da macroevolução trazidas pelos registros fósseis podem ser explicadas por meio dos efeitos acumulados pelos processos microevolucionários investigados pelos geneticistas e naturalistas. Isso significa que há compatibilidade entre a paleontologia e o darwinismo.

A Síntese já estava consolidada em meados dos anos 1940³⁰. Em 1939, a Sociedade para o Estudo da Especiação, que teve vida curta, foi fundada. Em 1946, foi formada a Sociedade para o Estudo da Evolução, na qual Mayr, Dobzhansky, Simpson e Wright eram membros proeminentes. A Biologia evolucionária atingiu o *status* de uma reconhecida disciplina científica que extrapolava os limites das áreas tradicionais da ciência. Tal qual seu significado, as consequências da Síntese também são controversos. Certamente, trata-

²⁹ No início, Mayr pensava explicar a correlação entre a variação geográfica e o clima por meio de noções lamareckistas, mas, na década de 1930, já entendia que os mecanismos darwinianos eram melhores. Esse foi também o caso do ornitólogo alemão Bernhard Rensch, que exerceu grande influência sobre Mayr (cf. Bowler, 2003, p. 336).

³⁰ Para Mayr, a consolidação se dá no simpósio internacional de Biologia evolucionista de Princeton, realizado no início de janeiro de 1947, quando “houve um consenso universal e unânime em relação às conclusões da Síntese”, com exceção dos “lamareckianos de linha dura” (Mayr, 1998, p. 633). Essas conclusões seriam constituídas pelo gradualismo darwiniano, pelo papel fundamental da seleção natural e pelo caráter populacional da diversidade. Mayr cita como os seis principais arquitetos da Síntese, como “construtores de pontes” entre o darwinismo e a genética, os seguintes autores: Dobzhansky (o livro acima já citado de 1937); J. Huxley (a obra também citada acima de 1942); o próprio Mayr (o texto de 1942 igualmente citado acima); Simpson (além do livro de 1944, citado acima, *As principais características da evolução - The Major Features of Evolution*, 1953); Rensch (*Problemas mais recentes da teoria da descendência - Neuere Probleme der Abstammungslehre*, 1947); e o botânico americano G. Ledyard Stebbins (*Variação e evolução nas plantas - Variation and Evolution in Plants*, 1950). Como precursores, aqueles que “limparam o terreno”, além dos apontados por Bowler, Mayr indica: o inglês C. D. Darlington; o americano Lee R. Dice; os alemães E. Baur, W. Ludwig, E. Stresemann e W. Zimmermann; os franceses G. Teissier e P. L'Héritier; e o italiano A. Buzzati-Traverso; e ainda as coletâneas *A evolução dos organismos* (*Die Evolution der Organismen*, 1943), organizada por G. Heberer, e *A nova sistemática* (*The New Systematics*, 1940), organizada por J. Huxley (cf. Mayr, 1998, p. 633). Note-se que, ao contrário de Bowler, Mayr referencia-se a muitos biólogos fora do contexto biológico de língua inglesa.

se do ressurgimento e consolidação da noção de seleção natural; da forte rejeição da grande maioria dos mecanismos não darwinianos; da expansão de pesquisas que incluem a genética de população e seus modelos matemáticos; da incorporação de uma certa paleontologia no campo biológico; do incremento da investigação sobre a origem da vida; da crítica e rejeição do racismo; da ideia de que a ciência pode explicar as questões sobre a vida sem lançar mão de explicações metafísicas; de novas abordagens para o estudo do comportamento humano³¹.

3 PRINCIPAIS IDEIAS DE ERNST MAYR

As principais ideias epistemológicas de Mayr estão estreitamente ligadas às suas concepções biológicas, sendo essa uma forte característica de seu pensamento. As ideias que consideramos extremamente úteis ao Ensino de Ciências, a saber, a perspectiva histórica e epistemológica acerca da teoria da evolução e a autonomia da Biologia serão apresentadas na seção seguinte.

3.1 A CONCEPÇÃO DE DARWINISMO DE MAYR

O próprio Darwin não chamava sua teoria de darwinismo, mas geralmente se referia a ela como teoria da descendência com modificação por seleção natural. O termo darwinismo, de fato, recebeu vários sentidos³². No nosso caso em estudo, Mayr entende o darwinismo como as teorias que os biólogos evolucionistas entendem como cientificamente válidas, o que significa dizer que, em cada época, poderíamos ter um conjunto teórico diferente. Em consequência, ele considera que a expressão “teoria da evolução de Darwin” é uma aproximação grosseira, já que a chamada “teoria de Darwin” é um conjunto de teorias (cf. Mayr, 1991, p. 35-47).

Atualmente, segundo Mayr (1991, p. 92-105), essas teorias são as seguintes: 1. Evolução: o mundo não é constante, nem recentemente criado, nem perpetuamente cíclico, mas está em constante transformação. Os seres vivos também se modificam com o tempo; 2. Descendência comum: todos os organismos descendem de um único ancestral comum. Animais, plantas e microrganismos têm a mesma origem; 3. Diversidade de espécies: a enorme diversidade orgânica é explicada pelo surgimento de espécies a partir de outras

³¹ Para diversas referências sobre essas questões, cf. Bowler, 2003, p. 338-346. Para as questões mais atuais e os desdobramentos contemporâneos da Síntese, cf. Mayr, 1998, p. 637-698 e Bowler, 2003, p. 347-381.

³² Mayr relaciona nove sentidos usuais para o darwinismo: teoria da evolução de Darwin, evolucionismo, anticriacionismo, anti-ideologia, selecionismo, evolução variacional, credo dos darwinistas, visão de mundo e metodologia.

espécies. Populações isoladas geograficamente evoluem para novas espécies; 4. Gradualismo: as novas espécies surgem pelo acúmulo de pequenas variações das populações e não pelo aparecimento abrupto de novos indivíduos; e 5. Seleção natural: as variações que propiciam alguma vantagem na luta pela existência têm maior probabilidade de serem transmitidas à descendência, modificando, com o tempo, sua frequência na população.

Outras teorias, propostas pelo próprio naturalista inglês, compunham originalmente o darwinismo, mas hoje, de modo geral, não são aceitas ou relevantes, tais como a seleção sexual, a pangênese (todas as propriedades ancestrais encontram-se na célula), o efeito do uso e desuso. Mayr entende que o darwinismo não pode ser uma visão de mundo, especialmente o intitulado darwinismo social, pois seus argumentos não são cientificamente suportados. O darwinismo, desde o início, foi responsável pela rejeição de algumas ideias dominantes no século XIX: o criacionismo, o essencialismo, o finalismo e o determinismo newtoniano.

3.2 O CONCEITO DE ESPÉCIE BIOLÓGICA

O aparecimento sucessivo de novas espécies havia sido chamado por John Herschel de “mistério dos mistérios”. E Darwin, para Mayr (1998, p. 450):

chamou a sua grande obra *On the Origin of Species*, porque ele tinha plena consciência do fato de que a mudança de uma espécie para outra era o problema mais fundamental da evolução. A espécie fixa, essencialista, era a fortaleza a ser atacada e destruída; uma vez feito isso, o pensamento evolucionista se precipitaria pela brecha como uma represa pela racha de um dique.

Darwin também possuía uma noção populacional de espécie, mas não teria sido seguido pelos darwinistas, o que, aliado à desconsideração pela igualmente darwiniana noção de isolamento geográfico³³, permitiu que a seleção natural tivesse as críticas e a rejeição com as quais foi recebida desde sua publicação (cf. Mayr, 1976, p. 120-134). A nova definição do conceito de espécie proposta por Mayr visa a recuperar a concepção populacional de espécie, contrapondo-se a todas as outras, e foi desenvolvida em seu livro de 1942.

³³ Sobre a especiação por isolamento geográfico em Darwin, diz Mayr (1998, p. 626-627): “O conceito era forte nos cadernos de Darwin de 1837-1838 e nos seus ensaios de 1824 e 1844 [...], bem como no artigo de Wallace de 1855. Mas esvaziou-se bastante nos anos seguintes [...]. A partir dos anos 1850, Darwin pensava que a especiação, particularmente nos continentes, podia também acontecer sem um estrito isolamento geográfico”.

O conceito de espécie biológica, biológica porque leva em conta os indivíduos e não os genes, ou seja, os seres vivos e não objetos inanimados (físico-químicos), envolve três aspectos³⁴:

O primeiro consiste em encarar as espécies não como tipos, mas como populações (ou grupos de populações), isto é, passar de um pensamento essencialista para um pensamento de população. O segundo é definir as espécies não em termos de diferença, mas por sua distinguibilidade, vale dizer, pela separação reprodutiva. E o terceiro, definir as espécies não por suas propriedades intrínsecas, mas por sua relação com outras espécies coexistentes, uma relação que se exprime tanto comportamentalmente (ausência de inter cruzamento) como ecologicamente (não fatalmente competitivas) (Mayr, 1998, p. 308).

De modo resumido, uma espécie é um conjunto de linhagens de metapopulações, isto é, de subpopulações de uma mesma espécie que não se encontram ligadas entre si, mas que possuem diversos processos em comum e cujos indivíduos podem se mover de uma população a outra (cf. Queiroz, 2005)³⁵. Essa definição proporciona a unificação da categoria espécie, que é o fundamento da organização biológica, e consequentemente contribui para a unificação da própria ciência biológica.

Nesse contexto, a especiação baseia-se, portanto, numa subpopulação, ou seja, numa espécie incipiente, e não em processos fisiológicos ou físico-químicos dos cromossomos: “Uma nova espécie se desenvolve quando uma população que se tornou isolada geograficamente de sua espécie parental adquire, durante esse período de isolamento, características que promovam ou garantam o isolamento reprodutivo quando as barreiras externas se rompem” (Mayr, 1942, p. 155). Assim, a noção de isolamento é central no processo de especiação: cada subpopulação isolada de uma determinada espécie submete-se a fatores ambientais diferentes daquelas dos indivíduos que vivem em outro local. A subpopulação isolada sofre um conjunto diferente de variações para a ação da seleção natural, e, sobre as mesmas variações, as pressões seletivas são distintas. Além disso, numa população pequena, as mudanças de frequência das características ocorrem de modo mais rápido e significativo³⁶.

³⁴ Uma concepção mais detalhada, os autores que contribuíram para sua definição e os conceitos concorrentes podem ser vistos em Mayr, 1998, p. 306-336.

³⁵ Hoje, a noção de Mayr é considerada importante, mas não a única explicação para a especiação. Para uma abordagem mais aprofundada do conceito de espécie biológica, seus problemas e concorrentes, cf. Queiroz, 2005.

³⁶ A ideia de especiação de Mayr é a base da noção de equilíbrio pontuado, proposta por Niles Eldredge e Stephen Jay Gould em 1972. Essa noção permite explicar a descontinuidade da sequência fóssil sem lançar mão do saltacionismo (cf. Mayr, 1998, p. 686-689).

Mayr deu ao problema da especiação uma nova formulação. Não era mais suficiente explicar a origem da variação ou das mudanças evolutivas, dever-se-ia explicar a origem do isolamento reprodutivo: “A especiação, dessa forma, não é tanto a origem de novos tipos quanto a origem dos mecanismos eficazes que impedem o fluxo de genes estranhos nos acervos genéticos” (Mayr, 1998, p. 626).

3.3 AS CRÍTICAS AOS ESTUDOS DE EVOLUÇÃO MOLECULAR, AO REDUCTIONISMO E ÀS ABORDAGENS MATEMÁTICAS NA BIOLOGIA EVOLUCIONISTA

Mayr rejeita fortemente o reducionismo na Biologia evolucionista³⁷. A seleção natural atua sobre o organismo inteiro e não sobre os genes isolados. Assim, os estudos biológicos devem incidir sobre todo o genoma e suas interrelações e relações com o ambiente:

Eu, pessoalmente, sempre senti que não foi dado o devido peso às relações. É esse o motivo por que chamei o conceito de espécie como sendo um conceito relacional, e por que os meus trabalhos sobre a revolução genética (1954) e sobre a coesão do genótipo (1975) tratam de fenômenos relacionais. O meu ataque à genética do saco de feijão (1959) procede da mesma fonte (Mayr, 1998, p. 87)³⁸.

O termo “genética do saco de feijão” (*beanbag genetics*), portanto, refere-se à desmontagem matemática das espécies realizada pela genética populacional³⁹, transformando-as em um conjunto desestruturado e descorporificado de genes (cf. Richards, 1987, p. 539; Mayr, 1998, p. 613-623). Dessa forma, a seleção natural tornou-se seleção gênica, e a evolução assumiu o sentido de meramente a mudança da frequência de alelos ao longo do tempo, não levando em conta o isolamento reprodutivo⁴⁰. Se

³⁷ Veremos adiante que o reducionismo físico-químico, para Mayr, ameaça a própria autonomia científica da Biologia.

³⁸ As obras mencionadas por Mayr são, respectivamente, *Change of genetic environment and evolution*. In: J. Huxley, A. C. Hardy, E. B. Ford (eds.). **Evolution as a Process**, p. 157-180; *Typological versus population thinking*. In: E. Sober (ed.). **Conceptual Issues in Evolutionary Biology**, p. 157-160; e *Isolation as an evolutionary factor*. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 103, p. 221-230.

³⁹ O próprio Mayr conta por que “saco de feijão” para representar o isolamento dos genes: “Os manuais de genética dos anos 1940 e 1950 sugeriam exercícios de laboratório, em que os genes eram representados como feijões de diversas cores, colocados em um saco, misturados e depois reagrupados a cada geração, de acordo com certas especificações experimentais. Tendo em vista que nesses exercícios ficava excluída qualquer interação entre os genes, Mayr (1959) apelidou esse tipo de genética, que ignorava a interação dos genes, de ‘genética do saco de feijão’. Infelizmente, quase toda a genética matemática de populações, naquele tempo, era de fato uma genética de saco de feijão” (Mayr, 1998, p. 622-623). O texto da referência é *Where are we? Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol.*, v. 24, p. 1-14.

⁴⁰ Nesse contexto, o biólogo faz severas críticas a Richard Dawkins: “O engraçado é que, se na Inglaterra você perguntar a alguém na rua quem é o maior darwinista vivo, ele dirá Richard Dawkins. E, de fato, Dawkins fez um trabalho maravilhoso ao popularizar o darwinismo. Mas a teoria básica de Dawkins sobre o gene ser o objeto da evolução é totalmente não-darwiniana. Eu não o consideraria o maior darwinista” (Mayr, 1999). Dawkins

permanecemos no nível dos genes e dos fenótipos, ficando apenas nos estudos moleculares, o problema da especiação, segundo Mayr (1998, p. 626), é insolúvel.

Contraposta ao reducionismo, Mayr entende sua proposta como um holismo-organicismo, sendo que o termo “holismo” marca que o todo é maior que a soma das partes. Diferentemente dos mais antigos, que eram vitalistas, o holismo proposto é estritamente materialista. Cada nível hierárquico superior tem também autonomia em suas questões e teorias, o que, em última instância, acentua a autonomia da Biologia como um todo (cf. Mayr, 1998, p. 86).

3.4 AS CRÍTICAS AO PROJETO SETI E A DEFESA DO MÉTODO CIENTÍFICO

Mayr esteve envolvido numa polêmica cujo pano de fundo é sua concepção de ciência e de metodologia científica⁴¹. Trata-se de uma dura crítica ao projeto Busca por Inteligência Extraterrestre (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*, SETI), publicada em inglês em 1995 na revista *Bioastronomy News*, v. 7, n. 3, 1995 (cf. Mayr, 1995)⁴². Um dos líderes do projeto era seu colega na Universidade de Harvard, o físico Paul Horowitz, e a SETI havia sido apoiada em petição na prestigiosa revista *Science*, em 1982, por quase setenta eminentes cientistas, entre eles, Carl Sagan, Francis Crick, Stephen Jay Gould, Linus Pauling e Edward O. Wilson (cf. Sagan, 1982, p. 426)⁴³. Para Mayr, o projeto era um desperdício de recursos financeiros e humanos em algo que não renderia uma resposta científica.

realmente coloca os genes como o elemento central da seleção natural. Ele vê todos os seres vivos como máquinas de sobrevivência, as quais, apesar de grande variação na aparência exterior, carregam o mesmo tipo de molécula replicadora, os genes (cf. Dawkins, 2007, p. 67-105). Para o biólogo britânico, há uma tensão em sua teoria do gene egoísta: entre o gene e o corpo individual, qual seria o agente fundamental da vida? (cf. Dawkins, 2007, p. 392-395). Dawkins reconhece que não é correto afirmar que a seleção natural age diretamente sobre os genes, mas ressalva que a ação se dá sobre o efeito dos genes, ou seja, sobre os fenótipos. E, para ele, o paradoxo mencionado desaparece, pois o que é bom para um gene acaba sendo bom para todos. É a mesma coisa dizer “O organismo trabalha para propagar todos os seus genes” ou “Os genes atuam para fazer com que uma sucessão de organismos os propagem” (cf. Dawkins, 2007, p. 422-441). O modo que ele joga os genes para o centro da ação da seleção natural é fazer a distinção entre replicador e veículo: “As unidades fundamentais da seleção natural, as coisas básicas que sobrevivem ou morrem, que formam linhagens de cópias idênticas com mutações ocasionais aleatórias, são os replicadores” (Dawkins, 2007, p. 423), que são as moléculas de DNA. Os corpos individuais são os veículos dos replicadores. E os veículos não se replicam, mas se esforçam para propagar seus replicadores. Os veículos percebem o mundo, predam ou fogem, etc.; os replicadores constroem veículos. Enfim, “A controvérsia entre a seleção individual e a seleção do gene não é de modo algum uma controvérsia, pois o gene e o organismo são candidatos a papéis diferentes e complementares na história, o papel de replicador e o papel de veículo” (Dawkins, 2007, p. 424). *O gene egoísta* (*The selfish gene*) foi publicado pela primeira vez em 1976.

⁴¹ Na próxima seção, abordaremos a concepção de ciência de Mayr.

⁴² O texto foi originalmente publicado em alemão: Lohnt sich die Suche nach extraterrestrischer Intelligenz [A busca por inteligência extraterrestre vale a pena?]. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, v. 45, n. 7, p. 264-266, 1992.

⁴³ Sagan respondeu às críticas de Mayr na edição seguinte da revista: The Abundance of Life-Bearing Planets. *The Bioastronomy News*, v. 7, n. 4, 1995.

4 AS IDEIAS DE MAYR APLICADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS

4.1 A HISTÓRIA DA TEORIA DA EVOLUÇÃO

Na Introdução de *O desenvolvimento do pensamento biológico*, intitulada “Como escrever a História da Biologia”, Mayr deixa claro que tipo de história pretendeu fazer: uma história de problemas, mais especificamente uma “história das tentativas de solução de problemas – por exemplo, a natureza da fertilização, ou o fator diretivo na evolução. É apresentada a história não apenas das tentativas bem-sucedidas, mas também das tentativas fracassadas, na solução desses problemas” (Mayr, 1998, p. 21). Os problemas, para ele, especialmente na Biologia, são longevos e não são estruturas fixas, mas processos, os quais não se iniciam ou terminam, pois se imbricam uns com os outros. Embora considere os sucessos e os fracassos conceituais, neste caso os fracassos que tiveram alguma relevância, Mayr deixa de lado “os aspectos biográficos e sociológicos da História da Biologia” (Mayr, 1998, p. 22)⁴⁴. No Prefácio a essa obra, lemos:

A ênfase é posta nos fundamentos e na evolução das ideias dominantes da moderna Biologia; em outras palavras, trata-se de uma história evolutiva, não puramente descritiva. Uma tal abordagem justifica, e mesmo impõe, a negligência de certos desdobramentos temporários na Biologia, que não deixaram nenhum impacto na subsequente história das ideias (Mayr, 1998, p. 11).

Mayr, portanto, exclui da sua História da Biologia os fatores externos (influências filosóficas, religiosas, morais, culturais, sociais, etc.), centrando-se no desenvolvimento interno. Isso significa que nosso biólogo historiador busca o que cada biólogo, em sua época, entendia como teoria ou conceito científico de um determinado problema, sendo que a questão principal é o “porquê”, por exemplo: “Por que foi na Inglaterra que a teoria da seleção natural se desenvolveu, de fato independentemente, por quatro vezes?” (Mayr, 1998, p. 22).

E, diferentemente das ciências exatas, as explicações evolutivas são narrativas históricas:

deve-se perceber que o método da Biologia evolucionária é, em alguns modos, muito diferente daqueles das ciências físicas. Embora os fenômenos evolucionários estejam sujeitos a leis universais, assim como a maioria dos fenômenos nas ciências físicas, a explicação da história de um fenômeno evolucionário particular somente pode ser dada por uma “narrativa histórica”.

⁴⁴ No entanto, Mayr não defende a exclusividade desse método histórico: “De qualquer maneira, é preciso lembrar que a história dos problemas não substitui a história cronológica. As duas abordagens são complementares” (Mayr, 1998, p. 21). Sobre outros aspectos da concepção de ciência de Mayr, cf. o epílogo de *O desenvolvimento do pensamento biológico* (“Por uma ciência da ciência”), Mayr, 1998, p. 925-956.

Consequentemente, quando alguém tenta explicar as características de algo que é o produto da evolução, deve-se tentar reconstruir a história evolutiva dessa característica. Isso só pode ser feito por inferência (Mayr, 1983, p. 325).

Ou seja, essas explicações só podem ter sentido se feitas através da investigação de fatos empíricos e de perguntar por que determinada adaptação surgiu, ou ainda, “qual é ou qual poderia ter sido a vantagem seletiva responsável pela presença de uma característica particular”. O caráter condicional da pergunta (“qual poderia ter sido”) indica que nem sempre a análise retrospectiva histórica pode nos dar respostas. Apesar disso, o maior triunfo da teoria darwiniana da seleção natural, segundo Mayr (1983, p. 324), talvez tenha sido dar esse tipo de explicação científica à adaptação, rejeitando explicações sobrenaturais.

Embora, em *O desenvolvimento do pensamento biológico*, Mayr não cite uma única vez o filósofo da ciência húngaro Imre Lakatos, Richards (1987, p. 553) atribui ao biólogo, acreditamos que com certa razão, uma perspectiva epistemológica filiada ao do filósofo: identificar o núcleo (*core*) ou a essência de uma tradição de pesquisa e extrair seus conceitos, mesmo a despeito do que os próprios investigadores pensem. Essa perspectiva pressupõe que há algo que resiste ao tempo e seus defensores tentam proteger, e que os historiadores podem escolher quais aspectos das teorias irão estudar. Uma grave consequência, para Richards, é o desaparecimento ou ao menos a marginalização, na história do pensamento evolutivo, dos conceitos de autores que foram importantes em determinados momentos, mas suas teorias não vingaram até os dias de hoje, como é o caso de Herbert Spencer: Mayr exaltaria apenas a ciência contemporânea. Segundo Richards (1987, p. 554), o tipo de História da ciência de Mayr é equivocado e, curiosamente, pré-darwinista⁴⁵: “[os historiadores] deveriam também prestar atenção às pressões causais e às forças seletivas dos outros sistemas conceituais concorrentes”. Em outras palavras, Richards propõe uma visão darwiniana, ou seja, luta pela existência e seleção natural, para a própria história do desenvolvimento da ciência, como faz Popper⁴⁶.

É inegável que Mayr dá um papel muito central a Darwin na história do evolucionismo (cf. Mayr, 1998, p. 441-596), enquanto refere-se nada ou muito pouco aos

⁴⁵ Para mais críticas à concepção de história de Mayr e uma proposta de revisão, cf. Fonseca, 2020. Richards não considera a história de Mayr evolucionária, mesmo o biólogo afirmando isso, como vemos na citação acima.

⁴⁶ Para a visão seletiva das teorias, cf. Popper, 1975, p. 34-37, especialmente a distinção entre Einstein e uma ameba (p. 34-35 e 226-227). Richards (1987, p. 553-554 e 559-593) chama o modelo de história de Mayr de modelo revolucionário e apresenta mais cinco (o modelo estático, o modelo de desenvolvimento, o modelo de *Gestalt*, o modelo sócio-psicológico e o modelo evolucionário). Baseado em Popper, Richards defende esse último modelo.

sistemas de descendência de Romanes, Cowny Lloyd Morgan, William James e James Baldwin (cf. Richards, 1987, p. 553). Os aspectos fundamentais da história do pensamento evolucionista são associados a Darwin: a substituição do essencialismo pelo pensamento populacional, a refutação da teleologia metafísica, a rejeição do vitalismo e a explicação do surgimento de novas espécies apenas pelo processo materialista de seleção natural (cf. Richards, 1987, p. 551-555; Poliseli; Oliveira; Christoffersen, 2013). Mayr relaciona vários desses aspectos com o conceito biológico de espécie desenvolvido por ele próprio.

4.2 A BIOLOGIA COMO DISCIPLINA INDEPENDENTE

Várias das concepções de Mayr apresentadas acima convergem em sua defesa da independência da Biologia, e os aspectos que apresentaremos abaixo constituem sua Filosofia da Biologia (cf. Mayr, 1998, p. 37-104).

O biólogo critica o fisicalismo na Filosofia da ciência, isto é, a noção de que o que vale para a Física vale para todas as ciências. Haveria diferenças importantes entre a Física e a Biologia. Devemos lembrar que a Biologia enquanto disciplina científica só se constitui na passagem do século XIX ao XX, sendo que o próprio termo foi criado pelo fisiologista alemão Karl Friedrich Burdach em 1800 e consolidado como a união dos estudos dos animais e vegetais por Gottfried Treviranus e Jean-Baptiste Lamarck alguns anos depois.

A matemática não resolve vários problemas da Biologia, como a consciência, a intenção e mesmo outros mais físicos, tais como a população, a digestão, a adaptação e a competição. Poder-se-ia dizer que não há leis universais biológicas⁴⁷, já que as generalizações nessa área são quase sempre probabilísticas. Haveria apenas uma lei universal na Biologia: todas as leis biológicas têm exceção. Embora os processos biológicos não escapem da causalidade dos processos físico-químicos, alguns são tão aleatórios e imprevisíveis como a turbulência dos oceanos e dos sistemas climáticos.

Em vez de formular leis, os biólogos organizariam suas generalizações em estruturas conceituais, ou seja, por meio de abstrações de características gerais. Assim, o desenvolvimento do pensamento biológico é, em grande parte, dependente do desenvolvimento de conceitos: o progresso na Biologia depende do surgimento de novos conceitos. As definições são verbalizações temporárias dos conceitos e, por isso, são

⁴⁷ Como defensores dessa ideia, Mayr (1998, p. 54) aponta os filósofos da Biologia David Hull, M. Ruse e J. J. Smart.

constantemente revisadas. Por exemplo, a Sistemática progrediu devido ao refinamento dos conceitos de classificação, espécie, *taxa*, etc. (cf. Mayr, 1998, p. 60).

A ideia de população na Biologia contrapõe-se ao essencialismo (tipologia) na Filosofia e na Ciência: um grupo de seres orgânicos deve ser tratado de modo diferente de um grupo de moléculas, ou seja, cada ser vivo é diferente do outro, mas cada molécula de glicose, por exemplo, é vista como igual à outra. Se na Físico-Química as diferenças das medidas são atribuídas aos erros, isto é, à imprecisão do método e do operador, as diferenças de altura de uma espécie biológica são reais.

Uma questão central para a independência da Biologia é “o que caracteriza um ser vivo?”. A Biologia não implicaria, de modo algum, o vitalismo, o que ameaçaria a sua cientificidade. É possível entender alguns aspectos dos fenômenos biológicos, e mesmo físico-químicos, sem lançar mão de causas finais, de uma teleologia cósmica, como é o caso da codificação genética, das funções fisiológicas e dos sistemas adaptados (cf. Mayr, 1998, p. 65-69). Além disso, Mayr indica oito processos que seriam exclusivos dos seres vivos (cf. Mayr, 1998, p. 71-78): 1. Complexidade e organização: A complexidade pode ser definida como o todo que é maior que as partes, não no sentido metafísico, mas no sentido empírico. Em média, os sistemas orgânicos são mais complexos que os inorgânicos, e a complexidade está em todos os níveis biológicos, que são hierárquicos, desde as organelas celulares até as sociedades e ecossistemas. A hierarquia aponta também para a organização, a complexidade dos organismos não é casual. Semelhante adaptação mútua não existe no mundo inorgânico; 2. Unicidade química: As macromoléculas dos seres vivos são de tipos específicos (ácidos nucleicos, proteínas, lipídeos, açúcares), com funções específicas e suas reações químicas geralmente ocorrem apenas para um determinado enantiômero. Em um tubo de ensaio, ao contrário, há a produção de misturas racêmicas; 3. Qualidade: O mundo físico pode ser caracterizado por quantidades (movimento, força, massa), e o mundo orgânico, como um domínio de qualidades: diferenças individuais, sistemas de comunicação, armazenamento de informações, propriedades de macromoléculas e interações em ecossistemas são de natureza principalmente qualitativa. Embora os aspectos qualitativos possam ser traduzidos em quantitativos, o significado biológico se perde, da mesma maneira que não tem sentido traduzir as cores de uma pintura de Da Vinci em termos de comprimentos de onda; 4. Unicidade e variabilidade: As populações, constituídas por indivíduos únicos, de células aos ecossistemas, formam níveis hierárquicos com alto índice de variação e mutabilidade; 5. Posse de um programa genético: Os seres vivos, sem exceção, possuem um programa genético historicamente

aperfeiçoado (DNA e/ou RNA). Apenas os computadores apresentam algo que se aproxima vagamente disso, mas o programa genético é uma diferença absoluta entre o vivo e o não vivo, pois dirige não somente a expressão de características da espécie, mas também a sua própria replicação em todos os níveis; 6. Natureza histórica: Os grupos orgânicos, como consequência do programa genético, se aproximam antes pela descendência comum, isto é, por uma história comum, do que pela semelhança de características internas e externas. As classes biológicas são históricas e não lógicas; 7. Seleção natural: Esse processo é a reprodução diferenciada de indivíduos que diferem especialmente por sua capacidade de adaptação, não havendo equivalente nos processos do mundo não vivo; e 8. Indeterminação: Se os eventos inanimados, como acreditava Laplace, podem ser previsíveis por meio das leis naturais, as explicações, especialmente na Biologia evolutiva, referem-se a processos históricos que são imprevisíveis, tendo um alto grau de acaso.

Mayr (1998, p. 78-83) rejeita a ideia que, se a Biologia não for reduzida à Físico-Química, ela se torna vitalista. Devemos entender que o mesmo evento pode ter sentidos muito diferentes conforme o esquema conceitual. Por exemplo, a corte da fêmea por um macho, se vista da perspectiva da Física, envolve conceitos como locomoção, transferência de energia, processos metabólicos, etc.; se observado do ponto de vista da Biologia comportamental, temos espécie, território, competição, copulação, comunicação, etc. Além disso, os sistemas biológicos, mas não só, têm a propriedade da emergência: o conjunto de elementos de um nível inferior produz um novo com novas propriedades, as ditas propriedades emergentes: as características das células nervosas não bastam para explicar aquelas do cérebro, ou seja, o todo é maior que as partes (cf. Mayr, 1998, p. 83-84). E, como sistemas hierárquicos, devem ser estudados em todos os seus níveis, já que cada um deles tem propriedades próprias, o que estabelece, na Biologia, várias subdivisões, como a Biologia molecular, a Citologia, a Histologia, etc.

No contexto dessas delimitações conceituais, Mayr (1998, p. 87-94) desenvolve a estrutura conceitual da Biologia, dividindo-a em duas partes: a) o estudo das causas próximas: objeto das ciências fisiológicas; e b) o estudo das causas últimas, evolutivas: objeto da História Natural. Em um exemplo, “Por que um determinado indivíduo de uma espécie de ave canora da América do Norte migra para o Sul na noite de 25 de agosto?”, as causas próximas incluiriam o pertencimento a uma espécie migratória, a sensibilidade à fotoperiodicidade, mudanças climáticas e fisiológicas; as causas últimas seriam o genótipo adquirido por seleção natural ao longo de milhões de anos de evolução: se não migrasse, morreria de fome. Assim, o biólogo filósofo divide a Biologia em dois campos: a) Biologia

funcional: de caráter quantitativo, realiza experimentos semelhantes aos do físico e do químico, isolando os componentes de um sistema; e b) Biologia evolucionista: investiga as causas das características atuais e adaptações dos organismos; o entendimento de uma estrutura, função ou organismo depende das explicações históricas, isto é, de estudos comparativos e descritivos. Portanto, a Biologia evolutiva é uma ciência histórica que aborda os programas genéticos historicamente adquiridos e suas mudanças ao longo do tempo.

Todos os fenômenos biológicos têm, ao mesmo tempo, causas próximas e causas evolutivas, e não se deve dar destaque a apenas uma delas, sob pena de gerar equívocos. Nenhum problema biológico pode ser realmente resolvido sem a investigação funcional e a evolutiva. A Biologia funcional possui partes que podem ser reduzidas à Físico-Química, utilizando seus conceitos e métodos, mas a autonomia da Biologia como um todo está garantida por sua abordagem evolutiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O filósofo da ciência Pierre Thuillier (1994, p. 7-32), um dos fundadores da revista francesa *La Recherche*, nos alerta acerca do que considera mitos científicos: a objetividade pura, uma única racionalidade e a infalibilidade do método científico:

Não desejo absolutamente propagar uma nova concepção extremista e radical da atividade científica, mas apenas questionar representações que, elas sim, são francamente cienciolátricas e perfeitas para impedir qualquer exercício do espírito crítico. Para isso, utilizo recursos da História das ciências (Thuillier, 1994, p. 30)

Representações que podem produzir duas consequências indesejáveis por meio do bloqueio da reflexão crítica. A primeira é, através de pensadores que propõem que “a ciência não existe”, a aproximação ao irracionalismo. A segunda consequência é a descrença na ciência pelo público em geral, isto é, o ceticismo radical. De certa forma, vimos essas duas posturas nos difíceis anos da pandemia de COVID 19. Assim, Thuillier pretende mostrar, utilizando-se da História da ciência, como de fato o processo científico se dá, seus avanços, seus recuos, suas inseguranças, seu caráter histórico.

Acreditamos que a vida e a obra de Ernst Mayr se encaixam bem nesse contexto. O biólogo-filósofo-historiador nos coloca diante de um caso raro: naturalista de campo, organizador de museu, professor universitário, pesquisador, um dos responsáveis pela Síntese evolucionária, criador de conceitos centrais no evolucionismo, historiador da

Biologia e do evolucionismo e, se não deixamos escapar nada, finalmente, pensador da História e da ciência biológicas, além de refletir sobre sua própria produção. Não se trata de um filósofo ou de um historiador da Biologia que não conhece a produção, a divulgação e os debates científicos.

Parece-nos que essa configuração é muito útil para o Ensino de Ciências, pois permite que o estudante perceba as várias faces da produção científica. Independentemente da concordância com as ideias de Mayr apresentadas aqui – a concepção de darwinismo, o conceito de especiação (isolamento reprodutivo), as críticas à ênfase na Biologia molecular, a perspectiva de História da Biologia (foco nas teorias que são aceitas), a estrutura conceitual da Biologia –, elas nos desafiam a pensar não apenas o estatuto da Biologia, mas da própria ciência. E, como diz a epígrafe deste nosso texto, devemos aprender a fazer como os “construtores de pontes”, ou seja, ultrapassarmos a estreiteza das especialidades, sermos capazes de nos abrir para o novo e o diferente, e nos livrarmos das ideias antigas que não nos servem mais, para, assim, integrar e ampliar o conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ACADEMY OF ACHIEVEMENT. Ernst Mayr's Profile. Disponível em: <https://achievement.org/achiever/ernst-mayr-ph-d/#profile>. Acesso em: 12 dez. 2023.
- BOWLER, P. J. *The Eclipse of Darwinism*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1992.
- BOWLER, P. J. *Evolution: The History of an Idea*. 3rd ed. Berkeley: University of California Press, 2003.
- BURROW, J. W. Editor's introduction. *In*: DARWIN, C. R. *The Origin of Species*. 17th ed. (conforme 1a edição). London: Penguin Books, 1985. p. 11–48.
- CAPONI, G. Herbert Spencer: entre Darwin y Cuvier. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 45-71, 2014.
- DARWIN, C. R. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. 1st ed. London: John Murray, 1859.
- DISCOVER LIFE. Ernst Mayr. Disponível em: https://www.discoverlife.org/who/CV/Mayr,_Ernst.html. Acesso em: 12 dez. 2023.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta*. Tradução: R. Rubino. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- EDGE. Ernst Mayr. Disponível em: https://www.edge.org/memberbio/ernst_mayr. Acesso em: 12 dez. 2023.
- FONSECA, A. T. Ernst Mayr e a história da biologia: críticas e proposta de revisão. *Revista Helius*, Sobral, v. 3, n. 3, f. 3, p. 1440-1480, 2020. Disponível em: <https://helius.uvanet.br/index.php/helius/article/view/214>. Acesso em: 15 dez. 2023.
- HARVARD FACULTY OF ARTS AND SCIENCES. Louis Agassiz. Disponível em: <https://eps.harvard.edu/louis-agassiz>. Acesso em: 12 dez. 2023.
- HUXLEY, J. *Evolution: The Modern Synthesis*. 5th impression. London: George Allen & Unwin, 1948.
- MAYR, E. *Systematics and the Origin of the Species from the Viewpoint of a Zoologist*. New York: Columbia University Press, 1942.
- MAYR, E. *Evolution and the Diversity of Life: Selected Essays*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1976.
- MAYR, E. How to carry out the Adaptationist Program. *American Naturalist*, v. 121, p. 324-334, 1983. Disponível em: https://www.reed.edu/biology/courses/BIO342/2015_syllabus/2015_readings/Mayr_1983.pdf. Acesso em: 12 fev. 2024.
- MAYR, E. *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

MAYR, E. Can SETI succeed? Not likely. The Bioastronomy News, v. 7, n. 3, 1995. Disponível em: <http://www2.hawaii.edu/~pine/mayr.htm>. Acesso em: 12 fev. 2024.

MAYR, E. O desenvolvimento do pensamento biológico. Tradução: I. Martinazzo. Brasília: UnB, 1998. The Growth of Biological Thought [1982].

MAYR, E. What Evolution is: a Conversation with Ernst Mayr. J. Brockman (ed.). Edge, 31 dez. 1999. Disponível em: https://www.edge.org/conversation/ernst_mayr-what-evolution-is. Acesso em: 06 fev. 2024.

POLISELI, L.; OLIVEIRA, E. F. de; CHRISTOFFERSEN, M. L. O arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. Revista Brasileira de História da Ciência, v. 6, n. 1, p. 106-120, 2013. Disponível em: https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1000. Acesso em: 12 dez. 2023.

POPPER, K. Conhecimento objetivo. Trad.: M. Amado. São Paulo, Belo Horizonte: Editora da USP, Editora Itatiaia, 1975.

QUEIROZ, K. de. Ernst Mayr and the Modern Concept of Species. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), v. 102, suppl. 1, p. 6600-6607, 2005. Disponível em: https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0502030102?url_ver=Z39.882003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed. Acesso em: 12 jan. 2024.

RICHARDS, R. Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.

SAGAN, C. Extraterrestrial Intelligence: An International Petition. Science, v. 218, n. 4571, p. 426, 1982. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.218.4571.426.b>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SPENCER, H. The Principles of Biology. v. I. London: Williams and Norgate, 1864.

THUILLIER, P. De Arquimedes a Einstein: A face oculta da invenção científica. Trad.: M. I. Duque-Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

WIKIPEDIA. Ernst Mayr. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Mayr. Acesso em: 12 dez. 2023.

APÊNDICE

SUGESTÕES DE LEITURAS COMPLEMENTARES

Sobre Lamarck e suas ideias evolucionistas:

MARTINS, L. A-C. P. A teoria da progressão dos animais, de Lamarck. Rio de Janeiro, São Paulo, Campinas: Booklink, FAPESP, GHTEC/UNICAMP, 2007.

Sobre os vários sentidos de Darwinismo (cap. I: Darwinismo e Darwinismos):

FREZZATTI Jr., W. A. Nietzsche contra Darwin. 3ª ed. São Paulo: UNIFESP, 2022.

Uma biografia de Darwin e o desenvolvimento de suas ideias:

DESMOND, A.; MOORE, J. Darwin: A vida de um evolucionista atormentado. Tradução: H. dos Santos, G. Pereira e M. A. Gelman. São Paulo: Geração Editorial, 1995.

Sobre o caráter epistemológico histórico e antimetafísico dos conceitos darwinianos:

DENNETT, D. A perigosa ideia de Darwin: A evolução e os significados da vida. Trad.: T. M. Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

Sobre as ideias de Stephen Jay Gould:

GOULD, S. J. A galinha e seus dentes e outras reflexões sobre história natural. Trad.: D. Dana. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

Sobre as filosofias da ciência de Popper, Thomas Kuhn e Lakatos:

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (orgs.). A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Trad.: O. M. Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979.

EIXO TEMÁTICO 5: INTERDISCIPLINARIDADE E POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA NA AMAZÔNIA

CAPÍTULO 8: GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Leonardo Deosti¹, Elemar Kleber Favreto²

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um recurso essencial para o desenvolvimento da sociedade atual, haja vista que é ela que mantém toda a vida moderna em funcionamento, desde a condução do trabalho industrial até o conforto e a tecnologia que temos dentro de nossas casas (Hachem; Faria; Aponte, 2022). A questão energética vem se tornando, nas últimas décadas, um dos principais temas de debate mundo afora, seja pela fragilidade da matriz elétrica – ocasionada pelo maior uso das hidrelétricas e termelétricas como fonte de geração –, ou pela questão ambiental, uma vez que tanto a geração de energia quanto o seu consumo suscitam degradações, ocasionando mudanças climáticas e desastres ambientais.

A importância do tema, portanto, evidencia a sua necessidade de ser trabalhado em sala de aula, como um conteúdo do ensino básico, podendo ser tratado de modo interdisciplinar na grande área das Ciências da Natureza. Dessa forma, a abordagem do tema possibilita que sejam abrangidos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia.

No que diz respeito à interdisciplinaridade, verifica-se que ela consiste em “[...] um processo de inter-relação de processos, conhecimentos e práticas que transborda e transcende o campo da pesquisa e do ensino no que se refere estritamente às disciplinas científicas e a suas possíveis articulações” (Leff, 2000, p. 22). Além disso, também devemos pontuar que a interdisciplinaridade “[...] não é um fim que deve ser alcançado a qualquer preço, mas uma estratégia, um meio, uma razão instrumental, uma mediação entre a unidade e a multiplicidade entre as partes e o todo” (Paviani, 2005, p. 19).

Diante do exposto destaca-se que o objetivo do presente trabalho consiste em apresentar uma Sequência Didática (SD) interdisciplinar para o Ensino de Ciências da Natureza, tendo como tema a “Geração e o Consumo de Energia Elétrica”, para turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Esta SD pode oportunizar ao professor uma revisão de sua prática tradicional de ensino, na medida em que lhe apresenta elementos que possam fazê-lo perceber um outro papel no processo de ensino-aprendizagem, no qual ele possa se

¹ Doutorando em Educação para a Ciência e Matemática. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR, Brasil. E-mail: leodeosti@gmail.com

² Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Roraima (UERR). Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: elemarfavreto@gmail.com

perceber mais como curador das atividades didáticas e orientador dos alunos do que como transmissor do conhecimento:

O papel do professor é mais o de curador e de orientador. Curador, que escolhe o que é relevante em meio a tanta informação disponível e ajuda os alunos a encontrarem sentido no mosaico de materiais e atividades disponíveis. Curador, no sentido também de cuidador: ele cuida de cada um, dá apoio, acolhe, estimula, valoriza, orienta e inspira. Orienta a classe, os grupos e cada aluno (Moran, 2015, p. 60).

Essa mudança de postura do professor é fundamental, já que permite que ele compreenda que o aluno não aprende mais da mesma forma, pois a realidade que o cerca hoje é completamente diferente da realidade de décadas atrás. Assim, os alunos buscam significados nos conteúdos apresentados de modo distinto daqueles desenvolvidos em metodologias tradicionais, o que faz com que o professor precise revisar não só a sua metodologia, mas também a sua própria concepção epistemológica de ensino. Além disso, são os significados que auxiliam na compreensão e no próprio processo de aprendizagem:

Aprendemos mais e melhor quando encontramos significado para aquilo que percebemos, somos e desejamos, quando há alguma lógica nesse caminhar – no meio de inúmeras contradições e incertezas –, a qual ilumina nosso passado e presente, bem como orienta nosso futuro (Moran, 2015, p. 46).

Nesta percepção de que os significados possuem fundamental importância na aprendizagem, procuramos utilizar, nesta proposta didática, uma metodologia que se utilize de meios sensoriais para instigar os alunos nos seus respectivos processos de significação. Assim, sugerimos o uso das Tecnologias Educacionais em sala de aula, que podem fornecer subsídios para essa significação, podendo ser utilizados diversos materiais, tais como: vídeos, filmes, imagens, músicas, *websites*, aplicativos, experimentos, etc.

Ademais, com a aplicação desta SD espera-se proporcionar aos alunos os meios necessários para a compreensão dos conteúdos que envolvem a geração e o consumo de energia elétrica, de modo que eles se apropriem de conhecimentos que estejam relacionados com o ensino de Física, Química e Biologia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A emergência de novas demandas sociais, científicas e tecnológicas na contemporaneidade tem reafirmado a centralidade da Educação em Ciências da Natureza (ECN) como um campo estratégico para a formação de sujeitos críticos, autônomos e

capazes de intervir de maneira qualificada nos debates sociocientíficos. Nesse cenário, torna-se imperativo revisitar os fundamentos epistemológicos e pedagógicos que sustentam as práticas educativas e que darão base à SD aqui proposta, especialmente no que tange ao desenvolvimento da alfabetização científica, à adoção de abordagens interdisciplinares e ao planejamento sistematizado de SDs. O texto abaixo, enquanto aporte teórico, examina, de forma articulada, esses três eixos estruturantes, discutindo tanto os desafios históricos que permeiam a ECN quanto as perspectivas formativas que podem contribuir para a superação de práticas fragmentadas e para a construção de uma educação científica comprometida com a complexidade do mundo contemporâneo.

2.1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NATUREZA E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A área de ECN configura-se como um campo de conhecimento de importância social prioritária na sociedade contemporânea. Seu principal objetivo é fornecer uma educação científica para os cidadãos, sendo um requisito essencial tanto para a preparação de futuros cientistas quanto, e sobretudo, para a formação de indivíduos capazes de participar da tomada de decisões fundamentadas em torno de problemas sociocientíficos e sociotecnológicos cada vez mais complexos. Essa importância crescente exige uma profunda renovação na orientação do ensino (Cachapuz *et al.*, 2005).

A educação científica é vista como um caminho valioso para a promoção de uma educação emancipadora, formando cidadãos que possam atuar na contemporaneidade, transformando e inovando em busca de um futuro democrático e sustentável. No Brasil, a ECN abrange estudos que contribuem tanto para uma formação docente mais ampla quanto para o aprimoramento de estratégias, metodologias e práticas de educação científica. A ECN busca ampliar o olhar dos seres humanos para refletir sobre o impacto de suas ações e seu papel na conservação da biosfera (Turdo; Pugliese, 2024).

No cerne do Ensino de Ciências está o conceito de Alfabetização Científica (AC), uma necessidade para todos os cidadãos. A AC é compreendida como o processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, permitindo que o indivíduo amplie seu universo de conhecimento e sua cultura como cidadão. Esse processo almeja a formação cidadã para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diversas esferas da vida (Cachapuz *et al.*, 2005).

O conceito de AC tem evoluído de uma definição funcional (meramente vocabulário) para uma perspectiva multidimensional, que inclui: a utilização de conhecimentos na vida diária (prática); a intervenção social com critério científico em

decisões políticas (cívica); e a compreensão da natureza da ciência e da tecnologia na configuração social (cultural). A AC deve ser iniciada desde a Educação Infantil, pois quanto mais cedo o aluno for inserido no mundo das Ciências, mais cedo poderá investigar, argumentar e explorar os fenômenos ao seu redor (Cachapuz *et al.*, 2005).

Apesar da reconhecida importância, a ECN enfrenta desafios estruturais e epistemológicos que resultam em elevado insucesso escolar e falta de interesse por parte dos estudantes.

Um dos obstáculos mais significativos é a formação deficitária dos professores. Muitos docentes, especialmente nos anos iniciais, não possuem capacitação adequada para introduzir o aluno na ECN de modo geral, tampouco em temas específicos. Essa carência na formação leva muitos professores a se prenderem ao livro didático, que muitas vezes apresenta respostas prontas e erros conceituais (Souza; Carvalho; Watanabe, 2024).

A dependência e a qualidade dos livros didáticos (LDs) representam um segundo desafio. Muitos LDs são acusados de negligenciar a História da Ciência, de apresentar pseudo-história ou pseudociência e de tratar certos conteúdos de forma superficial ou inexistente. Em geral, os LDs tendem a apresentar o conhecimento científico como algo pronto e acabado, reforçando um ensino dogmático e pouco crítico (Cachapuz *et al.*, 2005; Souza; Carvalho; Watanabe, 2024).

O terceiro e mais profundo desafio é a persistência de visões deformadas da Ciência e da Tecnologia, que são transmitidas pelo próprio ensino, conforme demonstrou Cachapuz *et al.* (2005). Nesse sentido, Favreto, Silva e Neves (2025) sintetizam essas concepções – que afastam o aluno da construção real do conhecimento científico – em quatro principais, são elas:

Uma visão descontextualizada, ignorando as complexas relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA);

Uma visão aproblemática e ahistórica (dogmática), que não apresenta a investigação como busca de respostas a problemas, fazendo com que o conhecimento pareça uma construção arbitrária, ignorando a evolução e as dificuldades encontradas na História da Ciência;

Uma visão rígida, algorítmica e não inventiva, reduzindo o trabalho científico a um conjunto fixo de etapas infalíveis (o "método científico") e negligenciando a invenção de hipóteses, a criatividade e o debate; e

Uma visão acumulativa e de crescimento linear, que apresenta o desenvolvimento científico como um acúmulo de conhecimentos válidos, ignorando crises, reformulações profundas e confrontações entre teorias rivais.

Essas deformações, enraizadas na epistemologia espontânea dos professores, transformam a Ciência em algo abstrato, distante e inacessível, o que bloqueia o desenvolvimento de um senso crítico e do espírito científico nos alunos.

A transformação na ECN, portanto, depende de um esforço coletivo para a superação das visões simplificadas, investindo na formação continuada dos professores e na adoção de metodologias e propostas didáticas que articulem teoria e prática, contexto histórico e problemas contemporâneos, garantindo que a educação científica cumpra seu papel de formar cidadãos críticos e capazes de intervir na realidade.

2.2 INTERDISCIPLINARIDADE E ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

A temática da interdisciplinaridade possui dois grandes enfoques, o epistemológico e o pedagógico, ambos abrangendo conceitos diversos e frequentemente complementares. Historicamente, o movimento que marca a presença do enfoque interdisciplinar na educação está diretamente relacionado a um contexto mais amplo de complexas mudanças paradigmáticas, que abrangem setores da vida social, como economia, política e tecnologia. A realidade atual é percebida como complexa, requerendo, por conseguinte, um pensamento abrangente e multidimensional, capaz de construir um conhecimento que considere essa mesma amplitude (Morin, 2000; Thiesen, 2008).

No campo da epistemologia, a interdisciplinaridade surge como uma reação à necessidade de superar a fragmentação e o caráter de especialização do conhecimento. Essa fragmentação foi causada por uma epistemologia de tendência positivista, cujas raízes residem no empirismo, naturalismo e mecanicismo científico do início da modernidade (Morin, 2000). Pela influência de grandes pensadores modernos, as ciências foram divididas e, conseqüentemente, começaram a se especializar, tratando de aspectos cada vez menores da realidade. A interdisciplinaridade, como um movimento contemporâneo, emerge na perspectiva da dialogicidade e da integração das ciências, buscando romper com o caráter de hiperespecialização e a fragmentação dos saberes (Thiesen, 2008).

O sentido e a finalidade da interdisciplinaridade encontram pelo menos uma posição consensual na literatura: ela busca responder à necessidade de superação da visão fragmentada nos processos de produção e socialização do conhecimento (Morin, 2000; Thiesen, 2008; Fazenda, 2008). Trata-se de um movimento que caminha para novas formas

de organização ou para um novo sistema de produção, difusão e transferência do conhecimento.

Para Morin (2000), somente o pensamento complexo sobre uma realidade também complexa pode promover o avanço da reforma do pensamento em direção à contextualização, articulação e interdisciplinarização do conhecimento. O pensamento complexo busca captar relações, inter-relações, implicações mútuas e fenômenos multidimensionais. Ele tenta religar o que o pensamento disciplinar e compartimentado desuniu e parcelou (Morin, 2005).

A interdisciplinaridade, nesse sentido, se caracteriza pela intensidade das trocas entre especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto. Ela exige que as disciplinas, em seu processo constante de interpenetração, se fecundem reciprocamente. Japiassu (2006) ressalta que a interdisciplinaridade requer equilíbrio entre amplitude, profundidade e síntese. A amplitude assegura uma larga base de conhecimento e informação; a profundidade garante o requisito disciplinar; e a síntese garante o processo integrador. Ela atua primordialmente lançando uma ponte para ligar as fronteiras que foram estabelecidas entre as disciplinas.

Mais do que um conceito unívoco, a interdisciplinaridade é vista, por Fazenda (2008), como uma atitude. Para ela, a introdução da interdisciplinaridade implica uma transformação profunda da pedagogia, um novo tipo de formação de professores e um novo jeito de ensinar. Essa atitude interdisciplinar manifesta-se no compromisso profissional, no envolvimento com projetos de trabalho, na busca constante de aprofundamento teórico e, sobretudo, na postura ética diante dos problemas que envolvem o conhecimento.

O papel da interdisciplinaridade no processo de ensinar e aprender na escolarização formal articula abordagens pedagógicas e epistemológicas. A escola, como lugar de produção e reconstrução de conhecimento, precisa acompanhar as transformações da Ciência contemporânea e adotar as exigências interdisciplinares que participam da construção de novos conhecimentos.

Na área de ECN, a interdisciplinaridade é crucial porque o conhecimento profundo é reconstruído dialeticamente na relação com os alunos, por meio de métodos e processos produtivos. Quanto maior a interdisciplinaridade no trabalho docente, maior a possibilidade de apreensão do mundo pelos sujeitos que aprendem (Campos *et al.*, 2018).

A interdisciplinaridade é, em suma, um movimento articulador fundamental. Ajuda a compreender que vivemos numa grande rede ou teia de interações complexas. Ela potencializa o trabalho pedagógico e o desenvolvimento de propostas didáticas mais

adequadas ao novo milênio, auxiliando educadores e escolas a ressignificar o currículo, os métodos, os conteúdos e as formas de organização dos ambientes para a aprendizagem. Ela é a chave para a construção de uma compreensão da realidade complexa, rompendo com as fronteiras das disciplinas.

2.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Uma SD é compreendida como um encadeamento de atividades, buscando atingir um objetivo de aprendizagem específico. Nesse sentido, seguimos a concepção elaborada por Zabala (2014, p. 26), que descreve as SDs como:

[...] uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. [...] diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhes atribuir.

O uso de materiais, atividades e procedimentos em sala de aula exige um planejamento adequado por parte do professor, de modo que os objetivos de aprendizagem possam ser alcançados mais facilmente. As SDs como forma de planejamento do processo de ensino são fundamentais para que estas atividades e materiais possam contribuir de maneira realmente significativa na aprendizagem dos alunos. Para Zabala (2014, p. 24), a SD é “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”. Este conjunto de atividades deve estar organizado de tal forma a permitir que a estrutura cognitiva do aluno assimile novos esquemas, baseados naqueles que ele já havia assimilado no passado. Dessa forma, os novos conhecimentos estarão sempre relacionados com os conhecimentos prévios que ele já possui em sua estrutura cognitiva:

[...] pressupõe-se que nossa estrutura cognitiva está configurada por uma rede de esquemas de conhecimento. Estes esquemas se definem como as representações que uma pessoa possui, num momento dado de sua existência, sobre algum objeto de conhecimento. Ao longo da vida, estes esquemas são revisados, modificados, tornam-se mais complexos e adaptados à realidade, mais ricos em relações. A natureza dos esquemas de conhecimento de um aluno depende de seu nível de desenvolvimento e dos conhecimentos prévios que pôde construir; a situação de aprendizagem pode ser concebida como um processo de comparação, de revisão

e de construção de esquemas de conhecimento sobre os conteúdos escolares (Zabala, 2014, p. 48).

Este nível de organização da SD exige do professor não apenas um planejamento das atividades a serem desenvolvidas e dos materiais e procedimentos a serem utilizados. Ele também exige uma organização dos conteúdos e objetivos de ensino. É nesse aspecto que Zabala (2014, p. 38) disserta que:

Devemos nos desprender desta leitura restrita do termo ‘conteúdo’ e entendê-lo como tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades cognitivas, como também incluem as demais capacidades. Deste modo, os conteúdos de aprendizagem não se reduzem unicamente às contribuições das disciplinas ou matérias tradicionais. Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.

Se os conteúdos de aprendizagem devem ser compreendidos de modo diferente dos conteúdos disciplinares, precisamos compreendê-los como potencialidades para o desenvolvimento de outras capacidades no aluno, principalmente daquelas que ampliam a sua rede de esquemas. Assim, Zabala (2014) segue a organização proposta por César Coll, que divide os conteúdos em: conceituais, procedimentais e atitudinais.

Os conteúdos conceituais, segundo Coll (1986 *apud* Zabala, 2014), correspondem à questão: “o que se deve saber?”. Esse tipo de conteúdo está ligado ao processo de elaboração mental por parte do aluno, pois é o momento em que ele passa a ressignificar os conceitos e princípios abordados no processo de aprendizagem a partir dos conhecimentos que já possui. Assim, os conteúdos conceituais envolvem “[...] atividades que possibilitem o reconhecimento dos conhecimentos prévios, que assegurem a significância e a funcionalidade, que sejam adequadas ao nível de desenvolvimento, que provoquem uma atividade mental, etc.” (Zabala, 2014, p. 106).

Já os conteúdos procedimentais dizem respeito à pergunta: “o que se deve saber fazer?”. Isso quer dizer que esse tipo de conteúdo “[...] inclui entre outras coisas as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias, os procedimentos – é um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo” (Zabala, 2014, p. 58). A aprendizagem de técnicas e habilidades são eficazes para auxiliar o aluno não só na compreensão dos conceitos que estão relacionados com o conhecimento que se pretende aprender, mas também na mudança de atitude, gerando novos comportamentos, que se configuraram nos conteúdos atitudinais.

Por sua vez, os conteúdos atitudinais são aqueles que se relacionam à questão: “como se deve ser?”. Esse tipo de conteúdo nos direciona a aprendizagem de comportamentos ligados a normas, regras e valores, de modo que podemos dizer que alguém aprendeu uma atitude quando “[...] a pessoa pensa, sente e atua de uma forma mais ou menos constante frente ao objeto concreto a quem dirige essa atitude” (Zabala, 2014, p. 62-63). Embora as atitudes nem sempre sejam propriamente reflexivas, sempre envolvem aspectos que regem o comportamento desta pessoa, mostrando uma internalização dos valores, das regras e das normas que circundam um conhecimento específico.

Os conteúdos que abordarão a questão da geração e consumo de energia elétrica, dentro da SD que aqui apresentaremos, serão tratados dentro de uma perspectiva interdisciplinar, abordando elementos da Física, da Química e da Biologia.

3 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após a explanação dos pressupostos teóricos que sustentam a presente proposta de ensino, passamos a apresentar a SD delineada, a qual é composta por 14 aulas e aborda os conteúdos de produção e consumo de energia elétrica de forma interdisciplinar. Salientamos que a proposição deste material de ensino foi idealizada para ser aplicada em turmas de 1º ano do Ensino Médio e de modo a conduzir ao alcance da seguinte competência, apontada na Base Nacional Comum Curricular:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (Brasil, 2018, p. 556).

Ademais, ao retomar as definições de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais propostas por Zabala (2014), apresentamos, no Quadro 1, os conteúdos que serão contemplados ao longo das aulas desta SD.

Quadro 1. Relação dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que compõem a SD

Conceitual	Procedimental	Atitudinal
1) Aprofundar o conhecimento sobre energia, reconhecendo a energia elétrica como um tipo de energia; 2) Entender como ocorre o processo de transformação de energia, tanto do ponto de vista da Física, quanto da Química e da	1) Diferenciar e identificar matriz energética e matriz elétrica; 2) Pesquisar o funcionamento de seis tipos de usinas elétricas presentes no Brasil; 3) Produzir materiais de divulgação científica que contemplem conhecimentos da Física, da Química	1) Debater os impactos ambientais ocasionados pela produção e uso de energia elétrica; 2) Desenvolver e/ou aprimorar habilidades de liderança, empatia, comunicação, argumentação e trabalho em

Biologia; 3) Compreender a dinâmica de produção e consumo de energia.	e da Biologia; 4) Representar, através de maquete, o funcionamento dessas usinas.	grupo; 3) Apresentar e defender ideias e conceitos.
--	--	--

Fonte: Os autores, 2025.

De modo a contextualizar de que forma estes conteúdos serão abordados no decorrer das aulas, na sequência são descritas as atividades planejadas para cada uma das aulas e os seus encaminhamentos metodológicos.

Na **aula 1** tem início com a explicação do projeto a ser desenvolvido pelos alunos, bem como a introdução acerca das usinas conversoras de energia mecânica em energia elétrica. Os conteúdos que compõem estas aulas são os mecanismos de produção de energia elétrica, a exploração da matriz energética brasileira e da crise energética no Brasil e no mundo. Para tanto, com o auxílio de um projetor e um computador/notebook, o(a) docente poderá conduzir a discussão destes conteúdos mediante a visualização e reflexão dos vídeos e materiais listados no Quadro 2.

Quadro 2. Relação dos materiais de apoio para as aulas 1 e 2

Material	Link de acesso
Vídeo sobre a crise energética mundial	https://www.cnnbrasil.com.br/business/brasil-europa-e-china-tem-criises-energeticas-com-causas-diferentes-entenda/
Texto “Crise energética no Brasil”	https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/crise-energetica-no-brasil.htm
Vídeo “Entramos nas turbinas de Itaipu”	https://www.youtube.com/watch?v=48llepuOvLw
Vídeo “Você sabe como funciona a energia eólica?”	https://www.youtube.com/watch?v=6Fc3V0-ZA7k&t=12s
Matéria sobre a matriz energética e elétrica	https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica
Vídeo sobre uma “Usina fotovoltaica”	https://www.youtube.com/watch?v=iY6FyDJlwTs
Vídeo “Como funciona uma usina termoeletrica”	https://www.youtube.com/watch?v=kzljqZy6r2c
Vídeo “Usina Termoeletrica movido a Biomassa”	https://www.youtube.com/watch?v=dDkU1U5jVuM
Vídeo “Como funciona uma usina nuclear?”	https://www.youtube.com/watch?v=b3DCXbuG1cg

Fonte: Os autores, 2025.

Após a exploração e discussão dos materiais listados no Quadro 2, os(as) docentes deverão apresentar aos alunos o cronograma das atividades que serão realizadas nas próximas aulas, para que eles possam se organizar quanto aos materiais que deverão

providenciar para a elaboração do projeto e no que se refere às funções desempenhadas pelos integrantes dos grupos. Dito isto, apresentamos, no Quadro 3, o cronograma das atividades da SD.

Quadro 3. Cronograma das atividades da SD

Aula	Atividades realizadas
1	Leitura e reflexão dos vídeos e materiais disponibilizados sobre a crise energética e a matriz energética brasileira
2	Introdução acerca das fontes de energia e da geração e consumo de energia desde uma perspectiva da Física, divisão dos grupos e explicação do projeto
3	Leitura e reflexão dos materiais e vídeos a partir da perspectiva biológica de energia
4	Exploração dos conhecimentos a respeito da geração e consumo de energia dentro da perspectiva da Biologia
5	Introdução aos conhecimentos a respeito da geração e consumo de energia dentro da perspectiva da Química
6	Discussão de materiais referentes à geração e consumo de energia na perspectiva da Química
7-10	Desenvolvimento do projeto (maquete, <i>teaser</i>)
11-13	Apresentação, para a comunidade escolar, das maquetes e defesa da construção das respectivas usinas que elas representam
14	Finalização da SD em sala de aula, divulgação do projeto vencedor da licitação e reflexões finais

Fonte: Os autores, 2025.

Como continuidade das discussões da aula 1, na **aula 2** os(as) docentes poderão apresentar aos alunos figuras e gráficos que abordam a matriz energética brasileira e que auxiliarão na explicação dos conceitos envolvidos, retomando alguns pontos já abordados nos textos e nos vídeos assistidos. Nesse momento, o(a) docente deve buscar o estabelecimento de um diálogo com os discentes, aprofundando sobre os seis principais tipos de usinas de conversão de energia em energia elétrica: hidrelétricas, eólicas, solares, nucleares, termelétricas e de biomassa.

Apresentados e discutidos estes seis tipos de usinas, os alunos serão divididos em seis grupos de trabalho, de modo que cada grupo possa ficar com um tipo de usina. Em seguida, apresenta-se a situação-problema contida no Quadro 4, além da forma como se dará a elaboração dos projetos a serem desenvolvidos, os prazos e os passos que os grupos deverão seguir.

Quadro 4. Situação problema que contextualiza a elaboração dos projetos

Situação problema
O município fictício de Naturezinho, no Estado do Paraná, fica localizado no litoral do estado, com largas planícies e com um largo e sinuoso rio. Ele possui uma população de mais de 300 mil habitantes, mas vem sofrendo com constantes apagões elétricos nos últimos tempos. Diversas causas foram apontadas para o problema, entre elas a ligação precária que o município possui com o sistema elétrico nacional. Preocupada com isso, a prefeitura do município lançou um edital de licitação pública para o desenvolvimento de um projeto de usina elétrica que possa atender às necessidades de sua população. O edital deixa claro que o projeto deve atender aos seguintes pontos: 1) a independência do município do sistema elétrico nacional; 2) o estudo do impacto socioambiental de sua implantação; 3) o tipo de matriz elétrica a ser utilizada: hidráulica (hidrelétrica ou maremotrizes), térmica (termelétrica ou biomassa), solar (termossolares ou fotovoltaicas), eólica (energia cinética dos ventos), nuclear (fissão nuclear); 4) a descrição da potencialidade da matriz elétrica escolhida (no Brasil, no Paraná e em Naturezinho); 5) o modo como a usina desenvolverá o seu potencial elétrico no município de Naturezinho; 6) o cálculo de energia elétrica que a usina poderá gerar por hora e o cálculo per capita da geração de energia elétrica da usina mensalmente; 7) a avaliação da população para a implantação do projeto; 8) o orçamento aproximado previsto para o desenvolvimento do projeto; 9) a maquete do projeto; e 10) a apresentação e defesa do projeto em audiência pública.

Fonte: Os autores, 2025.

Além de apresentar aos alunos a situação problema, o(a) docente deve explicar aos alunos como o projeto deverá ser desenvolvido ao longo das próximas aulas. Assim, deve ressaltar que, ao final das atividades, cada grupo deverá apresentar o projeto de uma das usinas (Hidrelétrica, Termelétrica, Solar, Eólica, Nuclear e de Biomassa), através de uma maquete que represente a usina atribuída ao grupo. Os alunos também deverão apresentar e defender (ponto 10 exposto na situação-problema), diante da comunidade escolar, a construção da usina, levando-se em consideração toda a pesquisa que será realizada e que deve perpassar pelos pontos de 1 a 6 e o ponto 8 da situação-problema.

É importante destinar, ao longo das aulas que compõem esta SD, alguns momentos no horário regular das aulas para que os(as) docentes das disciplinas de Física, Química e Biologia acompanhem o processo de construção das maquetes e dos projetos das usinas. Para tanto foram pensadas as aulas 7, 8, 9 e 10.

Cada grupo também deverá preparar um pequeno vídeo (no formato de “*teaser*”), no qual apresentarão alguns pontos principais da maquete, como a etapa de construção, a relação com o tipo de usina que ela representa e uma breve explicação dos aspectos físicos (funcionamento), químicos (transformações dos elementos envolvidos) e biológicos (seu impacto no meio ambiente/ecossistema) envolvidos na sua construção. Este vídeo poderá ser exposto junto no momento de apresentação dos trabalhos para a comunidade escolar, no momento que representará a consulta pública, na qual esta comunidade terá a oportunidade de votar de forma favorável ou contrária à construção da usina no município de Naturezinho. Desta forma, o *teaser* servirá como chamariz para a apresentação do

trabalho no final (bem como subsidiar a reflexão da comunidade escolar quanto à construção ou não das usinas, que remete ao ponto 7 da situação-problema).

Nas aulas 3 e 4 o foco são os aspectos biológicos relacionados à geração e ao consumo de energia elétrica. Os conteúdos que compõem estas aulas são: cadeia alimentar, fluxo de energia, os seres vivos como transformadores de energia, transformação de energia luminosa em energia química, transformação de energia química em energia mecânica e transformação de energia mecânica em energia térmica.

Primeiramente, na **aula 3**, é realizada a exploração e discussão de textos e vídeos que perpassam pelos conteúdos supracitados, possibilitando um primeiro contato dos alunos com os conceitos biológicos relacionados ao consumo e transformação de energia em suas diferentes formas. No Quadro 5 estão listados dois textos e dois vídeos que podem conduzir as discussões neste momento.

Quadro 5. Relação dos materiais de apoio sobre o consumo energético

Material	Link de acesso
Texto sobre a cadeia alimentar	https://brasilescola.uol.com.br/biologia/cadeia-alimentar.htm
Texto sobre a interferência da ação humana no ecossistema	https://noticias.cruzeirodosuleducacional.edu.br/a-interferencia-da-acao-humana-no-ecossistema/
Vídeo sobre fluxo de energia	https://www.youtube.com/watch?v=6V-VOHDJ8jQ
Vídeo sobre fluxo de energia entre seres vivos	https://www.youtube.com/watch?v=qO3yasOJgNA

Fonte: Os autores, 2025.

Além dos materiais acima citados, o(a) docente pode complementar a sua aula acrescentando imagens que contemplem as transformações de energia citadas anteriormente e o gasto energético.

Então, na **aula 4**, ocorre a exploração dos conhecimentos a respeito da geração e consumo de energia dentro da perspectiva da Biologia. Para iniciar a aula, o(a) docente pode questionar os alunos sobre as diferentes formas de energia presentes no nosso cotidiano e como elas se relacionam. Ademais, para aprofundar as discussões no âmbito da perspectiva biológica, deve-se instigar os alunos a refletirem sobre o gasto energético e as transformações de energia que nele estão envolvidas, como por exemplo durante a prática de atividades físicas.

Utilizando-se do projetor ou da lousa, o docente deve apresentar aos alunos o registro dos conceitos discutidos, bem como retomar a exibição dos vídeos da aula passada e incentivar o debate com os alunos.

Na **aula 5** ocorre a transição da perspectiva biológica para a química, de modo que a aula deve ser iniciada com a retomada dos aspectos biológicos discutidos anteriormente. Para iniciar a discussão dos conceitos de energia nesta perspectiva, primeiramente é realizada a discussão dos temas: energia, fluxo de energia, calor e processos de troca de calor (irradiação, condução e convecção). Para tal atividade, são propostos os recursos e materiais contidos no Quadro 6.

Quadro 6. Relação dos materiais de apoio sobre o conceito de calor

Material	Link de acesso
Simulador	https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html
Laboratório de informática com acesso à internet	-
Texto “Propagação de calor”	https://www.todamateria.com.br/propagacao-de-calor/
Texto “Condução, convecção e irradiação”	https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/fisica/conducao-conveccao-irradiacao.htm

Fonte: Os autores, 2025.

Para a execução da quinta aula, a utilização do laboratório de informática do colégio se faz necessária, mas caso o colégio não disponha deste ambiente, o(a) docente pode ainda conduzir a aula utilizando um notebook ou tablet. Em ambas as situações, deve-se acessar o *link* do simulador do PHET Colorado sobre transferência de energia, disponibilizado no quadro acima. Este recurso possibilita uma visualização sobre alguns dos mecanismos de transferência de energia (no caso, na forma de calor).

Diante da manipulação e interação com o simulador, os alunos serão apresentados às duas leituras que constam na seção “recursos e materiais”, de modo a possibilitar o aprofundamento dos processos de troca de energia na forma de calor. Após a interação com o simulador e a leitura dos textos disponibilizados, o(a) docente deve reservar os minutos finais da aula para indagar os alunos sobre o que é o calor e quais as suas formas de propagação, reforçando os conceitos que foram abordados nesta aula.

Para finalizar a abordagem do conceito de energia na perspectiva química, durante a **aula 6** serão abordados os conceitos de energia química, energia nas reações, energia de

ligação, processos exotérmicos e endotérmicos e entalpia. Para tanto, são propostos os materiais constantes no Quadro 7.

Quadro 7. Relação dos materiais de apoio sobre as reações químicas e energia de ligação

Material	Link de acesso
Texto “Reações químicas”	https://www.soquimica.com.br/conteudos/ef/reacoesquimicas/
Texto “O que é uma reação química”	https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-uma-reacao-quimica.htm
Vídeo “Energia Química”	https://www.youtube.com/watch?v=oprceppvLE
Vídeo “A energia nas reações químicas”	https://www.youtube.com/watch?v=arD-iNPC-8g
Vídeo “Química - Reações químicas”	https://www.youtube.com/watch?v=YbE9nRP9IGs
Vídeo “Energia de ligação”	https://www.youtube.com/watch?v=V_bYhEKXdNg

Fonte: Os autores, 2025.

Nas aulas 7, 8, 9 e 10, o período das aulas é destinado à finalização da construção das maquetes, o desenvolvimento do *teaser* e das pesquisas por argumentos para a defesa da construção das usinas. Nesse sentido, os temas abordados durante estas aulas são a geração de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas, solares, nucleares e de biomassa. Para auxiliar as buscas realizadas pelos alunos, o(a) docente pode recomendar o acesso aos *links* disponibilizados no Quadro 8, que versam sobre os diferentes tipos de usinas conversoras de energia. Assim, estes materiais podem ser compartilhados com os alunos de acordo com os grupos e projetos que estão participando.

Quadro 8. Relação dos materiais de apoio para a construção das maquetes

Material	Link de acesso
Texto “Veja quais são as etapas para construção de uma Hidrelétrica”	https://www.hidroenergia.com.br/blog/veja-quais-sao-as-etapas-para-construcao-de-uma-hidreletrica/
Vídeo “Como funciona uma usina hidrelétrica?”	https://www.youtube.com/watch?v=0C6bKMYxbvc
Texto: “Como funcionam as usinas termelétricas?”	https://www.gnpw.com.br/usina-termeletrica/como-funcionam-as-usinas-termeletricas/
Vídeo “Como funciona uma usina termoelétrica?”	https://www.youtube.com/watch?v=kzIjqZy6r2c
Texto e vídeo “Como é produzida e distribuída a energia eólica?”	https://www.echoenergia.com.br/noticias/como-e-produzida-e-distribuida-energia-eolica/

Texto “Usina solar: todas as informações sobre a tecnologia no Brasil e no mundo”	https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html
Vídeo “Energia Solar - Como funciona?”	https://www.youtube.com/watch?v=JTqz_xzozl0
Texto “Entenda como funciona uma usina nuclear como a de Chernobyl”	https://canaltech.com.br/ciencia/depois-de-chernobyl-entenda-como-funciona-uma-usina-nuclear-141939/
Vídeo “Como a Energia Nuclear Funciona?”	https://www.youtube.com/watch?v=T6uOxjQbjEc
Texto “Biomassa: produção de energia a partir de resíduos?”	https://www.vinci-energies.com.br/pt/o-futuro-e-agora/rumo-a-um-mundo-sustentavel/biomassa-producao-de-energia-a-partir-de-residuos/
Vídeo “Fontes Renováveis de Energia 4 - Biomassa”	https://www.youtube.com/watch?v=QrGh4p_TYt8

Fonte: Os autores, 2025.

Nestas aulas, os alunos deverão finalizar as suas respectivas maquetes, desenvolvendo a pesquisa pertinente sobre o tema, bem como os textos de suas defesas e preparando os *teasers* que serão apresentados à comunidade escolar. O(a) docente, neste momento, deverá auxiliar os alunos na execução dos seus projetos, como um consultor, indicando textos e vídeos que possam ser úteis aos alunos.

Também é neste momento que o(a) docente deve organizar, junto à gestão da escola e com os outros professores, um dia e ambiente adequado para a apresentação dos projetos dos alunos, seja em uma Feira de Ciências ou em algum outro evento a ser realizado pela escola ou mesmo no pátio da escola, de modo que as outras turmas, professores, equipe pedagógica e funcionários da secretaria possam visitar a exposição, ouvir a explanação dos alunos e assistir aos seus *teasers*. A partir dessa interação estes sujeitos poderão, então, decidir em qual projeto votarão.

As três penúltimas aulas (**aulas 11, 12 e 13**) serão destinadas à apresentação dos projetos e maquetes confeccionadas pelos alunos para a comunidade escolar. Neste momento, além de expor as suas maquetes, os alunos deverão projetar os *teasers* que gravaram para mostrar à comunidade escolar as vantagens e riscos da construção das suas usinas, de modo a propiciar uma visão geral dos prós e contras da referida construção e, então, pedir que os espectadores votem favoravelmente ou de forma contrária ao projeto desenvolvido. Deste modo, os conteúdos que são contemplados nesta aula são os processos físicos, químicos e biológicos das usinas representadas em suas respectivas maquetes.

A apresentação dos projetos pode ser feita no anfiteatro/auditório da escola ou em algum outro espaço no qual possa ocorrer a apresentação para o público da

comunidade escolar presente. Serão necessários um projetor, notebook/computador e caixas de som.

No dia da exposição, os(as) docentes deverão organizar os grupos para a apresentação de suas maquetes e para as defesas de suas respectivas usinas para a comunidade escolar. No local escolhido para a apresentação, cada grupo deverá ter seu lugar para a maquete e o cartaz com o nome de sua respectiva usina. Então, a comunidade escolar poderá visitar os estandes dos grupos para interagir com os integrantes e tirar dúvidas sobre os seus projetos. Neste momento os alunos devem usar dos seus conhecimentos para conquistar o voto dos visitantes, que neste caso desempenham o papel de cidadãos de Naturezinho e, por conseguinte, eleitores da cidade.

Aos docentes, caberá a função de avaliador do processo licitatório, de modo que possam levar em consideração: 1) a apresentação da maquete; 2) a defesa da construção da sua respectiva usina (da qual a maquete é uma representação); 3) o *teaser* do grupo; 4) as respostas dos integrantes dos grupos diante das participações da comunidade escolar. Esta ação integrará a avaliação do desempenho dos alunos durante a execução do projeto, além das observações feitas pelos docentes no decorrer das aulas anteriores. Também cabe ao(s) docente(s) a explicação para a comunidade escolar do objetivo da exposição, do problema fictício que está sendo retratado e da importância da votação considerando os prós e os contras da instalação de uma usina transformadora de energia no município de Naturezinho.

Para o registro dos votos, o(a) docente deve organizar uma urna, que pode ser feita com uma caixa de sapato ou semelhante, e cédulas de votação, nas quais deverá haver uma lista com os seis tipos de usinas, seguidas de um espaço em branco, entre parênteses, para que os cidadãos/eleitores assinalem a opção que julgaram mais viável para resolver o problema da crise energética vivenciada na cidade.

Para finalizar a SD, na última aula (**aula 14**) os docentes deverão, em sala de aula, realizar uma discussão acerca dos resultados obtidos na votação, questionando os alunos sobre: 1) o que levou o projeto que venceu a votação ter obtido este resultado; e 2) os impactos socioambientais que este tipo de usina pode trazer para a comunidade, a fauna e a flora local.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou a discussão sobre a ECN e teve como objetivo central apresentar uma SD interdisciplinar voltada à compreensão dos processos de geração e consumo de energia elétrica por estudantes do 1º ano do Ensino Médio. Esse objetivo foi alcançado, uma vez que a proposta desenvolvida integrou, de maneira articulada, fundamentos conceituais, procedimentais e atitudinais, permitindo construir um percurso formativo coerente com as competências previstas para a área. A estruturação da sequência, distribuída em etapas progressivas e inter-relacionadas, possibilitou a articulação entre diferentes campos do conhecimento (Física, Química e Biologia) e favoreceu a compreensão ampliada dos fenômenos energéticos em suas dimensões científicas, sociais e ambientais.

No âmbito das contribuições pedagógicas mais amplas, destaca-se que a SD proposta favorece significativamente o ensino segundo o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), ao articular conhecimentos científicos a questões reais e contextualizadas, promovendo a reflexão crítica sobre os impactos socioambientais da produção e do consumo de energia elétrica. Essa abordagem contribui também para a promoção da Educação Ambiental, ao estimular a compreensão dos efeitos das escolhas energéticas sobre os ecossistemas e sobre a qualidade de vida da coletividade, reforçando o compromisso ético e a responsabilidade cidadã dos estudantes.

Outro aspecto relevante consiste na flexibilidade da proposta, que permite sua adaptação às diferentes realidades socioeducacionais. A sequência pode ser ajustada conforme a disponibilidade de infraestrutura escolar, as características do público-alvo e a carga horária destinada ao componente curricular, sendo igualmente possível reorganizá-la no formato de oficina ou de projeto interdisciplinar de curta duração. Tal maleabilidade amplia o potencial de utilizá-la em múltiplos contextos educativos.

Além disso, após a conclusão do projeto, abre-se um campo profícuo para que os docentes aprofundem, em suas respectivas disciplinas, os conteúdos relacionados à energia, explorando cálculos, resoluções de problemas, análises experimentais ou estudos de caso, de modo a consolidar e ampliar as aprendizagens construídas durante a SD.

Por fim, a proposta demonstra versatilidade quanto à sua implementação, podendo ser desenvolvida tanto por um único professor da área de Ciências da Natureza quanto por uma equipe de docentes de Física, Química e Biologia, em uma dinâmica colaborativa. Essa possibilidade reforça o caráter integrador da SD e sua capacidade de promover

práticas pedagógicas mais articuladas, coerentes com a complexidade dos fenômenos estudados e com as demandas formativas da educação contemporânea.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMPOS, A. L. A.; MARTINS, J. M.; OLIVEIRA, A. D.; PARASMO, M. C. A. A interdisciplinaridade segundo Edgar Morin e Alzira Lobo de Arruda Campos. **Unifal em Pesquisa**, São Paulo/SP, v.10, n.2, p. 93-107, abr/2018.
- FAZENDA, I. (org.). **O que é interdisciplinaridade?** São Paulo: Cortez, 2008.
- FAVRETO, E. K.; SILVA, J. A. P.; NEVES, M. C. D. Renovação epistemológica no Ensino de Ciências: um levantamento do estado da arte. **RPD – Revista profissão Docente**, Uberaba-MG, v. 25, n. 50, p. 01-32, 2025.
- JAPIASSU, H. **O sonho transdisciplinar**: E as razões da filosofia. Rio de Janeiro: Imago, 2006.
- LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. *In*: PHILIPPI JUNIOR, A.; TUCCI, C. E. M.; HOGAN, D. J.; NAVEGANTES, R. (org.). **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**. São Paulo: Signus, 2000. p. 309-335.
- MORAN, J. Educação Híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. *In*: BACICH, L.; TANZINETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.). **Ensino híbrido**: personalização e tecnologia na educação [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2015, p. 40-65.
- MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: Repensar a reforma, reformar o pensamento. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2005.
- PAVIANI, J. **Interdisciplinaridade**: conceito e distinções. Porto Alegre: Edições Pyr, 2005.
- SOUZA, E. G.; CARVALHO, F.; WATANABE, G. A formação crítica de uma consciência sócio-histórica-ambiental para a compreensão da atual crise hídrica. *In*: ALVIM, M. H.; BRZOZOWSKI, S. (org.). **Ensino de ciências**: problematizações e possibilidades. Santo André (SP): UFABC/UAB, 2024, p. 60-87.
- THIESEN, J. S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545-598, set./dez. 2008.
- TURDO, V. S.; PUGLIESE, A. Sequência didática e ensino de Química: o (a) estudante mediador(a) no processo de ensino-aprendizagem. *In*: ALVIM, M. H.; BRZOZOWSKI, S. (org.). **Ensino de ciências**: problematizações e possibilidades. Santo André (SP): UFABC/UAB, 2024. p. 255-282.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar [recurso eletrônico]. Trad. Ernani F. da F. Rosa; Rev. Nalú Farenzena. Porto Alegre: Penso, 2014.

CAPÍTULO 9: INTER E TRANSDISCIPLINARIDADE NA EDUCAÇÃO SUPERIOR: UM ESTUDO DE CASO DO CURSO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA¹

Elemar Kleber Favreto², Josie Agatha Parrilha da Silva³, Marcos Cesar Danhoni Neves⁴

1 INTRODUÇÃO

A transformação da escola – e, em especial, da universidade – tem sido objeto de intensos debates desde o final do século XX, motivada pelas exigências de uma sociedade caracterizada pela complexidade, pela dinamicidade e pela crescente presença das tecnologias digitais. Autores como Morin (2000, 2015), Nóvoa e Popkewitz (2002), Tardif (2002), Japiassu (2006), e mais recentemente Nóvoa (2019, 2022), oferecem importantes contribuições para esse debate, ao analisarem os impactos das mudanças sociais, culturais e epistemológicas nas estruturas e finalidades da educação superior contemporânea.

Tais reflexões indicam a necessidade de superação dos modelos tradicionais de organização curricular, baseados na compartimentalização dos saberes, em prol de abordagens mais integradas, voltadas à articulação entre diferentes campos do conhecimento (Morin, 2000; Japiassu, 2006). No contexto da formação de professores, essa mudança é vista como fundamental para o desenvolvimento de competências que permitam aos futuros docentes compreender e atuar criticamente diante da complexidade dos fenômenos sociais e naturais, mobilizando saberes interconectados e metodologias inovadoras (Nóvoa, 2019, 2022).

No âmbito da universidade pública brasileira, especialmente nas regiões historicamente marginalizadas, como o interior da Amazônia Legal, tais transformações adquirem contornos específicos, exigindo propostas curriculares que dialoguem com as particularidades locais e com as exigências globais da formação docente. É nesse horizonte que se insere o curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da Universidade Estadual de Roraima (UERR), cujo percurso curricular reflete tanto os avanços quanto os

¹ Este capítulo foi originalmente publicado como artigo científico na Revista Cajuína, cuja referência completa é: FAVRETO, E.K.; SILVA, J.A.P.; NEVES, M.C.D. Formação Docente em Ciências: Fundamentos e Propostas Para um Currículo Transdisciplinar. Cadernos Cajuína, São Paulo – SP, v. 10 n. 5, e1287, novembro, 2025. Disponível em: <https://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/1287>.

² Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Roraima (UERR). Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: elemarfavreto@gmail.com

³ Doutora em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa – Paraná, Brasil. E-mail: japsilva@uepg.br

⁴ Doutor em Educação. Universidade Estadual de Maringá. Maringá – Paraná, Brasil. E-mail: macedane@yahoo.com

desafios de uma proposta comprometida com a superação da fragmentação disciplinar e com a consolidação de uma formação docente mais contextualizada e integrada (Morin, 2000, 2015).

A criação e o desenvolvimento do curso de LCN da UERR, instituído com o objetivo de atender tanto à formação inicial quanto à qualificação de professores em exercício, representam um movimento institucional que busca a construção de uma proposta curricular inovadora, voltada para a integração das áreas de Física, Química e Biologia. Tal iniciativa se insere no cenário de reconfiguração da formação docente, impulsionada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), pelas Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores (BNC-Formação) e pelas exigências de um Ensino de Ciências mais contextualizado, interdisciplinar e alinhado às demandas locais e globais (Luz, 2018).

O curso de LCN da UERR constitui, portanto, um objeto de análise privilegiado para a compreensão das transformações recentes na formação de professores no interior da Amazônia Legal, particularmente no estado de Roraima. Ao longo de sua trajetória, o curso passou por reformulações significativas em sua matriz curricular, buscando superar a fragmentação disciplinar e promover uma articulação mais coerente entre os componentes curriculares, as práticas pedagógicas e as realidades socioculturais dos contextos em que está inserido.

Este estudo, portanto, articula-se em torno da seguinte questão de pesquisa: De que maneira o curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da Universidade Estadual de Roraima (UERR), por meio de sua trajetória e organização curricular, tem contribuído para a formação de professores de ciências no interior do estado, frente às exigências de uma educação científica contextualizada, crítica e interdisciplinar?

A partir desse problema, formulou-se o seguinte objetivo geral: Analisar as contribuições do curso de LCN da UERR para a formação de professores de ciências no interior do estado de Roraima, a partir do seu percurso histórico, estrutura curricular e dos desafios enfrentados. Esse objetivo desdobra-se em três objetivos específicos, a saber:

- Identificar as transformações institucionais e pedagógicas ocorridas no curso de LCN desde sua criação, com ênfase nas propostas de interiorização e inclusão regional;
- Descrever e analisar a matriz curricular vigente, destacando os elementos que favorecem (ou limitam) a construção de uma formação docente interdisciplinar;

- Avaliar, com base em documentos oficiais e referenciais teóricos, as potencialidades e os desafios da proposta formativa do curso no enfrentamento das demandas contemporâneas da educação científica.

A investigação está metodologicamente delineada como uma pesquisa aplicada, voltada para objetivos descritivos e ancorada em uma abordagem qualitativa, configurando-se, assim, como um estudo de caso do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da UERR.

O presente texto está organizado em cinco tópicos interdependentes. O primeiro consiste nesta introdução, que contextualiza o tema e estabelece os objetivos da pesquisa. O segundo tópico descreve os procedimentos metodológicos adotados na realização do estudo. O terceiro tópico apresenta o estudo de caso do curso de LCN da UERR, com foco na sua história institucional, nas características curriculares e nas condições de oferta no interior do estado. O quarto tópico analisa os achados à luz dos referenciais teóricos, destacando as contribuições e limitações da proposta formativa. Por fim, o quinto tópico reúne as considerações finais, sintetizando as reflexões construídas ao longo do trabalho e propondo caminhos para o fortalecimento da formação de professores na região.

2 METODOLOGIA

O presente estudo está metodologicamente delineado como uma pesquisa básica, de caráter descritivo e sustentada em uma abordagem qualitativa, tendo como foco a análise do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da Universidade Estadual de Roraima (UERR), compreendido como um estudo de caso. Tal recorte metodológico justifica-se pela singularidade do curso no contexto da interiorização do Ensino Superior na Amazônia Legal e pelas especificidades curriculares que emergem da sua proposta formativa.

De acordo com Gil (2017), a pesquisa básica é orientada pela produção de novos conhecimentos, sem que haja, necessariamente, uma aplicação prática imediata. No caso deste estudo, o objetivo é aprofundar a compreensão teórica sobre a configuração curricular de um curso de formação docente localizado em um contexto socioterritorial específico, analisando como sua trajetória e estrutura curricular têm respondido às exigências contemporâneas de uma educação científica crítica, contextualizada e interdisciplinar. A opção por objetivos descritivos (Gil, 2017) permite mapear e interpretar as características

centrais da experiência curricular em foco, identificando elementos que favoreçam ou dificultam a formação docente interdisciplinar.

A abordagem qualitativa, segundo Yin (2016), é mais adequado para investigações que lidam com a complexidade dos fenômenos educacionais, permitindo captar a multiplicidade de interpretações, os sentidos atribuídos pelos sujeitos e a contextualização dos processos observados. Nesse sentido, a análise do curso de LCN fundamenta-se na compreensão da realidade em sua totalidade, considerando as interações entre currículo, práticas pedagógicas e contexto socioterritorial.

O delineamento como estudo de caso, tal como definido por Yin (2001), é apropriado quando o objeto investigado envolve um fenômeno contemporâneo inserido em seu contexto real, cujas fronteiras com o entorno não são claramente delimitadas. Trata-se, portanto, de uma investigação aprofundada sobre o curso de LCN da UERR, tomando como unidade de análise o seu currículo formal, especialmente expresso no Projeto Pedagógico de Curso (PPC), e complementada por documentos institucionais, legislações educacionais e referenciais teóricos da área.

A coleta e análise de dados envolveram a leitura crítica e sistemática de documentos oficiais da UERR (resoluções, planos de desenvolvimento institucional, PPCs antigos e atuais), bem como de marcos normativos nacionais (BNCC, BNC-Formação) e literatura especializada em currículo, formação de professores e interdisciplinaridade. A triangulação dessas fontes permitiu construir uma interpretação situada da trajetória do curso, de suas características curriculares e de suas articulações com as demandas educacionais do interior roraimense.

Dessa forma, a metodologia adotada visa não apenas descrever a configuração do curso de LCN, mas também analisar criticamente suas potencialidades e limitações no tocante à formação de professores de ciências em uma região marcada por desafios estruturais e pela necessidade de uma educação científica mais conectada às realidades locais e às transformações globais.

3 O CURRÍCULO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA DA UERR

Embora o currículo de um curso de Ensino Superior não seja reduzido ao que é formalizado em documentos oficiais, ele mantém uma relação intrínseca com o seu Projeto Pedagógico de Curso (PPC), como destacado por Mesquita, Flores e Lima (2018). Nesse contexto, o presente estudo aborda o caso do currículo do curso de LCN da UERR,

considerando o PPC como elemento central de análise. Essa abordagem ganha relevância ao evidenciar a profunda conexão do curso e da instituição com as especificidades socioeducacionais e culturais do interior do estado de Roraima.

Nesse sentido, como parte essencial deste estudo de caso, torna-se crucial apresentar o panorama de atuação da UERR e, especificamente, do curso de LCN no interior do estado. Esta apresentação inclui também uma reflexão sobre as transformações ocorridas ao longo dos anos, evidenciando não apenas o impacto das ações da UERR na formação superior e na divulgação do conhecimento científico e cultural do estado, mas também a diminuição da sua atuação no interior. Com relação ao curso de LCN, é importante notar como ele conseguiu responder às demandas e aos desafios na formação de professores de ciências no estado, mas também como perpetuou, de certa forma, uma visão de Ciência ainda muito ligada às raízes cartesianas e positivistas. Esse panorama permite compreender as dinâmicas de interação entre a instituição, o curso de LCN e o contexto sociocultural regional, destacando a relevância de se pensar uma formação docente que esteja mais alinhada com uma epistemologia mais voltada para os problemas da realidade atual, possibilitando conexões entre o conhecimento tecnocientífico e a complexidade do mundo globalizado e, ao mesmo tempo, sensível às especificidades da região amazônica.

3.1 A UERR E A EDUCAÇÃO SUPERIOR NO INTERIOR DO ESTADO

A história da UERR está intimamente ligada à formação de professores no estado de Roraima, considerando que ela surgiu a partir da estrutura da antiga Fundação de Ensino Superior de Roraima (FESUR), criada em 2001, pelo Decreto nº 4.347-E/2001, que era responsável pela administração e manutenção das seguintes estruturas estaduais: o Instituto Superior de Educação (ISE), o Instituto Superior de Segurança e Cidadania (ISSeC) e o Instituto Superior de Educação de Rorainópolis (ISER). A FESUR, e seus institutos, por sua vez havia herdado as estruturas do Centro de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério (CEFAM) e da Escola de Formação de Professores de Roraima, ambas criadas em 1977 (UERR, 2017).

Todas essas instituições anteriores à criação da UERR tiveram grande impacto na formação de professores para a Educação Básica, nas diversas áreas do conhecimento, para atuarem tanto nas áreas urbanas e rurais, como nas comunidades indígenas do estado. Já a transição para a UERR foi concretizada com a promulgação da Lei Complementar nº 91, de 10 de novembro de 2005, e, posteriormente, com a criação do seu Estatuto em 2006, além do seu credenciamento junto ao Conselho Estadual de Educação de Roraima

(CEE/RR) em 2007. Desde seu início, a instituição já foi organizada no formato *Multicampi*, possuindo *Campi* nos municípios de Boa Vista (sede) e Rorainópolis, mas contando com núcleos em Caracaraí, Mucajaí, Iracema, São Luiz do Anauá e São João da Baliza (UERR, 2013).

Com a expansão da instituição e dos cursos ofertados, no ano de 2012, logo após a realização de um grande concurso público com mais de 90 vagas, a UERR teve a sua maior presença no interior do estado, possuindo 6 *Campi* e 9 núcleos, como pode ser observado na Figura 1, abrangendo, portanto, 10 dos 15 municípios de Roraima. Sendo que no ano de 2011 foi lançado o vestibular com a maior quantidade de vagas para os diversos cursos de graduação da instituição, 1.030 vagas, para ingresso no primeiro semestre de 2012 (UERR, 2011, 2013).

Figura 1. *Campi* e Núcleos da UERR no ano de 2012



Fonte: Adaptado de IBGE, 2024; e UERR, 2013.

Atualmente, a UERR conta, segundo o seu último Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI–2023-2027 (UERR, 2023), com a uma estrutura física mais enxuta, conforme pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1. Estrutura atual da UERR

Localidades	3 <i>Campi</i> (sendo 2 em Boa Vista e 1 em Rorainópolis) e 1 núcleo (Caracarái)
Graduação Presencial	19 cursos (11 bacharelados, 2 tecnólogos e 6 licenciaturas)
Graduação EAD	5 cursos (4 licenciaturas e 1 tecnólogo)
Programas de Pós-Graduação <i>Stricto Sensu</i>	7 programas (4 próprios e 3 em rede)
Alunos	2.765 (2.512 na graduação e 253 na pós-graduação)
Professores	192 professores efetivos, sendo 122 doutores
Técnicos Administrativos	148 técnicos administrativos efetivos

Fonte: Os autores, 2024.

Apesar da evidente diminuição da sua atuação no interior do estado, a UERR, juntamente com a Universidade Federal de Roraima (UFRR), ainda oferta cursos de formação de professores (licenciaturas) que estão mais adaptados às necessidades dos municípios do interior. Enquanto a UFRR oferta os cursos de Educação no Campo e Licenciatura Intercultural, a UERR oferta os cursos de Ciências Humanas e Ciências da Natureza. Todos são cursos interdisciplinares voltados para a formação de professores. No caso da UFRR, os cursos, apesar de serem voltados a públicos específicos, como assentados rurais e indígenas, e a seleção ser realizada também de forma específica (editais voltados para estes públicos), as suas atividades ainda ocorrem, em grande parte, na capital do estado, Boa Vista. Já no caso da UERR, os cursos são destinados ao público em geral e são ofertados, além da capital, inteiramente no interior do estado, possibilitando que a população do interior não precise se deslocar para a capital.

3.2 O CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA DA UERR

Os estudos sobre a interdisciplinaridade no contexto escolar tiveram início na década de 1970, quando foram compreendidos como um importante instrumento metodológico para o ensino. Durante as décadas de 1980 e 1990, a interdisciplinaridade ganhou destaque nas produções acadêmicas e científicas, surgindo como uma alternativa promissora tanto para a formação de professores quanto para a reconfiguração curricular. Esse movimento foi ampliado no final do século XX e início do século XXI, com a publicação de normativas significativas pelo Ministério da Educação e pelo Conselho Nacional de Educação, como as Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores (BNC-Formação) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que consolidaram a

interdisciplinaridade como uma proposta oficial para os cursos de formação docente (Luz, 2018).

Nas últimas duas décadas, esse avanço se traduziu não apenas na criação dos primeiros cursos interdisciplinares organizados por áreas do conhecimento, mas também na expansão significativa desse modelo para diferentes níveis de ensino. Hoje, observa-se a crescente implementação de cursos interdisciplinares tanto na graduação quanto na pós-graduação, consolidando a interdisciplinaridade como um elemento central para atender às demandas educativas da atualidade (Luz, 2018).

Nesse sentido, o curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática (LCNM) foi instituído pela Resolução nº 14, de 30 de maio de 2012, do Conselho Universitário da UERR. O curso foi o primeiro a ser criado no formato interdisciplinar na instituição, com o objetivo de atender tanto à formação daqueles que desejavam atuar como professores nas áreas de Ciências da Natureza e Matemática quanto, de forma prioritária, aos professores que já lecionavam nos anos finais do Ensino Fundamental e/ou no Ensino Médio, mas que ainda careciam de formação em nível superior ou de qualificação específica na área em que atuavam. Dessa forma, esse curso desempenhou um papel fundamental na interiorização da UERR, principalmente durante os anos de 2012 a 2013, tendo duas matrizes curriculares, uma com ênfase em Física e Matemática, e outra com ênfase em Química e Ciências Biológicas, sendo implementado em diversas localidades estratégicas, como pode ser observado no Quadro 2.

O reconhecimento do curso pelo Conselho Estadual de Educação do Estado de Roraima (CEE/RR) foi oficializado por meio da Resolução CEE/RR nº 15, de 6 de julho de 2016. No Parecer CEE/RR nº 17/2016, a relatora do processo destacou direcionamentos essenciais para o aprimoramento dos processos pedagógicos e estruturais do curso. Essas recomendações foram cruciais para que o Núcleo Docente Estruturante (NDE) elaborasse, em 2018, um novo PPC, reformulando-o para contemplar exclusivamente as três áreas de formação em Ciências da Natureza (Física, Química e Ciências Biológicas), com a exclusão da formação em Matemática. Essa nova etapa do curso foi implementada apenas nos *Campi* de Boa Vista e Rorainópolis, como também pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2. Ofertas das diferentes formações de LCNM e LCN na UERR

Localidades	Tipo de Formação	Ano e Semestre Ofertado
Núcleo de Surumú (Comunidade Indígena)	LCNM (ênfase em Física e Matemática)	2012.2
Núcleo de Vista Alegre (Comunidade Indígena)	LCNM (ênfase em Física e Matemática)	2013.1

<i>Campi</i> Caracaraí, Pacaraima e São João da Baliza, e na sala descentralizada de Boa Vista (localizada na Escola Estadual América Sarmento)	LCNM (ênfase em Física e Matemática)	2013.2
<i>Campus</i> de Rorainópolis	LCNM (ênfase em Química e Ciências Biológicas)	2013.2
<i>Campus</i> Rorainópolis	LCN	2019.1, 2021.2, 2022.2 e 2024.1
<i>Campus</i> Boa Vista	LCN	2021.2 e 2022.2

Fonte: Os autores, 2024.

Entre os anos de 2012 e 2018, portanto, o curso adotou uma organização curricular dividida em dois grupos principais: 1) Física e Matemática, e 2) Química e Ciências Biológicas. Essa estrutura, embora mais enxuta, revelava limitações em termos de conexão interdisciplinar, tanto em suas concepções quanto em seus fundamentos, conforme descrito no PPC de LCNM (UERR, 2012). O currículo, dessa forma, caracterizava-se como multidisciplinar, ao invés de interdisciplinar, já que, em cada ênfase, aproximadamente metade das disciplinas estava concentrada em uma única área do conhecimento, sem articulação significativa entre elas. Consequentemente, não havia uma relação clara entre as disciplinas que favorecesse a criação de vínculos entre os saberes, dificultando uma integração mais ampla e contextualizada. Essa fragmentação limitava a construção de uma abordagem dialógica e interconectada, indispensável para estabelecer uma relação efetivamente interdisciplinar.

A ausência de conectividade entre os saberes no PPC de LCNM impactou diretamente na sua continuidade, uma vez que, com o encerramento do ciclo formativo das sete turmas iniciadas nos semestres de 2012.2, 2013.1 e 2013.2, tornou-se evidente a necessidade de uma reformulação curricular. Essa reformulação, que se iniciou em 2018, resultou na retirada da ênfase na área de Matemática, redirecionando o foco para uma integração mais alinhada às Ciências da Natureza.

A nova estrutura curricular promoveu uma maior integração entre os saberes das áreas de Física, Química e Ciências Biológicas, permitindo uma abordagem mais coesa e menos fragmentada. Essa integração pode ser percebida principalmente na articulação das disciplinas com os *Eixos Integradores*. Além disso, a reformulação do PPC foi acompanhada por um esforço para alinhar as concepções e os fundamentos do curso às bases teóricas que sustentam os conceitos de interdisciplinaridade, transdisciplinaridade e complexidade, criando um ambiente favorável a discussões e práticas pedagógicas mais integradas. O novo projeto passou a estimular um diálogo mais consistente entre os diferentes campos do conhecimento, possibilitando o desenvolvimento de competências

que capacitassem os acadêmicos a compreender e aplicar os conhecimentos científicos e pedagógicos de maneira mais contextualizada e significativa. Contudo, ainda que a reformulação do PPC tenha ocorrido em 2018, com turma iniciada em 2019, a sua aprovação pelo Conselho Universitário só aconteceu em abril de 2022 (UERR, 2022).

Embora o curso tenha progredido em direção a uma formação mais interdisciplinar e iniciado um movimento rumo à transdisciplinaridade, a reformulação do PPC (2022) constitui apenas um passo inicial para a construção de um currículo verdadeiramente transdisciplinar (Garcia, 2021; Japiassu, 2006). Persistem ainda desafios significativos a serem superados para que o curso alcance um nível mais consolidado de interdisciplinaridade e avance de forma mais robusta em direção à transdisciplinaridade, de modo a lidar com as complexidades e as demandas do Ensino de Ciências no século XXI.

4 ELEMENTOS E RELAÇÕES ENCONTADAS NO CURRÍCULO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA DA UERR

Este tópico tratará de algumas abordagens e correlações elaboradas a partir da análise do último PPC de LCN da UERR, aprovado pela Resolução *Ad Referendum* nº 14, de 1º de abril de 2022, e posteriormente referendado pela Resolução nº 28/2022, ambos do Conselho Universitário da UERR referente à reformulação realizada em 2018.

O referido PPC foi reconhecido pelo CEE/RR por meio da Resolução CEE/RR nº 51, de 25 de outubro de 2022, com base no Parecer CEE/RR nº 56, emitido na mesma data. Diferentemente do parecer elaborado para a aprovação do PPC de LCNM (Parecer CEE/RR nº 17/2016), este não apresentou recomendações significativas. Pelo contrário, destacou os avanços alcançados na elaboração do currículo, enfatizando a relevância do curso para o estado de Roraima, especialmente no fortalecimento do processo de qualificação dos professores que atuam no interior.

4.1 CONCEPÇÕES DE INTERDISCIPLINARIDADE, TRANSDISCIPLINARIDADE E COMPLEXIDADE

O PPC destaca a relevância de uma formação interdisciplinar alinhada à Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2018), que já propõe uma organização por áreas do conhecimento. Nesse contexto, o PPC observou a necessidade de reformulação dos cursos de formação docente para atender a essa nova estrutura proposta pela BNCC (2018). O documento ressalta ainda que a interdisciplinaridade constitui uma estratégia para superar

a fragmentação do conhecimento, promovendo o diálogo entre as diferentes disciplinas que integram a área de Ciências da Natureza (Física, Química e Ciências Biológicas). Essa abordagem busca proporcionar uma visão integrada, favorecendo tanto a compreensão dos alunos quanto a articulação entre os diversos saberes científicos.

Nesse sentido, a “[...] interdisciplinaridade pode ser compreendida como uma opção de atuação do professor, não é apenas um método, uma estratégia de ensino, mas antes de tudo é uma questão de atitude frente ao conhecimento, à vida e à sociedade” (UERR, 2022, p. 17). Observa-se, nessa passagem, uma manifestação implícita da necessidade de uma transformação epistemológica por parte do professor que assume a interdisciplinaridade como eixo central de sua atuação pedagógica. Essa mudança implica repensar as formas de construção e aplicação do conhecimento, reconhecendo as conexões e interdependências entre os diversos saberes da área, e promovendo um ensino mais contextualizado e significativo para os estudantes.

A concepção de transdisciplinaridade apresentada no documento está, por sua vez, em consonância com as ideias de Severino (2002), na qual o conceito é explorado no âmbito educacional sob uma perspectiva dialógica e dialética. Além disso, o texto destaca a profunda conexão entre a transdisciplinaridade e o conceito de complexidade formulado por Morin (2000), sublinhando sua característica central de transcender os limites dos saberes disciplinares. Essa conexão torna-se evidente no seguinte trecho do documento:

A transdisciplinaridade conforme o próprio prefixo “trans” indica, refere-se àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina. A transdisciplinaridade tem como base a teoria da complexidade. O pensamento complexo configura uma nova visão do mundo, que aceita e procura entender as mudanças constantes, sem negar a contradição, a multiplicidade, a aleatoriedade e a incerteza, mas conviver com elas (UERR, 2022, p. 18).

A implementação da inter e da transdisciplinaridade, no entanto, requer mudanças significativas na prática docente, principalmente na superação do pensamento linear e fragmentado, característico das formações disciplinares. Essa é uma preocupação que está explícita no documento: “[...] compreendemos que os protagonistas dessa formação [...] deverão superar suas idiossincrasias, viabilizando estudos, pesquisas e socializações de conhecimentos de forma interdisciplinar para consolidação da formação transdisciplinar [...]” (UERR, 2022, p. 18).

Fica evidente, dessa forma, que a interdisciplinaridade representa um caminho para uma formação mais abrangente, ao integrar diferentes áreas do conhecimento e superar o

modelo disciplinar tradicional. No entanto, a transdisciplinaridade deve ser o objetivo principal dessa formação, uma vez que, conforme Severino (2002), trata-se de uma abordagem que favorece interações contínuas e transcende as fronteiras disciplinares, promovendo um entendimento amplo e contextualizado da realidade, caracterizado por sua fluidez e natureza dialética. Nesse contexto, a abordagem proposta pelo curso poderia fomentar o desenvolvimento de competências acadêmicas que poderiam capacitar os estudantes, futuros docentes, a enfrentarem problemas complexos e a atuarem de maneira efetiva na promoção da sustentabilidade no contexto amazônico.

A transição da interdisciplinaridade para a transdisciplinaridade é estruturada, no documento, a partir do que seus idealizadores denominaram de *Método Transdisciplinar*, orientado por quatro *Eixos Integradores*: “1. Ciências da Natureza, Ensino e Sustentabilidade; 2. Território, Sociedade e Educação Ambiental; 3. Pesquisa em Ciências da Natureza na Educação Básica; e 4. A Docência nas Ciências da Natureza” (UERR, 2022, p. 41). Esses eixos funcionam como guias para a organização dos componentes curriculares do curso, sendo distribuídos ao longo dos oito semestres. Por meio deles, os conhecimentos das três áreas que compõem as Ciências da Natureza (Física, Química e Ciências Biológicas) são integrados e articulados, promovendo uma abordagem educativa que valoriza a interconexão entre os saberes e o contexto social e ambiental.

Outro aspecto fundamental destacado no documento, que favorece a transição de uma formação disciplinar para uma abordagem que busca superar a divisão do conhecimento, é a concepção do professor como pesquisador. Nesse sentido, a integração entre ensino e pesquisa torna-se imprescindível, possibilitando uma constante avaliação e aprimoramento da prática docente. Esse vínculo estreito entre teoria e prática cria um ciclo de retroalimentação, em que os fundamentos teóricos são desafiados e enriquecidos pelas experiências práticas, promovendo um ensino mais dinâmico e eficaz. Além disso, essa interação fortalece a reflexão crítica dos docentes, ampliando suas habilidades para lidar com as complexidades do ambiente educacional contemporâneo e garantindo uma formação mais completa e contextualizada.

O PPC de LCN possui, assim, uma base teórica fundamentada na inter e na transdisciplinaridade, estreitamente vinculada ao conceito de complexidade de Morin (2000). O documento destaca ainda que, para enfrentar os desafios da formação docente contemporânea, é essencial que esses conceitos se complementem, visando a criação de um modelo educacional inovador, capaz de atender não apenas às demandas globais, mas também às necessidades locais. No entanto, embora a base teórica sugira uma possível

mudança de postura epistemológica, observa-se que os eixos integradores, por si só, não são suficientes para transformar o currículo de forma efetiva em uma abordagem transdisciplinar, ancorada em uma mudança epistemológica profunda. Examinaremos os motivos dessa afirmação nos próximos tópicos.

4.2 CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA

O PPC de LCN não apresenta uma definição explícita de Ciência, mas é possível perceber que o curso a concebe como um empreendimento humano que integra dimensões sociais, naturais e tecnológicas, em constante interação com o ambiente e a cultura. Assim, a Ciência é entendida como um conhecimento dinâmico, integrado e crítico, alinhado à proposta do curso de formar educadores capazes de compreendê-la e ensiná-la como uma ferramenta para a transformação social. Nesse contexto, o curso busca “[...] reconhecer a inexistência de uma concepção de Ciência universalmente válida e, conseqüentemente, de um método único para o ensino de Ciências da Natureza” (UERR, 2022, p. 52).

O documento também incentiva o acadêmico, futuro professor, a assumir a responsabilidade pela escolha da concepção de Ciência e de método, destacando que a proposta curricular não impõe uma única metodologia, tanto para a prática científica quanto para o Ensino de Ciências. Em vez disso, oferece liberdade para que ele tome essa decisão de forma reflexiva e fundamentada:

[...] o acadêmico precisa assumir a responsabilidade de adotar (e fundamentar sua escolha) uma ideia de Ciência e uma metodologia que seja consoante a esta. Vê-se, portanto, que os eixos do Ensino de Ciências da Natureza não impõem ao acadêmico nenhuma “receita” metodológica privilegiada, mas antes, indica que cabe ao próprio acadêmico a pesquisa que viabiliza a adoção e revisão de metodologias possíveis (UERR, 2022, p. 52).

Essa concepção de Ciência aberta, reflexiva e integrada, está em consonância com a dimensão teórica do documento, principalmente com relação aos conceitos de interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Ela demonstra ainda que a Ciência deve ser entendida como um campo de conhecimentos interconectados, onde modelos e teorias explicativas não são tratadas de forma isolada, mas como elementos interdependentes que favorecem uma compreensão holística dos fenômenos (Morin, 2000; Japiassu, 2006). Dessa maneira, a Ciência é vista não apenas como um conjunto de conhecimentos acumulados, mas como um processo contínuo de investigação e transformação.

Embora o PPC de LCN conceba a Ciência de maneira mais abrangente, em nenhum momento o documento aborda a relação intrínseca entre Ciência e Tecnologia, que configura as bases do conceito de Tecnociência (Echeverría, 2003). Essa relação é fundamental para compreender que a prática científica contemporânea não ocorre mais de forma compartimentada; pelo contrário, ela se manifesta como parte de um sistema integrado de saberes que transcende a especialização. À medida que o currículo incorpora a perspectiva da Tecnociência, torna-se capaz de repensar as práticas científicas desenvolvidas em seus componentes curriculares, promovendo também uma transformação na concepção dos alunos sobre as interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

4.3 CONCEPÇÃO DE ENSINO DE CIÊNCIAS

O PPC de LCN da UERR (2022) demonstra uma preocupação contemporânea com relação aos desafios enfrentados no Ensino de Ciências nas escolas, problemas amplamente discutidos pelos teóricos citados no documento, tais como Hilda Weissmann, Demétrio Delizoicov, José Angotti e Marta Pernambuco. Nesse sentido, o PPC enfatiza que “[...] o ensino de Ciências não trabalha com a identificação, o reconhecimento e a compreensão do mundo físico e do mundo dos seres vivos, não faz relação entre o dia a dia da criança e a Ciência que se estuda” (UERR, 2022, p. 15). Essa lacuna no ensino, destacada acima, também é abordada por outros autores como Cachapuz *et al.* (2005), Japiassu (2006) e Morin (2000). Tais pesquisadores reforçam a necessidade de uma educação científica que conecte os conteúdos escolares ao cotidiano dos estudantes, promovendo uma aprendizagem mais significativa e integrada. O que deve, portanto, ser uma habilidade a ser desenvolvida pelo acadêmico que pretende conquistar seu espaço como professor de ciências, seja no Ensino Fundamental ou Médio.

A concepção de Ensino de Ciências do PPC, nesse sentido, vai de encontro com a sua concepção de Ciência, refletindo uma abordagem dinâmica, contextualizada e integrada. Essa concepção reconhece a Ciência como um empreendimento humano, que combina dimensões sociais, naturais e tecnológicas, em constante interação com o ambiente e a cultura. Essa visão, portanto, busca formar educadores capazes de compreender e ensinar ciências de maneira crítica e transformadora, alinhada às necessidades contemporâneas e aos conceitos, já abordados, de interdisciplinaridade, transdisciplinaridade e complexidade. Entretanto, observa-se, como já apontado anteriormente, que a concepção ainda está muito centrada no aspecto puramente científico,

sem considerar, ao menos de maneira explícita, a relação profunda entre Ciência e Tecnologia.

Outro aspecto central dessa concepção é a rejeição de uma perspectiva única e universal sobre a Ciência, como já apontamos anteriormente. O documento enfatiza que não existe uma concepção de Ciência universalmente válida, assim como não há um método único aplicável ao Ensino de Ciências (UERR, 2022). Esse reconhecimento abre espaço para a necessidade de uma renovação epistemológica, que busca permitir que os futuros professores de ciências adotem diferentes abordagens conforme os contextos educacionais em que se encontrem. Essa postura pode promover maior autonomia docente, além de incentivar a reflexão crítica sobre as suas próprias práticas de ensino. Dessa forma, a concepção de Ensino de Ciências apresentada não se limita à mera transmissão de conteúdos, como geralmente é percebida em currículos disciplinares, mas visa formar profissionais críticos e comprometidos com uma educação integrada e contextualizada (Morin, 2000; Japiassu, 2006).

Por fim, o documento destaca ainda a relação fundamental entre ensino, pesquisa e extensão, estruturada pelos quatro *Eixos Integradores* que sustentam essa articulação. A partir desses eixos, são desenvolvidos os *Seminários Integradores*, realizados nos semestres pares do curso (2º, 4º, 6º e 8º). Esses seminários devem “[...] compor a base de formação dos discentes, integrando os eixos temáticos, os conhecimentos adquiridos nas práticas docentes, na disciplina de Metodologia do Trabalho Científico e nos Estágios Curriculares Supervisionados [...]” (UERR, 2022, p. 59).

Os *Seminários Integradores*, portanto, atuam como uma ponte para a integração dos três pilares universitários, além de desempenharem um papel estratégico na curricularização da extensão, em conformidade com a Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018. Dessa forma, os seminários procuram fortalecer a formação integral dos discentes, proporcionando uma aprendizagem mais contextualizada e alinhada às demandas da educação contemporânea.

4.4 REFLEXÕES SOBRE A MATRIZ CURRICULAR

A concepção teórica do curso demonstra um alinhamento claro com teorias que sustentam abordagens interdisciplinares, transdisciplinares e fundamentadas no pensamento complexo, conforme já demonstrados nos tópicos anteriores, seguindo as análises de autores como Morin (2000) e Severino (2002). Esses referenciais orientam a estruturação do currículo, sendo que a matriz curricular está organizada em torno dos

quatro *Eixos Integradores*, que funcionam como pilares para a integração dos conhecimentos ao longo da formação.

Os *Eixos Integradores* desempenham o papel de articular e conectar os componentes curriculares de cada semestre, culminando nos *Seminários Integradores*, realizados ao final de cada ano letivo, como pode ser conferido no Quadro 3.

Quadro 3. Relação dos Eixos Integradores com os Componentes Curriculares do Curso

COMPONENTES CURRICULARES DA LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA							
1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre	5º Semestre	6º Semestre	7º Semestre	8º Semestre
Ciências da Natureza, Ensino e Sustentabilidade		Território, Sociedade e Educação Ambiental		Pesquisa em Ciências da Natureza na Educação Básica		A Docência nas Ciências da Natureza	
Biologia Geral	Biologia Humana e Saúde	Geossistema	Biologia Vegetal	Biologia Animal	Ecologia e Conservação da Natureza	Educação Ambiental	Ética Sociedade e Ambiente
Química Geral	Química Inorgânica	Química Orgânica	Química Analítica	Físico-Química	Bioquímica	Tópicos de Física Moderna e Contemporânea	Optativa
Física Geral	Fluidos, Ondas e Energia	Eletromagnetismo	Estudo da Luz	Cartografia para as Ciências da Natureza	Mecânica Geral	Metodologia do Ensino de Ciências da Natureza	Optativa
Matemática Básica	Cálculo Diferencial e Integral	Estatística	Geomorfologia	Eletiva	Projeto de Pesquisa	Mídia e Tecnologias Digitais nos Espaços Escolares	Trabalho de Conclusão de Curso
Metodologia do Trabalho Científico	Psicologia Educacional	Didática Geral	Libras	Estágio Docência I	Estágio Docência II	Estágio Docência III	Estágio Docência IV
Fundamentos da Educação	Políticas da Educação Básica	Psicologia da Aprendizagem	---	---	---	---	---
---	Seminário Integrador I	---	Seminário Integrador II	---	Seminário Integrador III	---	Seminário Integrador IV

Fonte: Adaptado de UERR, 2022.

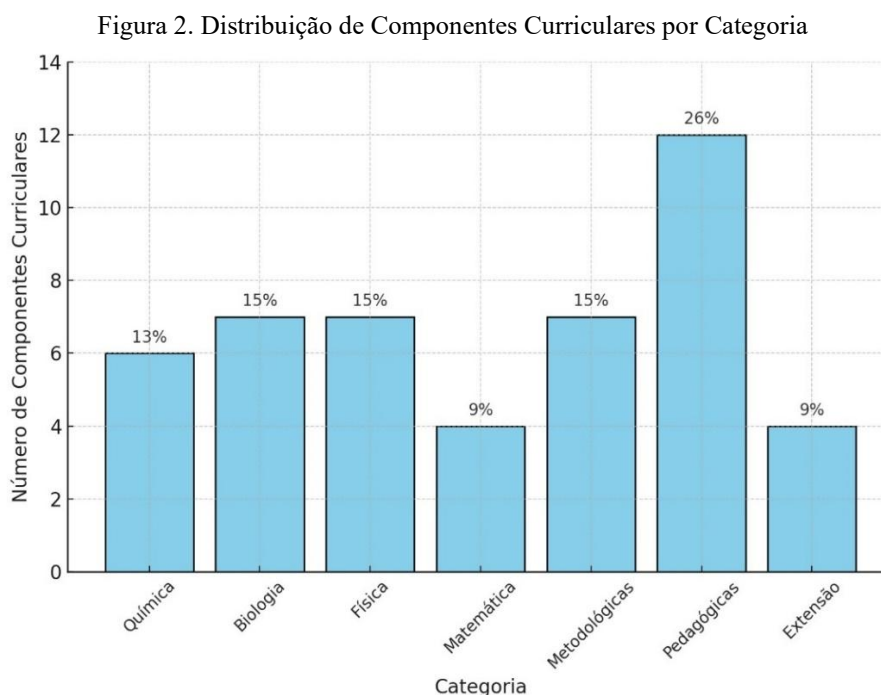
Esses seminários servem como sínteses do trabalho desenvolvido ao longo dos dois semestres que formam o ano letivo, proporcionando oportunidades para que os discentes desenvolvam competências e habilidades de integração dos saberes e de articulação entre teoria e prática, fomentando um diálogo entre ensino, pesquisa e extensão.

A matriz curricular do curso de LCN representa um avanço significativo no sentido de articular os saberes e promover a integração dos conteúdos e práticas pedagógicas. Os *Eixos Integradores* possibilitam que a matriz busque superar a fragmentação disciplinar, propondo uma abordagem que relacione os conhecimentos das áreas de Física, Química e Ciências Biológicas. Essa organização permite que os conteúdos sejam trabalhados de maneira conectada, proporcionando aos discentes uma visão ampla e contextualizada da

Ciência. Esse esforço é fortalecido pelos *Seminários Integradores*, que atuam como espaços de reflexão, onde os acadêmicos têm a oportunidade de discutir, relacionar e aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do ano letivo.

Embora os *Eixos Integradores* e os *Seminários Integradores* tenham como objetivo central a articulação curricular e a integração dos saberes, a matriz curricular do curso de LCN ainda revela uma estrutura muito ancorada em saberes disciplinares. Essa característica é evidenciada pela segmentação dos conteúdos entre as três áreas que compõem as Ciências da Natureza (Física, Química e Ciências Biológicas), com componentes curriculares específicos para cada área, conforme ilustrado na Figura 2.

Cada um desses componentes segue trajetórias formativas próprias, o que exige um esforço significativo dos docentes e discentes para promover a articulação entre os diferentes campos do saber dentro do curso. Apesar da tentativa de criar conexões por meio dos *Eixos Integradores*, a forte predominância de abordagens disciplinares restringe a construção de um currículo genuinamente transdisciplinar, conforme é idealizado no texto do PPC de LCN (2022).



Fonte: Os autores, 2024.

O gráfico, expresso na Figura 2, revela que 52% dos componentes curriculares do curso estão distribuídos entre as áreas de Química, Física, Ciências Biológicas e Matemática, evidenciando que mais da metade da matriz curricular é destinada à

especificidade disciplinar dessas áreas. Essa divisão reflete uma estrutura que, embora represente um avanço em direção à interdisciplinaridade em comparação ao currículo do curso de LCNM (2012), ainda não atingiu um nível que possa se remeter a uma abordagem genuinamente transdisciplinar.

Segundo Japiassu (2006), a transdisciplinaridade caracteriza-se por superar as fronteiras rígidas que separam as disciplinas, promovendo uma integração fluida e contínua entre os saberes. Nesse sentido, o curso de LCN avança ao adotar práticas que favorecem o diálogo interdisciplinar, mas ainda preserva limites claros entre as áreas do conhecimento, o que configura um progresso importante no Ensino de Ciências, embora distante de uma proposta plenamente transdisciplinar. Assim, para que se configure como um currículo transdisciplinar, é necessário um avanço mais profundo, transcendendo os limites disciplinares e indo além das conexões pontuais entre os saberes. A transdisciplinaridade exige uma integração que supere a lógica tradicional cartesiana de fragmentação, promovendo uma abordagem que reconheça a interdependência dos saberes e a complexidade inerente aos fenômenos (Morin, 2000, 2005).

A proposta transdisciplinar, dessa forma, deve se materializar na própria estrutura curricular, incorporando não só a complexidade, mas também a organização científica atual (Tecnociência) como princípios organizadores. Esse modelo não apenas integraria conhecimentos de forma inovadora, mas também transformaria a maneira como os fenômenos são compreendidos, articulando as disciplinas em um sistema dinâmico e interconectado, que reflita as demandas contemporâneas do Ensino de Ciências, mais alinhado com a Tecnociência e com o pensamento complexo.

4.5 APONTAMENTOS PARA A MELHORIA DO CURRÍCULO DE LCN DA UERR

Com base na reflexão sobre transdisciplinaridade e currículo transdisciplinar, desenvolvida por autores como Garcia (2021), Severino (2002), Morin (2000) e Japiassu (2006), que apontam para a necessidade de uma nova forma de pensar o ensino a partir do conceito de transdisciplinaridade, é possível delinear caminhos para a implementação desse modelo no PPC de LCN da UERR.

O estudo de caso permite concluir que o currículo do curso de LCN da UERR já avançou em muitos aspectos importantes para a construção de um currículo transdisciplinar. Contudo, ainda existem pontos cruciais a serem desenvolvidos para atingir esse objetivo. Nesse contexto, sem desconsiderar as orientações da BNCC (2018), da BNC-Formação (2019) e o restante da normatização e legislação brasileira aplicáveis à educação

científica no Ensino Superior, apresentamos, a seguir, algumas indicações para a melhoria do currículo do curso de LCN da UERR.

4.5.1 Sobre a Organização da Proposta Curricular

Observa-se que o curso de LCN já avançou parcialmente nesse sentido, considerando sua trajetória de mais de uma década, marcada por debates e implementações inovadoras, ao menos no contexto local, no âmbito de suas ações de ensino, pesquisa e extensão. Essas iniciativas têm sido fundamentadas nos conceitos de multi, inter e transdisciplinaridade, ainda que, em muitos momentos, seus PPCs apresentem ambiguidades conceituais entre essas abordagens. Apesar disso, o curso consolidou uma base robusta de práticas e se desenvolveu de modo satisfatório entre os docentes e alunos, como pudermos notar a partir da análise das modificações curriculares realizadas no último PPC (2022). Essas mudanças refletem uma compreensão mais aprofundada sobre a necessidade de interconectar os saberes e superar a fragmentação disciplinar.

Nesse contexto, o ambiente para aprofundar as discussões sobre transdisciplinaridade no curso é altamente favorável, sendo fundamental que os docentes do curso avaliem a relevância do conceito, o discutam amplamente e explorem formas concretas para a sua incorporação no currículo. Essa avaliação deve ser orientada à luz dos objetivos formativos do curso, considerando as competências e habilidades a serem desenvolvidas na formação de professores. Além disso, é necessário que sejam discutidas estratégias práticas para a implementação da transdisciplinaridade, com vistas a promover uma formação docente mais alinhada aos desafios e às demandas atuais da educação científica e da Tecnociência.

Propomos, assim, a implementação de relações mais eficazes entre o curso e os espaços de prática docente, como escolas públicas e privadas do estado, permitindo que os futuros professores tenham contato direto com o ambiente onde possivelmente irão atuar. Essa proposta contribuirá para que os acadêmicos compreendam melhor os desafios e as dinâmicas do contexto escolar. Outro aspecto relevante é o estabelecimento de parcerias estratégicas com laboratórios e centros que desenvolvem atividades tecnocientíficas. Essas parcerias também possibilitarão que os alunos frequentem esses espaços, apropriando-se das práticas tecnocientíficas que, além de aplicarem o conhecimento científico, mobilizam diversos saberes. Entre eles, destacam-se os saberes técnicos e tecnológicos, evidenciados na manipulação de equipamentos e ferramentas; os econômicos e financeiros, manifestados na busca de financiamento para projetos; e os sociais e comportamentais, desenvolvidos na

forma como esses projetos são apresentados a diferentes públicos, especializados ou não (Echeverría, 2003).

Além disso, a ampla discussão sobre a concepção de transdisciplinaridade pode desempenhar um papel crucial no alinhamento das atividades de ensino, pesquisa e extensão com uma abordagem mais contemporânea do Ensino de Ciências. Considerando que tal discussão pode favorecer a criação de práticas educacionais que promovam a reflexão crítica e o envolvimento ativo dos acadêmicos, possibilitando uma renovação curricular eficaz, além de desempenhar um papel fundamental na formação de professores mais preparados para lidar com os desafios complexos da educação científica.

4.5.2 Sobre a Possibilidade de Modificação Curricular

Ressaltamos que, embora o curso de LCN da UERR tenha avançado na alteração curricular, especialmente com as alterações no seu PPC em 2022, ainda há desafios a serem enfrentados. É imperativo investir em estratégias que alinhem o currículo às demandas contemporâneas, particularmente no que diz respeito à integração efetiva entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Nesse contexto, uma matriz curricular que favoreça maior articulação entre as áreas que compõem as Ciências da Natureza torna-se indispensável, sobretudo no que diz respeito ao conceito de Tecnociência. Essa matriz, portanto, deve estabelecer conexões concretas entre os conhecimentos científicos e os saberes técnicos, pedagógicos, metodológicos e socioculturais, fortalecendo uma abordagem mais integrada (Morin, 2000).

Nesse cenário, a superação dos limites disciplinares poderá proporcionar experiências transformadoras, reconstruindo continuamente os saberes presentes na proposta, ao invés de meramente reproduzi-los. Com isso, a prática docente pode se configurar como um espaço de inovação e questionamento crítico, essencial para a formação de professores capazes de atuar de maneira disruptiva e contextualizada em um mundo em constante transformação.

Para avançar nesse processo, é necessário a promoção de uma cultura de reflexão contínua, fomentando o redesenho curricular com base em princípios transdisciplinares, envolvendo não apenas o corpo docente, mas também os discentes e a comunidade externa. A participação ativa de professores da Educação Básica, nesse sentido, é especialmente relevante, garantindo que as mudanças curriculares estejam alinhadas às necessidades reais do Ensino de Ciências no contexto escolar do estado de Roraima.

Com base nessa análise, propomos, no Quadro 4, uma reorganização preliminar da matriz curricular do curso⁵, com o objetivo de facilitar a integração interdisciplinar e transdisciplinar. Essa proposta não se pretende definitiva, mas sim um ponto de partida para catalisar discussões e reflexões sobre os componentes curriculares necessários para a implementação de um currículo, no curso de LCN, mais alinhado com a transdisciplinaridade.

Quadro 4. Sugestões de Modificações na Matriz Curricular do Curso

COMPONENTES CURRICULARES PARA A LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA								
Eixo Integrador	1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre	5º Semestre	6º Semestre	7º Semestre	8º Semestre
Ciência, Tecnologia e Sociedade	História e Filosofia da Ciência e da Tecnologia	Matemática e Representação Científica	Introdução à Transdisciplinaridade nas Ciências da Natureza	Matemática Aplicada às Ciências da Natureza	Metodologia da Pesquisa e do Ensino na Educação Científica	Optativa	Epistemologia e Complexidade na Tecnociência	Modelagem Matemática nas Ciências Naturais
Matéria, Energia e Universo	Fundamentos de Matéria e Energia	Estruturas Atômicas e Moleculares	Reações Químicas e Transformações Materiais	Optativa	Eletricidade, Magnetismo e Ondas	Termodinâmica e Interações Energéticas	Óptica Molecular e Biofotônica	Fenômenos Físicos Modernos e Tecnologias Emergentes
Terra, Vida e Evolução	Introdução à Vida e Evolução	Genética e Evolução	Diversidade Biológica e Ecossistemas	Bioquímica e Dinâmica Molecular	Optativa	Microbiologia e Biotecnologia	Dinâmicas Climáticas e Recursos Naturais	Ecologia e Sustentabilidade
Formação de Professores	Leitura e Produção de Texto	Fundamentos da Educação	Políticas da Educação Básica	Psicologia Educacional	Didática Geral	LIBRAS	Optativa	Avaliação Educacional: Práticas e Teorias
Práticas Profissionais	Metodologia do Trabalho Científico (MTC)	Ética, Sociedade e Ambiente (ESA)	Optativa	Estágio I: Observação	Estágio II: Projetos	Estágio III: Docência	Estágio IV: Docência	TCC: Reflexões sobre o Estágio
Extensão	Seminário Integrador I: Ciência e Sustentabilidade		Seminário Integrador II: Tecnociência e Sociedade		Seminário Integrador III: Inter e Transdisciplinaridade na Escola		Seminário Integrador IV: Ciências da Natureza e Complexidade	
Lista de componentes curriculares optativos ⁶ : Planejamento e Gestão de Práticas Inovadoras na Tecnociência; Cosmologia, Astronomia e Astrobiologia; Química Ambiental e Saúde; Educação e Inclusão nas Ciências da Natureza; Tecnologias Digitais na Educação Científica; Leitura de Imagens nas Ciências; Relações entre Arte e Ciência.								

Fonte: Os autores, 2024.

⁵ Considerando que a legislação e a normatização brasileira permanecem exclusivamente centradas em uma concepção tradicional de currículo, limitando significativamente as possibilidades de uma ruptura completa com as barreiras da disciplinaridade, a construção curricular dos cursos de graduação enfrenta desafios importantes (Garcia, 2021). Diante disso, torna-se fundamental desenvolver estratégias gradativas que permitam superar essas restrições e avançar rumo a novos patamares de integração e inovação curricular. Nesse contexto, a proposta de matriz curricular apresentada, embora compatível com o modelo normativo imposto pela legislação nacional, busca criar oportunidades para romper com essas limitações. A ideia é integrar saberes que transcendem as fronteiras de uma única especialidade científica, promovendo uma abordagem mais ampla e interconectada, que favoreça uma formação acadêmica mais alinhada com as demandas contemporâneas.

⁶ Tais componentes podem ser apenas uma parte de uma lista maior. Dessa forma, o NDE do curso pode considerar excluir alguns dos componentes elencados, ou apenas incluir novos. O importante é que os componentes sejam significativos para o desenvolvimento de uma formação mais integrada, abrangente e disruptiva.

O Quadro 4, apresentado acima, foi elaborado com base na BNCC (2018) e na BNC-Formação (2019), a partir das quais foram definidos os *Eixos Integradores*. Apesar da organização da matriz curricular estar estruturada em disciplinas, cada componente curricular foi projetado para integrar mais de uma área do conhecimento, promovendo uma abordagem inter e transdisciplinar. Além do mais, a inclusão de disciplinas optativas pode favorecer os acadêmicos na compreensão do currículo como uma instância aberta (Garcia, 2021), oferecendo a possibilidade de buscar discussões que podem ser interessantes para a sua formação.

Adicionalmente, a proposta considera o PDI vigente da UERR (2023), que estabelece como obrigatória, para todos os cursos da instituição, a disciplina de *Metodologia do Trabalho Científico* (MTC), com o objetivo de abordar “[...] a metodologia científica, o ambiente universitário e as normas acadêmicas de confecção de trabalhos” (UERR, 2023, p. 50). Também se torna obrigatória a disciplina de *Ética, Sociedade e Ambiente* (ESA), atendendo às exigências das Resoluções CNE nº 01/2004, nº 01/2012 e nº 02/2012 (UERR, 2023).

Para os cursos de licenciatura, o PDI (UERR, 2023) exige ainda a inclusão dos seguintes componentes curriculares: *Psicologia Educacional, Fundamentos da Educação, Didática Geral, Políticas da Educação Básica, Leitura e Produção de Texto e LIBRAS*. Esses componentes buscam atender à carga horária mínima de conhecimentos pedagógicos prevista pela BNC-Formação (2019).

Além disso, a proposta contempla também as determinações da Resolução CNE/CES nº 7/2018, que estabelece que 10% da carga horária total do curso seja destinada à curricularização da extensão, reforçando o compromisso com a formação prática e a interação com as demandas da sociedade.

4.5.3 Sobre a Avaliação Contínua da Proposta

No curso de LCN, a discussão sobre avaliação curricular avançou significativamente na transição do PPC de 2012 para a atualização de 2022, refletindo um aprimoramento curricular. Contudo, ainda é preciso um enfoque mais sistemático e estruturado de práticas inovadoras que possibilitem *feedbacks* significativos para os professores, os alunos e a comunidade externa, evidenciando que o currículo transdisciplinar deve ser compreendido como um processo dinâmico e integrado, capaz de oportunizar uma renovação epistemológica na formação de professores de ciências.

Nesse contexto, a promoção de práticas avaliativas dinâmicas e reflexivas pode ser capaz de incorporar novos conhecimentos e metodologias e, com isso, retroalimentar o sistema curricular transdisciplinar. Ademais, pode favorecer a integração entre os diversos agentes do processo educativo, ampliando as possibilidades de experimentação e criticidade, ao mesmo tempo que fomentam a emancipação dos agentes frente às normas rígidas das práticas tecnocientíficas e às estruturas sociais impostas (Morin, 2005; Echeverría, 2003).

Para a implementação dessa proposta no curso de LCN, sugere-se o desenvolvimento de estratégias avaliativas mais eficazes, como: autoavaliação, avaliação colaborativa e análise reflexiva das atividades acadêmicas. Isso pode permitir a ocorrência de transformações curriculares realmente impactantes. Essas iniciativas devem ser projetadas para estimular tanto os alunos quanto os docentes a refletirem criticamente sobre suas práticas, garantindo ajustes contínuos e alinhados às necessidades locais e globais.

Recomenda-se, além disso, uma relação mais profunda entre o currículo e o ambiente escolar, especialmente no âmbito da formação continuada de professores da Educação Básica. Essa interação possibilita a atualização permanente de seus conhecimentos e incentiva a colaboração entre os diferentes níveis de formação docente, fortalecendo a integração e a qualidade do processo educativo (Nóvoa, 2022). Tal conexão não apenas melhora a formação daqueles que já atuam como docentes, mas, sobretudo, beneficia os que ainda estão na formação inicial, ao integrá-los ao processo educativo como participantes ativos e conscientes de sua relevância no ambiente educacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como tema a análise da inter e da transdisciplinaridade na formação docente em ciências, tomando como objeto de estudos o curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (LCN) da Universidade Estadual de Roraima (UERR). O objetivo geral foi analisar as contribuições do curso de LCN da UERR para a formação de professores de ciências no interior do estado de Roraima, a partir do seu percurso histórico, estrutura curricular e dos desafios enfrentados.

Considera-se que o objetivo proposto foi alcançado, tendo em vista que a análise documental permitiu mapear avanços importantes na organização curricular, especialmente após a reformulação do Projeto Pedagógico de Curso (PPC) em 2018, como a criação dos Eixos Integradores e a incorporação de Seminários Interdisciplinares. No entanto, a efetivação de uma proposta curricular transdisciplinar ainda enfrenta obstáculos

estruturais e epistemológicos que limitam o alcance pleno das finalidades formativas previstas. Nesse sentido, a pergunta de pesquisa foi respondida, evidenciando-se tanto contribuições relevantes quanto nas limitações ainda presentes na concepção e implementação curricular do curso de LCN da UERR.

Durante a pesquisa, a principal dificuldade metodológica foi a ausência de dados empíricos diretos (como entrevistas com docentes, egressos ou alunos em formação), uma vez que o estudo se concentrou exclusivamente na análise documental. Essa limitação se deu por restrições de tempo e de acesso institucional durante o período de produção da pesquisa. Como consequência, foi inviabilizada uma análise mais aprofundada da implementação real do currículo na prática pedagógica cotidiana. Entretanto, ela foi contornada a partir da análise minuciosa da documentação e da comparação dinâmica dos Projetos Pedagógicos do Curso, o que permitiu o desenvolvimento de alguns direcionamentos relevantes para a melhoria do currículo.

Diante disso, sugerem-se investigações futuras de natureza empírica, que envolvam observação de aulas, entrevistas com docentes e discentes, e análise de práticas pedagógicas em diferentes *campi* da UERR. Tais estudos poderão ampliar a compreensão sobre como os princípios da inter e da transdisciplinares se concretizam (ou não) no cotidiano do curso e quais são seus efeitos sobre a formação docente.

Os resultados obtidos neste estudo mostram-se relevantes ao evidenciar que, mesmo em contextos periféricos e com limitações estruturais, é possível avançar na construção de propostas curriculares mais integradas e críticas. Ao lançar luz sobre a experiência do curso de LCN da UERR, este trabalho contribui com o debate nacional sobre a formação de professores de ciências, especialmente na região norte do Brasil, onde a articulação entre Ciência, território e cultura é uma exigência pedagógica e política inadiável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza**. Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018**. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019** - Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Brasília: MEC, 2019.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

ECHEVERRÍA, J. **La revolución tecnocientífica**. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 2003.

GARCIA, J. Currículo e criatividade na Educação Superior. **Revista Avaliação**. Campinas, Sorocaba, SP, v. 26, n. 03, p. 678-698, nov. 2021.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIROUX, A. Selling out higher education. **Policy Futures in Education**. London, v. 1, n. 1, p. 179-200, 2003.

IBGE. **Mapa Político de Roraima**. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/produtos_educacionais/mapas_tematicos/mapas_do_brasil/mapas_estaduais/politico/roraima.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

JAPIASSU, H. **O sonho transdisciplinar: E as razões da filosofia**. Rio de Janeiro: Imago, 2006.

LUZ, A.S. **As Licenciaturas Interdisciplinares no Cenário Nacional: Implantação e Processo**. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas: UFP, 2018.

MESQUITA, D.; FLORES, M.A.; LIMA, R.M. Desenvolvimento do Currículo no Ensino Superior: Desafios para a docência universitária. **Revista Iberoamericana de Educación Superior** (RIES), México, UNAM-IISUE/Universia, vol. IX, núm. 25, 2018, pp. 42-61. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.25.338>. Acesso em: 12 nov. 2024.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: Repensar a reforma, reformar o pensamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN, E. **Enseñar a vivir**: Manifiesto para cambiar la educación. Buenos Aires: Nueva Visión, 2015.

NÓVOA, A. **Escolas e professores**: Proteger, transformar, valorizar. Colaboração com Yara Alvim. Salvador: SEC/IAT, 2022.

NÓVOA, A. Os professores e a sua formação num tempo de metamorfose da escola. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 44, n. 3, e84910, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623684910>. Acesso em: 12 nov. 2024.

NÓVOA, A.; POPKEWITZ, T.S. **Reformas Educativas e Formação de Professores**. Lisboa: Educa, 2002.

RORAIMA. Secretaria de Educação e Desporto. Conselho Estadual de Educação. **Parecer CEE/RR nº 17, de 06 de julho de 2016**. Boa Vista: SEED, 2016.

RORAIMA. Secretaria de Educação e Desporto. Conselho Estadual de Educação. **Parecer CEE/RR nº 56, de 25 de outubro de 2022**. Boa Vista: SEED, 2022.

RORAIMA. Secretaria de Educação e Desporto. Conselho Estadual de Educação. **Resolução CEE/RR nº 15, de 06 de julho de 2016**. Boa Vista: SEED, 2016.

RORAIMA. Secretaria de Educação e Desporto. Conselho Estadual de Educação. **Resolução CEE/RR nº 51, de 25 de outubro de 2022**. Boa Vista: SEED, 2022.

RORAIMA. **Lei Complementar nº 91, de 10 de novembro de 2005** – Criação da Universidade Estadual de Roraima. Boa Vista: Governo do Estado de Roraima, 2005.

SEVERINO, A. **Educação e transdisciplinaridade**: Crise e reencantamento da aprendizagem. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução CONUNI nº. 37, de 19 de setembro de 2011**. Boa Vista: UERR, 2011.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução CONUNI nº. 14, de 30 de maio de 2012** – Criação do Curso e do Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática. Boa Vista: UERR, 2012.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução CONUNI nº. 05, de 21 de maio de 2013** – Plano de Desenvolvimento Institucional (2013-2017). Boa Vista: UERR, 2013.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução CONUNI nº. 37, de 06 de setembro de 2017** – Plano de Desenvolvimento Institucional (2018-2022). Boa Vista: UERR, 2017.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução CONUNI nº. 06, de 13 de março de 2023** – Plano de Desenvolvimento Institucional (2023-2027). Boa Vista: UERR, 2023.

UERR. Conselho Universitário. **Resolução Ad Referendum nº. 14, de 1º de abril de 2022** – Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. Boa Vista: UERR, 2022.

YIN, R.K. **Estudo de Caso:** Planejamento e método. Trad. Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, R.K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Trad. Daniel Bueno; Rev. Dirceu da Silva. Porto Alegre: Penso, 2016.

REALIZAÇÃO:



ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



WWW.SEVENPUBLI.COM

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.