

VOLUME 7 | NÚMERO 1

MAIO 2026

*Revista*  
**APEduC**  
*Journal*

INVESTIGAÇÃO E PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

RESEARCH AND PRACTICES IN SCIENCE,  
MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION

ISSN: 2184-7436



FT

**EDITOR | DIRETOR**

J. Bernardino Lopes

**EDITORES ASSISTENTES | ASSISTANT EDITORS**

Carla Morais  
Elisa Saraiva  
Ron Blonder  
Xana Sá-Pinto

**EDITORA CONVIDADA | GUEST EDITOR**

Glória Queiroz

**APOIO À GESTÃO EDITORIAL, PAGINAÇÃO E CAPA**

Patrícia Pessoa

Mais informação:

[Equipa Editorial / Editorial Team](#) [online]

**EDIÇÃO | EDITION**

A **APeDuC Revista** - *Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia* / **APeDuC Journal** - *Research and Practices in Science, Mathematics and Technology Education* é uma publicação eletrónica, online acessível em português, espanhol e inglês, de natureza Científico- Didática da Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APeDuC). **Indexada na QUALIS com classificação B1.**

A **APeDuC Revista** tem revisão por pares, num processo duplamente cego. Publica artigos em português, inglês e espanhol e visa tornar-se uma referência internacional na sua área de atuação.

A gestão dos artigos é feita através da plataforma OJS.

A publicação é aberta e o texto completo é acessível gratuitamente. Não há custos de publicação para os autores dos artigos publicados.

Mais informação:

[APeDuC Revista / APeDuC Journal](#) [online]

[Receção de artigos originais/Paper submissions](#) [online]

**Contacto:** [apeducrevista@apeduc.pt](mailto:apeducrevista@apeduc.pt)

**ISSN:** 2184-7436

**CONSELHO EDITORIAL | EDITORIAL BOARD**

**Agustin Adúriz Bravo**, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Álvaro Folhas**, *Escola Secundária Marques Castilho, Portugal*

**António Cachapuz**, *Universidade de Aveiro, Portugal*

**Baohui Zhang**, *Shaanxi Normal University, China*

**Ben Akpan**, *Science Teachers Association of Nigeria, Nigeria*

**Carlos Fiolhais**, *Universidade de Coimbra, Portugal*

**Cecília Galvão**, *Universidade de Lisboa, Portugal*

**Chatree Faikhamta**, *Kasetsart University, Thailand*

**Christian Buty**, *Université de Lion, France*

**Clara Alvarado Zamorano**, *Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico*

**Digna Couso**, *Universitat Autònoma de Barcelona, Spain*

**Eduardo Fleury Mortimer**, *Universidade Federal de Minas Gerais- Belo Horizonte, Brazil*

**Emmanuel Mushayikwa**, *University of the Witwatersrand, South Africa*

**Fernanda Ledesma**, *Escola Secundária D. João II, Portugal*

**Fernanda Ostermann**, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil*

**Isabel P. Martins**, *Universidade de Aveiro, Portugal*

**Jaime Carvalho e Silva**, *Universidade de Coimbra, Portugal*

**Jan C.W. van Aalst**, *University of Twente, Netherlands*

**João Filipe Matos**, *Universidade de Lisboa, Portugal*

**José Jorge Silva Teixeira**, *Escola Secundária Dr. Júlio Martins, Portugal*

**Laurinda Sousa Ferreira Leite**, *Universidade do Minho, Portugal*

**Leonel Morgado**, *Universidade Aberta, Portugal*

**Maria de Fátima Paixão**, *Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal*

**Maria Francisca Macedo**, *professora do 1º ciclo, escritora, Lisboa, Portugal*

**Maria João Fonseca**, *Universidade do Porto, Portugal*

**Maria Odete Valente**, *Universidade de Lisboa, Portugal*

**Nelio Bizzo**, *Universidade de S. Paulo e Universidade Federal de São Paulo, Brazil*

**Núria Climent**, *Universidad de Huelva, Spain*

**Pedro Membiela**, *Universidade de Vigo, Spain*

**Salette Linhares Queiroz**, *Universidade de São Paulo, Brazil*

**Suzani Cassiani**, *Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil*

**William C. Kyle, Jr.**, *University of Missouri – St. Louis, USA*



Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações  
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)  
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives  
4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)



*PERIODICIDADE*

*FREQUENCY*

*PERIODICIDAD*

Publica dois números por ano:

- Maio: submissão até 10 de março;
- Novembro: submissão até 10 de setembro.

Destinatários: Investigadores, professores, formadores, divulgadores e estudantes de pós-graduação

---

Publish two issues per year:

- May submission until March 10;
- November: submission until September 10.

Target audience: Researchers, teachers, trainers, science communicators and post-graduate students.

---

Publica dos números al año:

- Mayo: envío hasta el 10 de marzo;
- Noviembre: envío hasta el 10 de septiembre.

Público potencial: Investigadores, profesores, formadores, divulgadores y estudiantes de posgrado.

**ÍNDICE**

**TABLE OF CONTENTS**

**TABLA DE CONTENIDOS**

Editorial 7(1) <i>J. Bernardino Lopes</i>	6
<b>Secção 1 - Investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia</b> <b>Section 1 - Research in Science, Mathematics and Technology Education</b> <b>Sección 1 - Investigación en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología</b>	10
<hr/>	
<i>Promover a literacia de prompts para uso de tecnologias generativas em atividades práticas de geologia: um estudo de caso com estudantes do 11.º ano</i> Promoting prompt literacy for the use of generative technologies in practical geology activities: a case study with 11th grade students <i>Promover la alfabetización de prompts para el uso de tecnologías generativas en actividades prácticas de geología: un estudio de caso con estudiantes de 11.º curso</i> <i>Marcus Pereira Junior, Betina da Silva Lopes &amp; Marta Abelha</i>	12
<i>Computational thinking as an epistemological catalyst: a theoretical integration between mathematics education and transdisciplinarity</i> Pensamento computacional como catalisador epistemológico: uma articulação teórica entre a educação matemática e a transdisciplinaridade Pensamiento computacional como catalizador epistemológico: una articulación teórica entre la educación matemática y la transdisciplinariedad <i>Marcos Salvatierra, Karla Bandeira &amp; José Samo</i>	29
<i>Inclusion in science education: a comparative analysis of essential learning in physics and chemistry in the 12th-grade in Portugal</i> Inclusão no ensino das ciências: uma análise comparativa das aprendizagens essenciais de física e química no 12.º ano em Portugal Inclusión en la enseñanza de las ciencias: un análisis comparativo de los aprendizajes esenciales de física y química en el 12.º curso en Portugal <i>Ana Maia Fernandes, Sandra Soares &amp; Sofia Cardim</i>	45
<i>A percepção de estudantes do ensino médio cearense sobre a prevenção da COVID-19: novos caminhos para a educação em saúde</i> The perception of high school students from Ceará on the prevention of COVID-19: new paths for health education La percepción de los estudiantes de secundaria de Ceará sobre la prevención de la COVID-19: nuevos caminos para la educación en salud <i>Paula Soares, Jeferson dos Santos &amp; Oriel Bonilla</i>	59

<i>Estudo dos anais da feira de ciências do semiárido Potiguar: explorando as temáticas ambientais entre 2011-2021</i>	
A study of the proceedings of the science fair of the semi-arid region of Rio Grande do Norte: exploring environmental themes between 2011 and 2021	
Un estudio de las actas de la feria de ciencias de la región semiárida de Rio Grande do Norte: explorando temas ambientales entre 2011 y 2021	
<b>João Pedro Ribeiro</b>	75
<i>Os conteúdos cordiais para uma biologia humanizada: uma análise sobre o material digital do 1º ano do ensino médio de São Paulo</i>	
The cordial contents for a humanized biology: an analysis of the digital material for the 1st year of high school in São Paulo	
Los contenidos cordiales para una biología humanizada: un análisis del material digital del primer año del ensino médio de São Paulo	
<b>Wallace Viana Evangelista &amp; Eliane de Souza Cruz</b>	94
<b>Secção 2 - Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia</b>	
<b>Section 2 - Practices in Science, Mathematics and Technology Education</b>	
<b>Sección 2 - Prácticas en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología</b>	114
<hr/>	
<i>Criação de recursos educativos físicos interdisciplinares na formação inicial de professores</i>	
Creation of interdisciplinary hands-on educational resources in teachers' initial training	
Creación de recursos educativos físicos interdisciplinarios en la formación inicial de profesores	
<b>Bento Cavadas, Ana Carina Carvalho, Bárbara Martins, Camila Oliveira, Joana Lopes, Juliana Antunes &amp; Neusa Branco</b>	116
<i>Práticas de ensino exploratório e a plataforma Hypatiamat: aprendizagens sobre a área do retângulo no 4.º ano de escolaridade</i>	
Exploratory teaching practices and the Hypatiamat platform: learning about the area of a rectangle in the 4th-grade primary school	
Prácticas de enseñanza exploratoria y la plataforma Hypatiamat: aprendizaje sobre el área del rectángulo en 4.º año de escolaridad de la educación primaria	
<b>Daniela Dias, Patrícia Luís, Rita Freire, Rita Neves Rodrigues, Fernando Martins &amp; Filipa Alexandra Pinto</b>	132
<i>Representações visuais digitais como mediadores epistémicos em tarefas de física e química</i>	
Digital visual representations as epistemic mediators in tasks in physics and chemistry	
Representaciones visuales digitales como mediadores epistémicos en tareas de física y química	
<b>Carla Vilela Alves, Ana Edite Cunha, Isabel Cristina Sousa &amp; Maria Fátima Moura</b>	149
<i>Água e saneamento como direitos fundamentais: formação humana no ensino médio integrado por meio dos conteúdos cordiais</i>	
Water and sanitation as fundamental rights: human formation in integrated secondary education through cordial contents	
Agua y saneamiento como derechos fundamentales: formación humana en la educación media integrada mediante los contenidos cordiales	
<b>Ernani Junior, Roberto Oliveira &amp; Nyuara Mesquita</b>	161

<i>Saberes indígenas na formação docente em ciências da natureza: o calendário Palikur-Arukwayene como proposta de conteúdo cordial</i>	
Indigenous knowledges in natural science teacher education: the Palikur-Arukwayene calendar as a cordial content proposal	
Saberes indígenas en la formación de profesores de ciencias naturales: el calendario Palikur-Arukwayene como propuesta de contenido cordial	
<b>Matheus Cardoso &amp; Thaís Forato</b>	178
<i>Ensino por investigação e robótica educativa no contexto do perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória em Portugal</i>	
Inquiry-based learning and educational robotics in the context of the profile of students at the end of compulsory schooling in Portugal	
Enseñanza basada en la investigación y robótica educativa en el contexto del perfil de los estudiantes al final de la escolaridad obligatoria en Portugal	
<b>Patrick Rodrigues, Thaís Calado Reis, Daniela Filipa Ferreira, Mario Reis &amp; Paulo Menezes</b>	194
<b>Secção 3 - Articulação entre Investigação &amp; Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia</b>	
<b>Section 3 - Articulation between Research and Practices in Science, Mathematics, and Technology Education</b>	
<b>Sección 3 - Relación entre la Investigación y la Práctica en la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología</b>	210
<hr/>	
<i>Ecos do futuro na sala de aula - inteligência artificial na educação em ciências, matemática &amp; tecnologia</i>	
Echoes of the future in the classroom – artificial intelligence in science, mathematics and technology education	
Ecos del futuro en el aula: la inteligencia artificial en la enseñanza de las ciencias, las matemáticas y la tecnología	
<b>Bruno Gavaia, António Pedro Costa, Paulo Moura Oliveira &amp; J. Bernardino Lopes</b>	212
<b>Secção 4 – Livros e companhia: resenhas críticas e sugestões de integração de recursos didáticos</b>	
<b>Section 4 – Books and more: critical reviews and suggestions for integrating teaching resources</b>	
<b>Sección 4 – Libros y compañeros: reseñas críticas y sugerencias para integrar recursos didáticos</b>	233
<hr/>	
<i>Sugestão de integração do recurso didático “Simulação interativa PhET – laboratório do capacitor: básico”</i>	
Suggestion for integrating the teaching resource “PhET interactive simulation – capacitor lab: basics”	
Sugerencia para integrar el recurso didático “Simulación interactiva PhET – laboratorio del capacitor: básico”	
<b>Wellington Cantanhede dos Santos &amp; Edvan Moreira</b>	235
<b>Secção 5 – Tem a palavra...</b>	
<b>Section 5 – Giving the floor to...</b>	
<b>Sección 5 – Tiene la palabra...</b>	244
<hr/>	
<i>Alfabetização científica numa virada cultural na educação em ciências</i>	
Scientific literacy in a cultural turn in science education	
Alfabetización científica en un giro cultural en la educación en ciencias	
<b>Glória Queiroz &amp; Giselle Faur</b>	246

EDITORIAL, 7(1)

Caro(a) leitor(a) a **APEduC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**, publicação científica da Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APEduC), apresenta o seu Volume 7, Número 1. Renovamos o compromisso da revista em publicar investigação e práticas educativas inovadoras na educação científica, matemática e tecnológica, em diálogo constante entre a teoria e a ação, garantindo a qualidade e a credibilidade dos artigos publicados.

À medida que a IA se transforma num agente de mudança pedagógica, é essencial debater as suas implicações técnicas, éticas, epistemológicas e institucionais. O **artigo da Secção 3** propõe uma agenda para trabalho de campo sobre o uso da IA em sala de aula e para investigação empírica sobre o real impacto e uso destas ferramentas por professores e alunos nas práticas de ensino, aprendizagens e avaliação. A **APEduC Revista** iniciou esta discussão em 2024. Os primeiros frutos aparecem no presente número, com artigos de investigação sobre o uso de IA na sala de aula.

Neste número tivemos também a colaboração de Glória Queiroz, como editora convidada, centrando-se em artigos que têm por base os conteúdos cordiais, muito relevantes no contexto brasileiro que estão na secção 2.

Eis os destaques por secção.

**Secção 1 — Investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**

O artigo **Promover a literacia de prompts para uso do ChatGPT em atividades práticas de geologia, um estudo de caso com estudantes do 11.º ano** é um estudo de caso com estudantes do 11.º ano sobre literacia de prompts em ChatGPT como recurso para atividades práticas de Biologia

Dear Reader, **APEduC Journal - Research and Practice in Science, Mathematics and Technology Education**, the scientific journal of the Portuguese Association for Science Education (APEduC), is pleased to present Volume 7, Issue 1. We reaffirm the journal's commitment to publishing innovative research and educational practices in science, mathematics and technology education, maintaining a constant dialogue between theory and practice, whilst ensuring the quality and credibility of the articles published.

As AI becomes an agent of pedagogical change, it is essential to discuss its technical, ethical, epistemological and institutional implications. The **article in Section 3** proposes an agenda for fieldwork on the use of AI in the classroom and for empirical research into the actual impact and use of these tools by teachers and students in teaching, learning and assessment practices. **APEduC Journal** initiated this discussion in 2024. The first results appear in this issue, with research articles on the use of AI in the classroom.

In this issue, we also had the collaboration of Glória Queiroz as guest editor, focusing on articles based on social studies content—which is highly relevant in the Brazilian context—found in Section 2.

Here are the highlights by section.

**Section 1 — Research in Science, Mathematics and Technology Education**

The article **Promoting prompt literacy for the use of ChatGPT in practical geology activities, a case study with Year 11 students** is a case study involving Year 11 students on prompt literacy in ChatGPT as a resource for practical Biology and Geology activities, which sought to characterise students' perceptions of the usefulness of ChatGPT and their strategies

e Geologia em que se procurou caracterizar as percepções dos estudantes sobre a utilidade do ChatGPT e as estratégias de utilização da ferramenta. O artigo ***Computational thinking as an epistemological catalyst, a theoretical integration between mathematics education and transdisciplinarity***, aborda o Pensamento Computacional como mediação semiótica, ethos investigativo e caminho para a transdisciplinaridade capaz de ampliar a representação matemática e integrar diferentes domínios de conhecimento. O estudo português ***Inclusion in science education: a comparative analysis of essential learning in physics and chemistry in the 12<sup>th</sup>-grade in Portugal*** analisa o referencial curricular de Física e de Química do 12.º ano, na dimensão socio-científica, e na promoção de abordagens inclusivas, com particular atenção à questão do género. O artigo ***Percepção de estudantes do ensino médio cearense sobre a prevenção da covid-19, novos caminhos para a educação em saúde*** revisita a pandemia Covid-19 e interroga a relação entre os estudantes e esse momento de crise de saúde pública como oportunidade de repensar novos caminhos para a Educação em Saúde. Em ***Estudo dos anais da feira de ciências do semiárido Potiguar: explorando as temáticas ambientais entre 2011-2021***, os autores mostram que os estudantes e professores da região do Semiárido Nordeste têm-se preocupado com as questões socioambientais e, por meio do desenvolvimento dos projetos científicos nas escolas e apresentados na feira, têm buscado alternativas para as problemáticas ambientais e sociais que encontram. Em ***Os conteúdos cordiais para uma biologia humanizada: uma análise sobre o material digital do 1º ano do ensino médio de São Paulo*** faz-se uma análise de materiais digitais de 2024 luz dos princípios da Ética Cívica Cordial de Adela Cortina com implicações na formação inicial e continuada docente para serem Agentes Socioculturais.

**Secção 2 — Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.**

for using the tool. The article ***Computational thinking as an epistemological catalyst: a theoretical integration between mathematics education and transdisciplinarity*** addresses computational thinking as semiotic mediation, an investigative ethos and a pathway to transdisciplinarity capable of broadening mathematical representation and integrating different domains of knowledge. The Portuguese study ***Inclusion in science education: a comparative analysis of essential learning in physics and chemistry in the 12<sup>th</sup> grade in Portugal*** analyses the 12th-grade Physics and Chemistry curriculum framework from a socio-scientific perspective and in terms of promoting inclusive approaches, with particular attention to gender issues. The article ***Perceptions of secondary school students in Ceará regarding the prevention of COVID-19: new paths for health education*** revisits the COVID-19 pandemic and examines the relationship between students and this public health crisis as an opportunity to rethink new paths for health education. In ***A Study of the Proceedings of the Potiguar Semi-Arid Region Science Fair: Exploring Environmental Themes from 2011 to 2021***, the authors show that students and teachers in the Northeastern Semi-Arid region have been concerned with socio-environmental issues and, through the development of scientific projects in schools and presented at the fair, have sought alternatives to the environmental and social problems they encounter. The article ***Cordial Content for a Humanised Biology: An Analysis of Digital Materials for the First Year of Upper Secondary Education in São Paulo*** examines digital materials from 2024 in the light of Adela Cortina's principles of Cordial Civic Ethics, with implications for initial and continuing teacher training to enable teachers to become Sociocultural Agents.

**Section 2 — Practice in Science, Mathematics and Technology Education**

In ***Creation of interdisciplinary physical educational resources in initial teacher***

Em *Criação de recursos educativos físicos interdisciplinares na formação inicial de professores*, relata-se e avalia-se como futuras professoras seguiram as etapas do processo de design de engenharia para a criação dos recursos. O artigo *Práticas de ensino exploratório e a plataforma Hypatiamat* relata como se integrou o uso da referida plataforma para promover a compreensão de conceitos subjacentes à área do retângulo. Em *Representações visuais digitais como mediadores epistêmicos em tarefas investigativas de Física e Química*, usa-se os resultados de uma investigação para converter as representações visuais das simulações PHET para promover práticas como conceptualizar, questionar e validar ideias com base em evidências. O artigo *Água e saneamento como direitos fundamentais* apresenta uma prática educativa desenvolvida na disciplina de Tratamento de Água e Efluentes do curso Técnico em Química do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal de Goiás (IFG), Brasil, fundamentada na Educação em Direitos Humanos e na perspectiva dos Conteúdos Cordiais. Em *“O cosmos e eu” no campo da complexidade, abordando física, arte e culturas no ensino de astronomia* apresenta-se proposta didática, implementada em contexto de formação inicial, fundamentada nos referenciais dos Conteúdos Cordiais e da Astronomia nas Culturas e integrando a Educação em Direitos Humanos no Ensino de Ciências da Natureza. Finalmente, em *Ensino por investigação e robótica educativa no contexto do perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória em Portugal*, os autores relatam com implementaram oficinas de programação e robótica que integram o ensino investigativo e procuram criar um ambiente de aprendizagem interdisciplinar.

### **Secção 3 — Articulação entre Investigação e Prática**

O artigo *Ecos do futuro na sala de aula - inteligência artificial na Educação em Ciências, Matemática & Tecnologia* apresenta as onze principais ideias que se destacaram no debate realizado no do encontro internacional “Ecos do

*training*, the article reports on and evaluates how trainee teachers followed the stages of the engineering design process to create these resources. The article *Exploratory teaching practices and the Hypatiamat platform* describes how the use of this platform was integrated to promote understanding of concepts underlying the area of a rectangle. In *Digital visual representations as epistemic mediators in investigative tasks in Physics and Chemistry*, the results of a study are used to convert the visual representations of PHET simulations to promote practices such as conceptualising, questioning and validating ideas based on evidence. The article *Water and sanitation as fundamental rights* presents an educational practice developed in the Water and Effluent Treatment module of the Technical Chemistry course within the Integrated Secondary Education programme at the Federal Institute of Goiás (IFG), Brazil, grounded in Human Rights Education and the perspective of Cordial Content. *“The Cosmos and I” in the field of complexity, addressing physics, art and cultures in the teaching of astronomy* presents a teaching proposal, implemented in the context of initial teacher training, based on the frameworks of Core Content and Astronomy in Cultures, and integrating Human Rights Education into the teaching of Natural Sciences. Finally, in *Inquiry-based learning and educational robotics in the context of the profile of pupils leaving compulsory education in Portugal*, the authors describe how they have implemented programming and robotics workshops that incorporate inquiry-based learning and aim to create an interdisciplinary learning environment.

### **Section 3 — Articulation between Research and Practice**

The paper *Echoes of the Future in the Classroom – Artificial Intelligence in Science, Mathematics & Technology Education* presents the eleven key ideas that emerged from the debate held at the international conference

Futuro na Sala de Aula - Educação em Ciências e Tecnologia, Inteligência Artificial e Cidadania Científica Crítica” realizada no dia 30 de abril de 2026 na UTAD.

#### **Secção 4 — Livros e Companhia**

Apresenta-se uma sugestão de integração do recurso didático **Simulação interativa PHET – laboratório do capacitor básico**. O recurso foi integrado em uma atividade didática voltada ao estudo de capacitores, capacitância e processos de carga e descarga em circuitos elétricos, no contexto do ensino médio no Brasil.

#### **Secção 5 – tem a palavra...**

Nesta secção é dada a palavra à editora convidada Glória Queiroz que nos apresenta um position paper com o título **Alfabetização científica numa virada cultural na educação em ciências**. Parte da ideia já consolidada da Ciência como parte da Cultura para incluir conhecimentos Yanomami, em especial os apresentados no livro *A Queda do Céu*, construindo caminhos no Ensino de Ciências que valorizam práticas dialógicas e cordiais que incluem diversas culturas e povos

Este número da **APEduC Revista** mostra a pluralidade das investigações e práticas educativas no espaço internacional de falantes de português.

Convidamos leitores, investigadores, professores e estudantes a explorar, divulgar e citar os trabalhos aqui apresentados, ampliando o impacto do conhecimento e fortalecendo esta comunidade científica. A **APEduC Revista** renova o convite à submissão de novos artigos que promovam o diálogo entre investigação e prática e consolidem este espaço de partilha académica.

“Echoes of the Future in the Classroom – Science and Technology Education, Artificial Intelligence and Critical Scientific Citizenship” held on 30 April 2026 at UTAD.

#### **Section 4 — Books and Company**

A proposal is presented for the integration of the teaching resource **PHET interactive simulation – basic capacitor laboratory**. The resource was integrated into a teaching activity focused on the study of capacitors, capacitance and charging and discharging processes in electrical circuits, within the context of upper secondary education in Brazil.

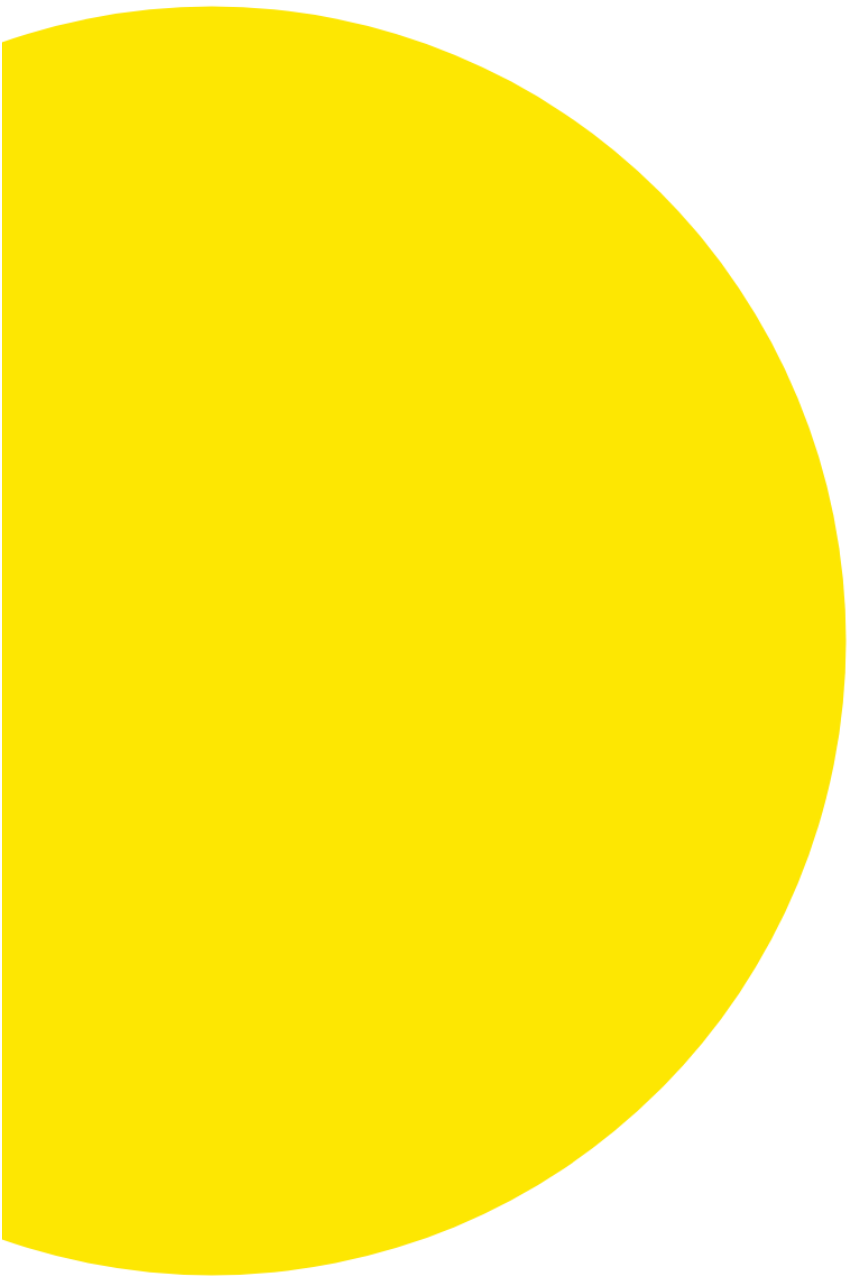
#### **Section 5 – Giving de floor**

In this section, the floor is given to guest editor Glória Queiroz, who presents a position paper entitled **Scientific literacy in a cultural shift in science education**. Building on the established concept of Science as part of Culture to incorporate Yanomami knowledge—particularly that presented in the book *A Queda do Céu*—we are forging new paths in science education that prioritise dialogical and inclusive practices encompassing diverse cultures and peoples.

This issue of **APEduC Journal** showcases the diversity of research and educational practices within the international Portuguese-speaking community.

We invite readers, researchers, teachers and students to explore, disseminate and cite the works presented here, thereby broadening the impact of knowledge and strengthening this scientific community. **APEduC Journal** renews its invitation for the submission of new articles that promote dialogue between research and practice and consolidate this space for academic exchange

J. Bernardino Lopes  
Editor/Diretor



INVESTIGAÇÃO EM  
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,  
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

**S1**

—

RESEARCH IN SCIENCE,  
MATHEMATICS AND  
TECHNOLOGY EDUCATION

# S1

Nesta secção serão apresentados estudos empíricos ou teóricos em/sobre contextos formais ou não formais de Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

---

In this section will be presented empirical or theoretical research in/about formal or non-formal contexts of Science, Mathematics and Technology Education.

---

En esta sección se presentarán estudios empíricos o teóricos en/acerca de contextos formales o no formales de Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

**PROMOVER A LITERACIA DE PROMPTS PARA USO DE TECNOLOGIAS GENERATIVAS  
EM ATIVIDADES PRÁTICAS DE GEOLOGIA: UM ESTUDO DE CASO COM  
ESTUDANTES DO 11.º ANO**

PROMOTING PROMPT LITERACY FOR THE USE OF GENERATIVE TECHNOLOGIES IN PRACTICAL  
GEOLOGY ACTIVITIES: A CASE STUDY WITH 11TH GRADE STUDENTS

PROMOVER LA ALFABETIZACIÓN DE PROMPTS PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS GENERATIVAS EN  
ACTIVIDADES PRÁCTICAS DE GEOLOGÍA: UN ESTUDIO DE CASO CON ESTUDIANTES DE 11.º  
CURSO

**Marcus Pereira Junior<sup>1</sup>, Betina da Silva Lopes<sup>1</sup> & Marta Abelha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Portugal

<sup>2</sup>Departamento de Educação e Ensino à Distância, Universidade Aberta, Portugal  
m.junior@ua.pt

**RESUMO** | As escolas têm atravessado transformações no âmbito de estratégias pedagógicas inovadoras, com a inteligência artificial generativa emergindo como recurso com potencial educativo. Desenvolveu-se um estudo de caso com estudantes do 11.º ano, na disciplina de Biologia e Geologia, centrado na literacia de prompts para uso do ChatGPT como ferramenta consultiva em atividades práticas de Geologia. O estudo incluiu uma aula-treino sobre a temática e a aplicabilidade em três atividades práticas. Numa abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, analisaram-se padrões de formulação de prompts e percepções dos grupos de trabalho quanto à utilidade e limitações das respostas geradas pelo ChatGPT. Os resultados evidenciam diversidade nos modos de formular prompts e uma percepção global positiva no apoio às tarefas, acompanhada de alertas sobre a necessidade de síntese e validação da informação. Conclui-se a relevância em desenvolver, com estudantes, literacia de prompts orientada para educação em ciências articulando mediação pedagógica e uso tecnológico responsável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação em ciências, IA generativa, Ensino secundário, Literacia de prompts.

**ABSTRACT** | Schools have been undergoing changes in the context of innovative teaching strategies, with generative artificial intelligence emerging as a resource with educational potential. A case study was conducted with Year 11 students in the Biology and Geology course, focusing on prompt literacy for the use of ChatGPT as a reference tool in practical geology activities. The study included a training session on the topic and its application in three practical activities. Using a qualitative, descriptive and exploratory approach, patterns of prompt formulation were analysed, along with the working groups' perceptions regarding the usefulness and limitations of the responses generated by ChatGPT. The results highlight diversity in the ways prompts are formulated and an overall positive perception of the support provided for tasks, accompanied by warnings regarding the need for synthesis and validation of information. It is concluded that there is a clear need to develop, with students, prompt literacy geared towards science education, combining pedagogical mediation with responsible technological use.

**KEYWORDS:** Science education, Generative AI, Secondary education, Prompt literacy.

**RESUMEN** | Las escuelas han experimentado transformaciones en el ámbito de las estrategias pedagógicas innovadoras, y la inteligencia artificial generativa se está imponiendo como un recurso con potencial educativo. Se llevó a cabo un estudio de caso con alumnos de 11.º curso, en la asignatura de Biología y Geología, centrado en la alfabetización en la redacción de prompts para el uso de ChatGPT como herramienta de consulta en actividades prácticas de Geología. El estudio incluyó una clase de formación sobre la temática y su aplicabilidad en tres actividades prácticas. Mediante un enfoque cualitativo, descriptivo y exploratorio, se analizaron los patrones de formulación de prompts y las percepciones de los grupos de trabajo respecto a la utilidad y las limitaciones de las respuestas generadas por ChatGPT. Los resultados ponen de manifiesto la diversidad en las formas de formular prompts y una percepción global positiva en cuanto al apoyo a las tareas, acompañada de advertencias sobre la necesidad de sintetizar y validar la información. Se concluye que es relevante desarrollar, junto con los estudiantes, una alfabetización en prompts orientada a la educación en ciencias, articulando la mediación pedagógica y el uso responsable de la tecnología.

**PALABRAS CLAVE:** Enseñanza de las ciencias, IA generativa, Enseñanza secundaria, Alfabetización de prompts.

## 1. INTRODUÇÃO

A rápida disponibilização de ferramentas de inteligência artificial (IA) generativa tem introduzido novos desafios nas sociedades. No que respeita ao contexto educativo, apesar de um crescimento na integração destas tecnologias, importa esclarecer como estudantes de escolas básicas interagem com estas ferramentas, bem como que apoios didáticos poderiam favorecer uma utilização alinhada com objetivos curriculares (Moura & Carvalho, 2023).

O presente estudo consistiu em explorar a literacia de prompts para utilização da IA generativa por estudantes do ensino secundário, como ferramenta consultiva para a realização de atividades práticas no âmbito do ensino de Biologia e Geologia (BG). Investigou-se como as interações com o ChatGPT ("*Chat Generative Pre-trained Transformer*", OpenAI) podem potenciar o desenvolvimento de habilidades para a aprendizagem em ciências, como formulações e refinamento no processo de escrita, capacidade de definição de critérios científicos, desenvolvimento do pensamento crítico e do trabalho colaborativo. Pensando integrar a inovação tecnológica às práticas pedagógicas, pretendeu-se com este estudo fortalecer a relação de estudantes com recursos tecnológicos emergentes (UNESCO, 2023), que direta ou indiretamente contribuam para o desenvolvimento de competências (Lima & Serrano, 2024), e que se alinhe aos princípios preconizados pelo Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), da Direção-Geral de Educação (República Portuguesa, 2017).

Esta investigação consistiu num estudo de caso e centrou-se na questão: “De que forma estudantes do 11.º ano, no contexto de atividades práticas de Geologia, utilizam o ChatGPT enquanto ferramenta de consulta e quais as perceções sobre sua utilidade em apoiar a realização de tarefas e a compreensão de conteúdos?”. Desta forma, objetivou-se:

*i)* Identificar e caracterizar perfis de formulação de prompts para utilização do ChatGPT, no âmbito de atividades práticas de Geologia, analisando como estes padrões se associam às necessidades dos estudantes;

*ii)* Caracterizar as perceções dos estudantes sobre a utilidade do ChatGPT como ferramenta de consulta para apoio à realização de atividades práticas de Geologia.

Neste enquadramento, o estudo colaborou para acrescentar alguma evidência empírica sobre a relação da escola com as tecnologias generativas. Assim, se torna relevante o desenvolvimento de orientações para um uso crítico e responsável da IA em contexto educativo, onde, no caso da educação em ciências, já tem sido demonstrado o potencial destas ferramentas e os riscos associados, reforçando a importância de uma mediação pedagógica e de uma validação da informação (Cardoso; Erduran & Levrini, 2023).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Sociedades e tecnologias: IA como novo paradigma

Transformações tecnológicas têm alterado os modos de viver, trabalhar e aprender, reconfigurando a participação cidadã na contemporaneidade (Weiss, 2019). Neste contexto, a IA, desde meados do século XX, vem ampliando sua presença em diversos domínios, suscitando debates acerca dos limites da automação (Machado & Silva, 2024).

Mais recentemente, destaca-se o advento da IA generativa. Capaz de produzir textos, imagens e outros conteúdos multimodais de forma autónoma, simulando a criação humana, seu rápido crescimento, gerador de fascínio e inquietação, tem suscitado discussões sobre autenticidade, regulação digital e fronteiras entre humano e automatizado, ao mesmo tempo que redefine práticas na indústria criativa, comunicação, investigação científica e formação profissional (Martínez-Rolán et al., 2025).

## **2.2 Alcances da IA no cenário educativo**

Segundo a UNESCO (2023), a IA desponta como recurso capaz de enriquecer os processos de ensino e aprendizagem. Mas é facto que sua integração exige avaliação ética constante, reconhecendo o impacto destas transformações nos ambientes educativos. Pensar a IA neste contexto consiste não apenas atualizar infraestruturas, mas sobretudo ressignificar epistemologias e pedagogias (Fischetti et al., 2025), ganhando relevância o desenvolvimento de competências digitais, a reestruturação de práticas didáticas e a promoção do protagonismo discente, num preparo para sociedades tecnologicizadas (Veiga & Andrade, 2019).

Num olhar socioconstrutivista, entende-se a aprendizagem como processo mediado por ferramentas culturais e interação social, em que linguagem e artefactos apoiam a construção de significados (Vygotsky, 1978). Neste âmbito, as tecnologias podem funcionar como “mediadores cognitivos”, se integradas a tarefas com intencionalidade pedagógica. Assim, a IA pode ser conceptualizada como recurso de apoio, quando em articulação com metodologias ativas.

Mesmo com a identificação de uma oportunidade significativa para os espaços formais de ensino, se evidenciam também os riscos que acompanham este processo de inovação tecnológica. Ou seja, o impacto pedagógico que se perspectiva dependerá da estratégia adotada para implementar as tecnologias generativas nas escolas (Webb & Galamba, 2026).

## **2.3 Literacia de prompts para uso da IA generativa nas escolas**

Para que as tecnologias tenham um papel efetivo nos processos de ensino e de aprendizagem, é necessário ultrapassar uma visão utilitária recreativa, integrando-as em práticas que estimulem autonomia e desenvolvimento de competências, articulando o uso tecnológico aos propósitos didáticos (UNESCO, 2023). Assim, o desafio não se restringe à disponibilização dos recursos tecnológicos aos estudantes, mas em salvaguardar sua incorporação em metodologias renovadas, orientadas para uma aprendizagem ativa. Ao se perspectivar a funcionalidade consultiva da IA generativa em atividades escolares, emerge a necessidade de reflexão sobre como estudantes formulam suas táticas para utilização da ferramenta. Portanto, o sucesso da interação depende da capacidade em criar, de forma precisa, narrativas textuais a serem entregues à ferramenta (*inputs*), o que remete ao conceito de literacia de prompts.

Segundo Moura e Carvalho (2023), literacia de prompts é uma aprendizagem que consiste em interagir estrategicamente com a IA generativa. Implica em formular instruções claras, orientadas a objetivos, e interpretar os resultados produzidos, trabalhando para um refinamento das narrativas textuais de forma a otimizar as saídas (*outputs*) geradas pela ferramenta. Trata-se, portanto, não apenas de uma técnica instrumental, mas de uma competência estratégica.

Neste sentido, utilizadores deixam de ser consumidores passivos para assumir coautoria e orientação dos processos algorítmicos, contribuindo para uma interação transparente. E pensar

o desenvolvimento desta literacia em contexto escolar não só promoveria habilidades linguísticas e organização do pensamento, mas também autonomia, criatividade e motivação, elementos essenciais para o uso responsável da IA (Cardoso, 2023).

## **2.4 Tecnologias e saberes: ChatGPT na educação em ciências**

O uso do ChatGPT em contexto educativo vai além da obtenção de respostas rápidas, configurando-se como oportunidade para o exercício de competências em que estudantes são instados a construir narrativas coerentes, fundamentadas e abertas para fins de pesquisa de múltiplas dimensões científicas. Para tal, é necessário incorporar abordagens formativas que sinalizem não apenas os produtos gerados, mas também suas limitações (Lima & Serrano, 2024).

Neste sentido, Paiva e colaboradores (2025) evidenciaram que a utilização da IA generativa pode potenciar o pensamento crítico e criativo de estudantes do ensino secundário, promovendo o desenvolvimento de competências de aprendizagem e reforçando a autonomia. E num contexto particular de dinâmicas de trabalho em grupo, o ChatGPT pode contribuir para o desenvolvimento coletivo de habilidades científicas, como o aprimoramento do pensamento crítico e do trabalho colaborativo (Rodrigues et al., 2024).

Portanto, num cenário de transformação dos espaços escolares, o uso de tecnologias adquire centralidade ao possibilitar a articulação entre os domínios teórico e prático das Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018). Assim, importa refletir o papel que tais práticas assumem no desenvolvimento de competências na aprendizagem das ciências. E a adequação destas práticas ao ensino de BG, ainda marcado pela memorização de conteúdos e a predominância de instrumentos avaliativos sumativos, pode colaborar para uma formação mais crítica e reflexiva (Mattos, 2024).

Portanto, mesmo compreendendo-se o potencial da IA generativa no apoio ao ensino e à aprendizagem nas escolas (Ng et al., 2025), é preciso averiguar até que ponto esta integração propicia o desenvolvimento de habilidades sem pôr à margem a validação e a criterização próprias das abordagens científicas. Ou seja, um acesso dinâmico a respostas sem perder a qualidade epistemológica da aprendizagem é relevante para o ensino de ciências, onde discutir a utilidade de ferramentas generativas implica considerar como se apoiam as práticas científicas, entendendo que tais tecnologias contribuam para se aprimorar os processos de argumentação, justificação e validação de evidências (Tang & Putra, 2025).

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Caracterização do estudo**

Esta investigação consistiu num estudo de caso, caracterizado pela análise de uma realidade contextualizada para compreender fenómenos específicos (Duarte, 2008). A abordagem adotada alinha-se aos pressupostos de uma investigação qualitativa, que procura interpretar significados a partir da perspetiva dos participantes (Freire & Macedo, 2022). Classificou-se também o estudo como descritivo, ao objetivar a caracterização de um grupo e de um fenómeno sem estabelecer causalidade (Bogdan & Biklen, 1994), e como exploratório, ao investigar um campo inovador no contexto educativo, permitindo a familiarização com o tema e o aprofundamento de conceitos (Lösch et al., 2023).

### 3.2 Alinhamentos institucionais

De início, o estudo, proposto como projeto de investigação no âmbito do estágio docente de um mestrado em ensino de Biologia e Geologia, obteve aprovação institucional através da direção do curso. Seguindo-se o cumprimento aos preceitos para execução de investigação em contexto educativo, foi solicitada autorização à direção do agrupamento de escolas, situada no Distrito de Aveiro, obtendo-se parecer favorável. Uma vez que a investigação consistiu no desenvolvimento de atividades em que grupos de estudantes preencheram fichas de trabalho com questões reflexivas sobre a temática, foi enviado um termo de consentimento aos encarregados de educação, garantindo-se portanto uma participação consciente e voluntária. Tais medidas de conformidade foram adotadas para reforçar o compromisso ético e científico do estudo, alinhando-se aos princípios da promoção da inovação em ambientes de aprendizagem (República Portuguesa, 2018). O estudo esteve também enquadrado aos princípios de proteção de dados aplicáveis (União Europeia, 2016), com adoção de medidas de minimização e anonimização em articulação com as autorizações institucionais obtidas.

### 3.3 Caracterização dos participantes e do contexto


Participaram do estudo 26 estudantes de uma turma do 11.º ano, na faixa etária entre 16 e 17 anos, no contexto da disciplina de BG. Após obtenção das autorizações, foi apresentado o projeto à turma detalhando-se as etapas da investigação, nomeadamente um enquadramento a quatro intervenções (uma aula-treino e três atividades práticas), numa articulação entre estagiário-docente (investigador) e professora cooperante. Assumiu-se em simultâneo as funções de colaboração à lecionação do conteúdo a ser abordado e à recolha dos registos produzidos.

### 3.4 Contexto de recolha de dados

O estudo foi planeado em duas fases. A primeira consistiu numa aula-treino de 45 minutos, introduzindo com os estudantes o conceito de IA generativa, a importância das narrativas textuais (*prompts*) para uso de ferramentas como o ChatGPT e a aplicabilidade da IA nas escolas. Em seguida, organizados em grupos de trabalho, orientou-se a turma para a criação de prompts relacionados a temas de biociências — “mudanças climáticas”, “meio ambiente” e “biodiversidade” — incluindo-se nas entradas textuais as palavras-chave “causas”, “impactos” e “estratégias”. Após elaboração dos prompts, os grupos utilizaram a versão gratuita do ChatGPT (modelo GPT 4o-mini) a partir de dispositivos com acesso à internet. Os conteúdos produzidos pela ferramenta foram, ao final, socializados através de publicação num mural colaborativo na plataforma Padlet, não havendo integração ao corpus de análise do estudo.

A segunda fase ocorreu através de três atividades práticas sobre caracterização e identificação de diferentes amostras de rochas, sendo parte integrante do conteúdo de Geociências abordado no 2.º período letivo e que esteve em alinhamento com as Aprendizagens Essenciais de BG para o 11.º ano (Direção-Geral da Educação, 2018). As duas primeiras atividades tiveram foco na formação de rochas sedimentares, enquanto a terceira teve foco na formação de rochas magmáticas. Para cada atividade, os estudantes, divididos em oito grupos de trabalho, formularam e submeteram os prompts na interface do ChatGPT, preenchendo em seguida as fichas de trabalho. Ao final, um total de 24 fichas foram respondidas nas três atividades, onde cada grupo foi responsável por uma ficha de trabalho, por atividade participada.

Abaixo, apresenta-se a ficha de trabalho correspondente (Figuras 1 e 2).



**Biologia e Geologia – 11ºano** **2024/2025**  
**Domínio:**

**Ficha de trabalho – Estruturação textual (consulta científica ao ChatGPT) e conjunto de questões**

**Turma:** \_\_\_\_\_ **Docente responsável:** \_\_\_\_\_

**Nomes dos membros do grupo:** \_\_\_\_\_

**Objetivo da Atividade:**

Esta ficha de trabalho tem por objetivo orientar o seu grupo na formulação de pequenos textos, baseados em palavras-chave fornecidas, para consulta ao ChatGPT, no âmbito das aprendizagens relacionadas à presente atividade prática. Como esta ficha de trabalho será preenchida em um momento antes de dar início à atividade, pretende-se, assim, o desenvolvimento prévio de competências referentes à elaboração de narrativas textuais - prompts, à reflexão crítica e criativa e à comunicação científica.

**Parte 1: Palavras-chave / Termos-chave**

1. Leia atentamente as palavras-chave/termos-chave fornecidos pelo professor(a). Estes termos devem ser utilizados para estruturar o prompt que será direcionado ao ChatGPT.
2. Registe as palavras-chave/termos-chave atribuídos ao seu grupo:

**Palavras-chave/termos-chave atribuídos:**

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_ *(se aplicável)*
7. \_\_\_\_\_ *(se aplicável)*

**Parte 2: Estruturação Textual**

Com base nas palavras-chave/termos-chave fornecidos, elabore um pequeno texto que será enviado ao ChatGPT. Este texto deve estar relacionado com os conteúdos da atividade prática em estudo, devendo ser claro, objetivo e coerente.

**Figura 1** Ficha de trabalho (1.ª parte)

**Texto estruturado pelo grupo:**

---

---

---

---

---

*(Caso o espaço não seja suficiente, utilize o verso da folha ou uma folha adicional.)*

**Parte 3: Respostas do ChatGPT**

Após enviar o texto estruturado ao ChatGPT, registre resumidamente abaixo as respostas fornecidas pela IA generativa. Garanta que todas as respostas estejam legíveis e completas.

**Resumo das respostas fornecidas pelo ChatGPT:**

---

---

---

---

---

**Parte 4: Reflexão sobre a Atividade**

Ao final da atividade, reflita com o seu grupo sobre o processo de elaboração textual e as respostas obtidas. Responda às questões abaixo de forma clara e objetiva.

1. Como foi o processo de elaboração do texto em grupo? Quais foram as maiores dificuldades encontradas?

---

---

2. As respostas fornecidas pelo ChatGPT foram claras e úteis? Se sim, explique como. Se não, descreva o que faltou.

---

---

**Figura 2** Ficha de trabalho (2.ª parte)

Durante o preenchimento das fichas, cada grupo formulou prompts relacionados às respetivas aprendizagens de cada atividade. Esta dinâmica permitiu uma observação das interações dos grupos com a ferramenta, no desenvolvimento dos prompts e no exercício colaborativo de competências e habilidades.

Importa ressaltar que para a execução das duas fases, dado o recurso a uma plataforma externa e por motivos de proteção de dados, foi solicitado que não fossem introduzidos identificadores pessoais ou informações sensíveis nos prompts.

### **3.5 Análise de dados: combinando análise de conteúdo e estatística descritiva**

Para a análise dos dados foram recolhidos apenas os registos transcritos na totalidade das 24 fichas de trabalho, não sendo acedidos quaisquer históricos associados às contas utilizadas

pelos grupos. Por razões de confidencialidade, as fichas preenchidas não foram disponibilizadas; no entanto, excertos representativos serão apresentados na parte dos resultados.

A análise consistiu na interpretação das respostas às fichas de trabalho preenchidas, com o objetivo de identificar padrões e elementos relevantes para os objetivos do estudo. Para organizar os dados, utilizou-se o Microsoft Excel (2016), para tabulação e visualização ordenada das respostas segundo a sequência das questões. Recorreu-se à técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2017), no sentido de compreender, com profundidade, os significados implícitos nas respostas dos grupos de trabalho. A análise consistiu em identificar e categorizar unidades de sentido, agrupando em categorias que refletissem as particularidades observadas. A criação destas categorias foi indutiva, permitindo a codificação dos dados e uma exploração do material. Para fortalecer a análise, as categorias foram revistas pela orientadora científica do estudo, tendo sido discutidas até se alcançar um consenso.

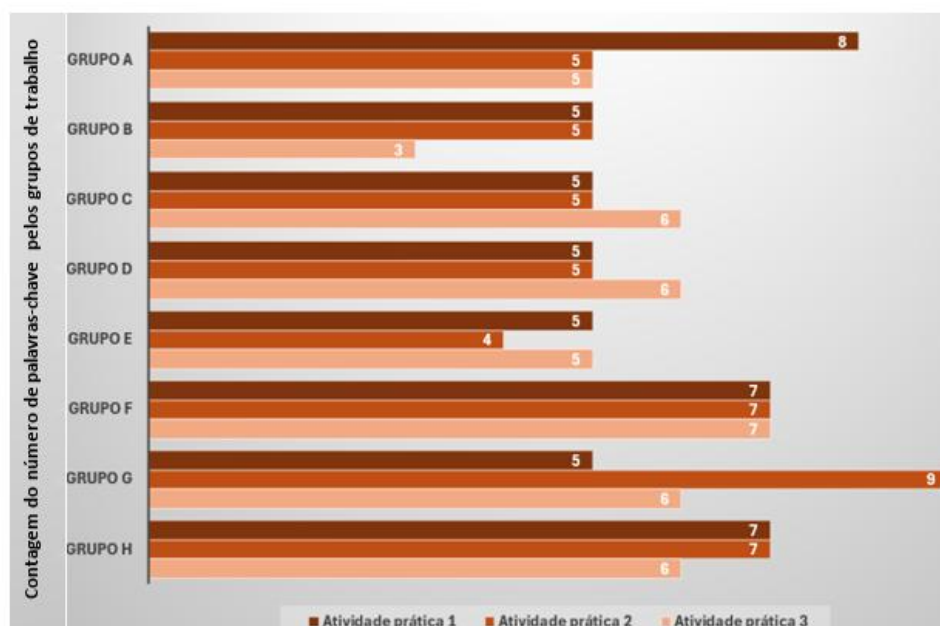
Ademais, aplicou-se estatística descritiva (Reis, 2021) para organizar e descrever as características dos dados, sem pretensão de generalização, contribuindo para uma visão sintética dos resultados e auxiliando na interpretação das categorias emergentes. A escolha da estatística descritiva justificou-se pela natureza da investigação, que, embora assente numa abordagem qualitativa, beneficia em parte de certos aspetos quantitativos (Pitanga, 2020). Assim, recorreu-se a um esquadramento dos dados através da observação das categorias em que as respostas dos estudantes foram alocadas, procedendo a uma síntese da informação.

## **4. RESULTADOS**

Num recorte que responde aos objetivos do estudo, os resultados são apresentados através de síntese gráfica, de excertos textuais representativos e numa leitura analítica global ao nível dos grupos de trabalho e de todo o conjunto.

### **4.1 Padrões de variação no número de palavras-chave por prompt**

Apresenta-se, em primeiro, uma caracterização dos prompts por constituírem o enquadramento necessário para interpretar as perceções. Quanto à análise da contagem do número de palavras-chave pelos grupos durante as atividades práticas, foram identificadas táticas distintas na formulação dos prompts para o ChatGPT. De forma global, os perfis observados sugerem uma exploração versátil na elaboração dos prompts, refletindo distintas adaptações às interações com a ferramenta (gráfico 1).



**Gráfico 1** Perfis de contagem do número de palavras-chave pelos grupos de trabalho nas três atividades práticas.

Como destaque, três grupos (A – 8,5,5, B – 5,5,3 e H – 7,7,6) apresentaram redução no número de palavras-chave em pelo menos uma das atividades. Para além desta variação, observou-se também uma incorporação de elementos de contextualização e de critérios para orientar a resposta. A título ilustrativo, apresentam-se dois prompts do grupo A (palavras-chave a negrito para efeitos de destaque):

*“Chat, eu tenho um **sal-gema**, uma **lignite** e um **carvão betuminoso**. Diz-me as **diferenças** entre eles e as principais **características**, como a **composição mineralógica**, **origem** e **reação ao ácido** de cada uma.” (Grupo A – 1.ª atividade prática)*

*“Estou em geologia de 11.º ano. Compara o **microscópio ótico** com o **microscópio petrográfico**, tendo em conta a **similaridade**, **diferenças**, **imagens encontradas**, **obtidas...**” (Grupo A – 3.ª atividade prática)*

No entanto, dois grupos (C – 5,5,6 e D – 5,5,6) apresentaram, ao final da sequência, ligeiro aumento no número de palavras-chave. Estes perfis podem configurar uma tentativa de enriquecimento dos comandos, tornando a interação com o ChatGPT mais contextualizada, sem exclusão da hipótese de possíveis adaptações às atividades. Abaixo, apresenta-se a sequência de prompts da segunda e terceira atividades do grupo D (estando as palavras-chave a negrito):

*“Descreve as ações que contribuem para a **meteorização dos granitos** presentes na **Serra da Estrela**. Refere os **processos de meteorização física** típicos de um ambiente de montanha e os processos de **meteorização química**.” (Grupo D – 2.ª atividade prática)*

*“Qual a **diferença** entre o **microscópio ótico** e o **microscópio petrográfico**. Dá-nos **similaridades**, **diferenças**, **imagens**, **vantagens de um e de outro**, etc. (Grupo D – 3.ª atividade prática)*

Outros dois grupos (E – 5,4,5 e G – 5,9,6) alternaram a quantidade de palavras-chave utilizadas, também sugerindo tentativas de adaptação às exigências de cada atividade. Ou seja, o nível de complexidade dos conteúdos abordados nas atividades poderá ter influenciado a

quantidade de palavras-chave necessárias para a formulação dos prompts. Abaixo, apresenta-se o caso do grupo G (estando as palavras-chave destacadas a negrito):

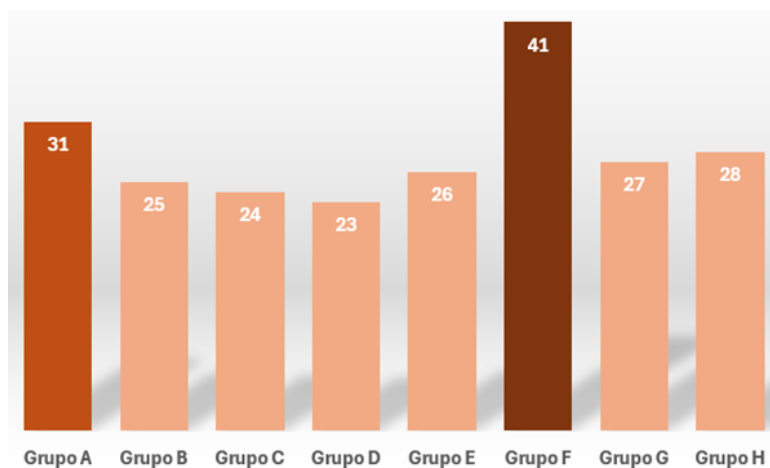
*“Quais são as **diferentes características** entre o **carvão betuminoso**, **sal-gema** e a **brecha**.”*  
(Grupo G – 1.ª atividade prática)

*“**Caracteriza a cor, textura, a composição mineralógica, a granulometria e a origem do granito e arenito**. Além disso, **relaciona** essas características das duas rochas.”* (Grupo G – 2.ª atividade prática)

Por fim, um único grupo (F – 7,7,7) manteve constante a utilização de palavras-chave no curso das atividades, o que sugere a adoção de uma padronização na formulação dos prompts, um ponto positivo e de eficaz adaptação.

#### 4.2 Prompts formulados pelos grupos de trabalho

Ao analisar os prompts, observam-se diferenças no número médio de palavras utilizadas. Em termos globais, os grupos utilizaram em média 28 palavras por cada prompt formulado. A seguir, no gráfico 2, encontra-se a distribuição da média de palavras utilizadas por cada grupo de trabalho.



**Gráfico 2** Número médio de palavras utilizadas para formulação dos prompts por cada grupo de trabalho no total das três atividades práticas.

O grupo F, além de ter mantido uma constância no número de palavras-chave utilizadas, destaca-se também pela maior média de palavras utilizadas por prompt formulado. Tal resultado pode refletir maior explicitação de requisitos ou menor síntese dos *inputs* textuais direcionados à ferramenta. A título ilustrativo, apresenta-se abaixo um dos prompts formulados pelo grupo, que totalizou 61 palavras.:

*“Acerca da formação e transformação das rochas sedimentares, desenvolve um texto bem elaborado de forma clara e precisa, onde sejam abordados temas como: ‘como é que a acumulação dos sedimentos forma rochas sedimentares?’; Além disso, o texto deve referir também a importância dos afloramentos para o estudo de história geológica e como a erosão influencia a evolução geológica de uma região.”* (Grupo F – 2.ª atividade prática)

Em contraste, o Grupo D apresentou menor média (cerca de 23 palavras), caracterizando-se por um perfil de prompts elaborados de forma mais direta. Segue-se abaixo o prompt com menos palavras (12 no total):

*“Indica as principais diferenças entre as rochas lignite, carvão betuminoso e sal-gema.” (Grupo D – 1.ª atividade prática)*

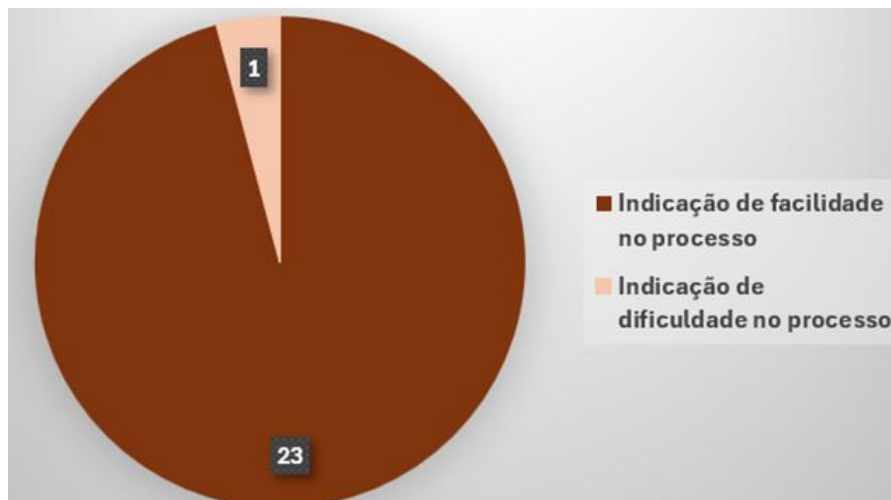
Sugere-se que enquanto o grupo F adotou a busca por retornos mais precisos pelo ChatGPT, o grupo D priorizou uma interação mais objetiva. Isto atesta tentativas diferenciadas de aproximação das Aprendizagens Essenciais visadas (Direção-Geral a Educação, 2018).

Numa perceção adicional das diferenças de elaboração dos prompts, alguns grupos formularam pedidos mais específicos, incluindo critérios de análise (exemplos: composição mineralógica, textura e origem), enquanto outros grupos optaram por abordagens mais abertas, possibilitando a geração de respostas com menor especificação de critérios. Como exemplo, segue abaixo um prompt formulado pelo grupo H:

*“Chat, compara resumidamente o microscópio ótico com o microscópio petrográfico, diz-me as similaridades e diferenças entre ambos.” (Grupo H - 3.ª atividade prática)*

#### 4.3 Processo de formulação dos prompts na perspetiva dos grupos de estudantes

O gráfico 3 apresenta a perceção dos grupos de trabalho sobre a formulação dos prompts no curso das atividades, a partir das respostas à questão da ficha: “Como foi o processo de elaboração do texto em grupo? Quais foram as maiores dificuldades encontradas?”. No total, foram analisadas 24 respostas, correspondentes às 24 fichas preenchidas.



**Gráfico 3** Perceções dos grupos de trabalho sobre o processo de elaboração dos prompts.

A análise de respostas revelou consenso quanto à facilidade do processo colaborativo de elaboração dos prompts, sendo que 23 dos 24 registos indicaram não ter havido dificuldades. Tal resultado sugere que o modelo de formulação adotado possibilitou uma fluidez de trabalho. Nas descrições, os grupos recorreram a adjetivos como “simples” e “rápido”, além de sublinharem a relevância do trabalho em conjunto. A título ilustrativo, segue-se uma resposta do grupo A:

*“O processo foi fácil, rápido e simples. Pensamos todos no mesmo.” (Grupo A – 1.ª atividade prática)*

Outros grupos destacaram que as palavras-chave funcionaram como elemento facilitador, ajudando a organizar ideias e a conduzir o processo de escrita, o que, em termos de implicações didáticas, permite uma aproximação aos objetivos de aprendizagem. Segue abaixo um exemplo de resposta, dada pelo grupo E:

*“A elaboração foi fácil, pois tínhamos as palavras-chave para elaborar o texto.” (Grupo E – 2.ª atividade prática)*

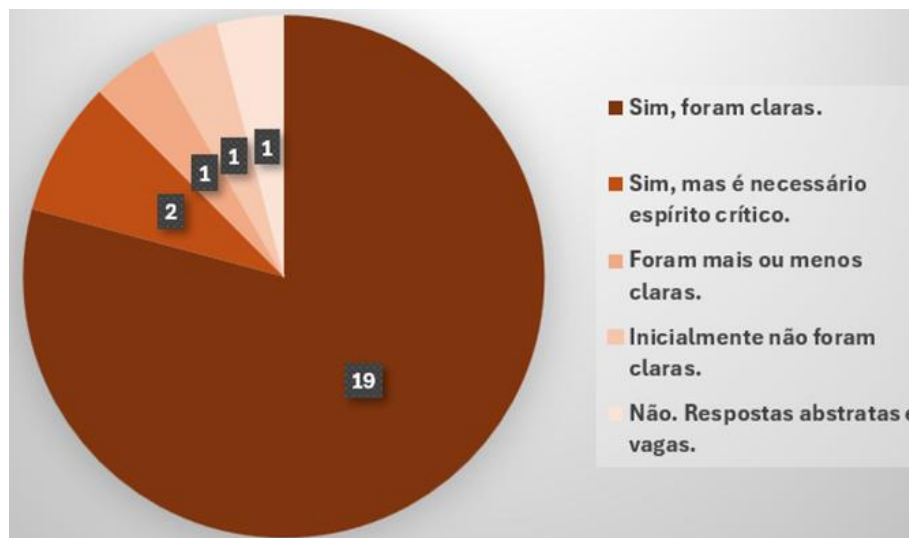
De todos, apenas o grupo H, em uma das atividades, destacou desafios no processo:

*“Um pouco difícil, pois todos nós temos ideias diferentes e maneiras de interpretar diferentes.” (Grupo H – 2.ª atividade prática)*

Este grupo, em que a divergência de ideias foi apontada como dificultador, é um caso singular frente ao panorama positivo de elaboração dos prompts, evidenciando a importância em considerar diferentes opiniões no que respeita o desenvolvimento do pensamento crítico e do trabalho colaborativo nos ambientes de aprendizagem.

#### 4.4 Percepções dos grupos sobre as respostas do ChatGPT

O gráfico 4 apresenta, de forma geral, as percepções dos grupos de trabalho sobre as respostas geradas pelo ChatGPT, a partir da questão da ficha: “As respostas fornecidas pelo ChatGPT foram claras e úteis? Se sim, explique como. Se não, descreva o que faltou.”. A compilação de informações resulta das respostas fornecidas em todas as fichas de trabalho.



**Gráfico 4** Percepções dos grupos de trabalho sobre as respostas fornecidas pelo ChatGPT.

A maioria considerou que as respostas foram objetivas em contribuir para o desenvolvimento das atividades. Houve destaque para a simplicidade da linguagem nas saídas textuais, auxiliando na identificação de diferenças e semelhanças para a resolução das tarefas. Tal aspecto foi visível na resposta do grupo A, confirmando a alegação:

*“Foram claras, com linguagem simples e o que nos permitiu perceber as diferenças e semelhanças rapidamente.” (Grupo A – 3.ª atividade prática)*

No entanto, alguns grupos sinalizaram limitações na clareza das respostas geradas pelo ChatGPT, indicando a necessidade de ajustes para uma informação mais acessível. Por exemplo, o grupo D indicou que as respostas eram extensas, exigindo solicitação de síntese para maior compreensão. Segue abaixo o excerto:

*“Sim, porque pedimos para o ChatGPT resumir, senão seriam muito complexas. (Grupo D – 2.ª atividade prática)*

Limitações foram também evidenciadas pelo grupo G, indicando a importância do exercício do pensamento crítico na interpretação das respostas geradas pela ferramenta. Segue-se o relato:

*“Foram úteis, no entanto é necessário sentido crítico em relação a alguns termos.” (Grupo G – 1.ª atividade prática)*

Outro aspeto relevante identificado na análise diz respeito à precisão das respostas geradas pelo ChatGPT. O Grupo C apontou:

*“Foi claro, mas tem de se ter cuidado, pois tinha um erro.” (Grupo C – 1.ª atividade prática)*

O erro identificado destaca a necessidade de uma verificação cuidadosa das informações produzidas pela ferramenta. Uma boa estratégia didática seria o partilhar destas informações específicas na sequência didática, de forma a proceder a uma pesquisa mais direcionada para confrontar com o que já existe na literatura científica.

Ressalta-se também que um dos grupos relacionou as respostas geradas pelo ChatGPT ao conteúdo visto em sala de aula, indicando um alinhamento com os conhecimentos adquiridos em sala de aula. Segue abaixo a menção feita pelo grupo E:

*“Sim, foram úteis e semelhantes às dadas pela professora.” (Grupo E – 1.ª atividade prática)*

## **5. DISCUSSÃO**

O estudo evidenciou padrões diferenciados na formulação de prompts e na utilização do ChatGPT pelos grupos, refletindo formas distintas de interação com a IA generativa em tarefas escolares, heterogeneidade consistente com estudos recentes (Alfarwan; Ng et al., 2025). As variações observadas no número de palavras-chave, na extensão dos prompts e na presença/ausência de elementos de contextualização sugerem variadas formas de enquadrar a consulta à ferramenta, alinhando-se com a ideia da literacia de prompts e a capacidade de formulação de *inputs* textuais orientados para obtenção de respostas mais alinhadas.

A ferramenta foi também útil para explorar conhecimentos no domínio de Geologia, nomeadamente a formação de rochas sedimentares e magmáticas, os processos geológicos subjacentes e as técnicas que amparam este estudo. É facto que uma inclusão explícita do contexto sugere uma orientação do prompt para adequar o foco conceptual. Em adição, a elaboração dos prompts não seguiu um padrão linear, sofrendo variações consoante as necessidades dos grupos e demonstrando uma flexibilidade na interação com a IA generativa (Lisiak e Webber, 2024). Assim, conclui-se que o processo de elaboração foi descrito como colaborativo e, na maioria dos registos, sem dificuldades.

Reflete-se sobre em que medida prompts mais específicos se associam a respostas mais úteis, e sobre se prompts mais diretos favorecem uma interação mais focada na tarefa. A literatura sugere que a explicitação de objetivos pode aumentar o controlo do utilizador sobre os *outputs* textuais e apoiar processos de validação, relevante para a educação em ciências (Moura & Carvalho, 2023). Neste enquadramento, importa considerar se a forma como os prompts são formulados poderia desempenhar um papel no desenvolvimento de habilidades.

Os grupos revelaram percepções positivas e questionadoras sobre a utilidade das respostas produzidas pelo ChatGPT. A simplicidade da linguagem utilizada pela ferramenta foi um ponto destacado, no sentido de facilitar a compreensão de determinadas similaridades e diferenças existentes em parte dos conteúdos trabalhados, contribuindo para o desenvolvimento da aprendizagem em ciências (Tang & Putra, 2025).

No entanto, foram também sinalizadas limitações na complexidade das respostas, com ajustes postos em prática, quer para o aumento da clareza dos inputs entregues, quer como necessidade de requisição de síntese das respostas. Portanto, considera-se o alerta à precisão das informações, destacando a necessidade de verificação cuidadosa das respostas, um elemento imprescindível de inflexão acerca do uso da IA generativa em contexto escolar (Cardoso, 2023).

Com os perfis de elaboração dos prompts alvo das verificações, foi revelado diferentes níveis de experiência e do exercício de um sentido crítico entre os grupos. Uma parte percebeu a necessidade de maior precisão na formulação dos prompts, o que poderia ser um fator de qualidade dos *outputs* gerados pelo ChatGPT. Outra parte, no entanto, demonstrou satisfação com as estratégias assumidas, indicando um maior nível de confiança na ferramenta. Por último, foi apontado por alguns grupos que, embora o ChatGPT pode ser visto como útil em colaborar para atividades práticas, sua aplicação deve ser realizada de forma ponderada (Lima & Serrano, 2024). Ou seja, é importante um acompanhamento crítico, com validação complementar das informações da literatura científica disponível na escola, propiciando assim um terreno para o desenvolvimento, a curto e médio prazo, de uma diversidade de estratégias de aprendizagem.

## 6. CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou que a utilização da IA generativa funciona como apoio à realização de tarefas alinhadas com as Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018). Esta foi uma experiência que sugere que a incorporação desta abordagem em outros contextos pedagógicos pode fortalecer o apoio às aprendizagens, unindo literacia de prompts, validação, autonomia, trabalho colaborativo e mediação docente (Cardoso, 2023; Lima & Serrano, 2024). Além disso, a percepção de predominância de um trabalho colaborativo entre estudantes indica que esta ferramenta pode ser integrada em metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas (Lisiak & Webber, 2024).

Compreender este processo reforça a importância em valorizar o desenvolvimento de competências metacognitivas dos estudantes. Isto permitirá otimizar a interação de ferramentas generativas como auxílio nas aulas, bem como encadear com as demais estratégias didáticas. Em adição, a observação da diversidade de formulação de prompts para entrega à IA generativa poderia servir para que docentes utilizem de propostas de incentivo à exploração desta experiência, a depender das intencionalidades pretendidas (Giraffa & Kohls-Santos, 2023).

No entanto, destacam-se algumas limitações. Oito grupos de trabalho, numa turma de 26 estudantes, pode ser considerado diminuto, o que restringe a generalização dos resultados. Mesmo assim, tentou-se aprofundar a análise da qualidade das respostas obtidas pela ferramenta generativa em função das diferentes formulações de prompts. Outro ponto a considerar é a influência de fatores externos (nível prévio de conhecimento da tecnologia ou dos conteúdos abordados), podendo ter influenciado nas estratégias adotadas. Além disso, o estudo ter se concentrado no ChatGPT limita a possibilidade de uma análise comparativa. Abre-se, portanto, um precedente para que futuras investigações possam comparar, por exemplo, diferentes ferramentas, a exploração de variadas condições de orientação para elaboração de prompts e a recolha individual de percepções, contribuindo para elucidar a integração da IA generativa ao ensino de ciências (Alfarwan, 2025; Tang & Putra, 2025).

## 7. IMPLICAÇÕES

Este estudo contribuiu para destacar o uso da IA generativa no exercício de práticas pedagógicas escolares. Verificou-se que sua utilização pode ser relevante para auxiliar na compreensão das Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018), promovendo maior interação dos estudantes com os conteúdos curriculares, não apenas no ensino da BG, mas também perspetivando outros contextos disciplinares.

Embora a IA generativa possa facilitar o acesso às informações para estudantes, pensando num trabalho colaborativo bem orientado para a resolução de problemas, outra estratégia didática a ser adotada poderia ser a regulação, por docentes, da utilização deste recurso, oferecendo orientações claras sobre como proceder ao uso desta tecnologia (Webb & Galamba, 2026). Facto é que estudantes já utilizam tecnologias de múltiplas formas e, portanto, importa pensar como docentes poderiam contribuir para a modulação deste processo.

Por fim, se ressalta o aprofundamento deste estudo na compreensão em integrar metodologias ativas nos espaços de ensino, valorizando um movimento de promoção da centralidade estudantil no processo de aprendizagem e incentivando o desenvolvimento de habilidades transversais. Trata-se de elementos relevantes no contexto de utilização da IA generativa nas escolas, com relevância para a necessidade de uma mediação pedagógica que contribua para consciencializar acerca das possibilidades de se pensar uma educação em ciências conectada aos desafios contemporâneos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E DOCUMENTOS NORMATIVOS

- Alfarwan, A. (2025). Generative AI use in K-12 education: a systematic review. *Frontiers in Education*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1647573>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação. Uma introdução às teorias e aos métodos* (M. J. Alvarez, S. Bahia dos Santos, & T. Mourinho Baptista, trads.). Porto Editora.
- Cardoso, J. R. (2023). Inteligência artificial na educação: um auxiliar ou um problema? *Lusíada*, 35, 29-49. <https://doi.org/10.34628/PGP4-CF61>
- Direção-Geral da Educação (2018). *Aprendizagens essenciais – ensino secundário: articulação com o perfil dos alunos*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais/11\\_biologia\\_e\\_geologia.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/11_biologia_e_geologia.pdf)

- Duarte, J. B. (2008). Estudos de caso em educação. Investigação em profundidade com recursos reduzidos e outro modo de generalização. *Revista Lusófona de Educação*, 11(11), 113-132. <https://revistas.ulusofona.pt/index.php/reducacao/article/view/575>
- Erduran, S., & Levrini, O. (2023). The impact of artificial intelligence on scientific practices: an emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46(18), 1982-1989. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2306604>
- Fischetti, J., Imig, S., Shaw, K., & Vo, P. Q. (2025). *The future of schooling in a genAI world*. Emerald Publishing Limited.
- Freire, I. P., & Macedo, S. M. (2022). Investigação qualitativa em educação: aspectos epistemológicos e éticos. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 10(24), 276-296. <https://doi.org/10.33361/RPQ.2022.v.10.n.24.400>
- Giraffa, L., & Kohls-Santos, P. (2023). Inteligência artificial e educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. *Educação em Análise*, 8(1), 116-134. <https://doi.org/10.5433/1984-7939.2023v8n1p116>
- Lima, C. B., & Serrano, A. (2024). Inteligência artificial generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na educação. *Transinformação*, 36, 1-12. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202436e2410839>
- Lisiak, C., & Webber, C. G. (2024). Explorando a IA generativa nas escolas: aprimorando habilidades de interpretação de dados. *Scientia cum Industria*, 13(2), 1-5. <https://doi.org/10.18226/23185279.e241320>
- Lösch, S., Rambo, C. A., & Ferreira, J. L. (2023). A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. *Revista Ibero-americana de Estudos em Educação*, 18, 1-18. <https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958>
- Machado, H., & Silva, S. (2024). *Desafios sociais e éticos da inteligência artificial no século XXI*. UMinho Editora.
- Martínez-Rolán, X., Cabezuelo-Lorenzo, F., & Oliveira, L. (2025). Los nuevos escenarios de la sociedad digital ante el desafío de la inteligencia artificial (IA) generativa. *Encontros Bibli*, 30, 1-7. <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2025.e105080>
- Mattos, J. M. (2024). Uso da inteligência artificial e outras tecnologias para facilitar o aprendizado da disciplina de Biologia. *Criar Educação*, 13(1), 48-55. <https://doi.org/10.18616/ce.v13i1.8526>
- Moura, A., & Carvalho, A. A. (2023). Literacia de prompts para potenciar o uso da inteligência artificial na educação. *Re@D – Revista de Educação à Distância e Elearning*, 6(2), 1-26. <https://doi.org/10.34627/redvol6iss2e202308>
- Ng, D. T., Chan, E. K., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100373>
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESDOC – Digital Library. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Paiva, R. S., Costa, A. P., & Reis, L. P. (2025). ChatGPT como catalisador do pensamento crítico e criativo. *Práxis Educativa*, 20, 1-23. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.20.24247.007>
- Pitanga, A. F. (2020). Pesquisa qualitativa ou quantitativa: refletindo sobre as decisões na seleção de determinada abordagem. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(17), 184-201. <https://doi.org/10.33361/RPQ.2020.v.8.n.17.299>
- Reis, E. (2021). *Estatística descritiva* (7ª ed.). Sílabo.
- República Portuguesa (2017). *Despacho n.º 6478 de 26 de julho de 2017. Homologa o perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Legislacao/2017\\_despacho\\_64.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Legislacao/2017_despacho_64.pdf)
- República Portuguesa (2018). *Decreto-Lei n.º 54 de 6 de julho de 2018. Estabelece o regime jurídico da educação inclusiva*. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/54-2018-115652961>
- Rodrigues, O. S., Tavares, O., Lopes, J. P., Castro, R. M. (2024). O ChatGPT e a (re)significação da escola: possibilidades e retrocessos. *Ensino e Tecnologia em Revista*, 8(3), 18-32. <https://doi.org/10.3895/etr.v8n3.18183>
- Tang, K.-S., & Putra, G. B. (2025). Generative AI as a dialogic partner: enhancing multiple perspectives, reasoning and argumentation in science education with customized chatbots. *Journal of Science Education and Technology*, 35, 128-140. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10240-1>

- União Europeia (2016). *Regulamento nº 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais*. <https://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>
- Veiga, F., & Andrade, A. (2019). *Inteligência artificial e educação: uma revisão sistemática da literatura*. Universidade Católica Portuguesa | CEDH – Documentos de Conferências. <http://hdl.handle.net/10400.14/38693>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society – The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Webb, M., & Galamba, A. (2026). Transforming pedagogy with genAI-supported formative assessment: challenges for teacher education. *British Journal of Educational Technology*, 1-17. <https://doi.org/10.1111/bjet.70051>
- Weiss, M. C. (2019). Sociedade sensoriada: a sociedade da transformação digital. *Estudos Avançados*, 33(95), 203-214. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3395.0013>

**COMPUTATIONAL THINKING AS AN EPISTEMOLOGICAL CATALYST: A THEORETICAL INTEGRATION BETWEEN MATHEMATICS EDUCATION AND TRANSDISCIPLINARITY**

**PENSAMENTO COMPUTACIONAL COMO CATALISADOR EPISTEMOLÓGICO: UMA ARTICULAÇÃO TEÓRICA ENTRE A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E A TRANSDISCIPLINARIDADE**

**PENSAMIENTO COMPUTACIONAL COMO CATALIZADOR EPISTEMOLÓGICO: UNA ARTICULACIÓN TEÓRICA ENTRE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA Y LA TRANSDISCIPLINARIEDAD**

**Marcos Salvatierra<sup>1</sup>, Karla Bandeira<sup>2</sup>, José Samo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Amazonas, Brazil

<sup>2</sup>Federal University of Amazonas, Brazil

<sup>3</sup>Pedagogical University of Maputo, Mozambique  
msalvatierra@uea.edu.br

**ABSTRACT** | Mathematics education continues to struggle with procedural fragmentation, decontextualized instruction, and an overreliance on mechanical reproduction. This article proposes Computational Thinking (CT) not as an isolated technical skill, but as an epistemological catalyst capable of transforming mathematical learning and fostering transdisciplinary practices. Grounded in the Theory of Objectification, the study theoretically integrates CT, transdisciplinarity, and semiotic mediation to reposition mathematics as a dynamic, culturally situated practice. Through conceptual synthesis and bibliographic analysis, we demonstrate how CT reconfigures learning through three interconnected mechanisms: (1) the semiotic externalization of mathematical reasoning via algorithms and computational models; (2) the cultivation of an investigative classroom ethos that normalizes iteration, debugging, and collaborative sense-making; and (3) the organic emergence of transdisciplinary inquiry by bridging mathematical formalization with complex real-world problems. The article further outlines practical implications for curriculum design, teacher preparation, process-oriented assessment, and educational equity, while cautioning against the reduction of CT to mere programming instruction. We conclude by proposing a methodological agenda for future empirical research, emphasizing longitudinal, cross-cultural, and design-based studies to validate and operationalize this theoretical framework. Ultimately, this work advocates for a paradigm shift in mathematics education, where CT functions as a transformative mediator that aligns disciplinary learning with the cognitive and ethical demands of 21st-century citizenship.

**KEYWORDS:** Problem solving, Critical thinking, Epistemology, Semiotic mediation, Investigative ethos.

**RESUMO** | A educação matemática enfrenta desafios persistentes relacionados à fragmentação curricular, à descontextualização dos conteúdos e à ênfase na reprodução mecânica de procedimentos. Este artigo propõe o Pensamento Computacional (PC) não como uma ferramenta técnica isolada, mas como um catalisador epistemológico capaz de transformar a aprendizagem matemática e fomentar práticas transdisciplinares. Ancorado na Teoria da Objetivação, o estudo integra teoricamente o PC, a transdisciplinaridade e a mediação semiótica para reposicionar a matemática como uma prática dinâmica e culturalmente situada. Por meio de síntese conceitual e pesquisa bibliográfica, demonstra-se como o PC reconfigura a aprendizagem por meio de três mecanismos interligados: (1) a externalização semiótica do raciocínio matemático via algoritmos e modelos computacionais; (2) o cultivo de um *ethos investigativo* na sala de aula, que normaliza a iteração, a depuração e a construção colaborativa de sentido; e (3) a emergência orgânica de investigações transdisciplinares, ao conectar a formalização matemática a problemas complexos do mundo real. O artigo detalha ainda implicações práticas para o desenho curricular, a formação de professores, a avaliação processual e a equidade educacional, alertando contra a redução do PC ao mero ensino de programação. Conclui-se propondo uma agenda de pesquisa empírica futura, com ênfase em estudos longitudinais, comparativos e baseados em design, para validar e operacionalizar este referencial teórico. Em síntese,

defende-se uma mudança de paradigma na educação matemática, na qual o PC atua como mediador transformador, alinhando a aprendizagem disciplinar às demandas cognitivas e éticas da cidadania contemporânea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resolução de problemas, Pensamento crítico, Epistemologia, Mediação semiótica, Ethos investigativo.

**RESUMEN** | La educación matemática enfrenta desafíos persistentes relacionados con la fragmentación curricular, la descontextualización de los contenidos y un enfoque excesivo en la reproducción mecánica de procedimientos. Este artículo propone el Pensamiento Computacional (PC) no como una herramienta técnica aislada, sino como un catalizador epistemológico capaz de transformar el aprendizaje matemático y fomentar prácticas transdisciplinarias. Fundamentado en la Teoría de la Objetivación, el estudio integra teóricamente el PC, la transdisciplinariedad y la mediación semiótica para reposicionar las matemáticas como una práctica dinámica y culturalmente situada. Mediante síntesis conceptual e investigación bibliográfica, se demuestra cómo el PC reconfigura el aprendizaje a través de tres mecanismos interconectados: (1) la externalización semiótica del razonamiento matemático mediante algoritmos y modelos computacionales; (2) el cultivo de un *ethos* investigativo en el aula que normaliza la iteración, la depuración y la construcción colaborativa de significados; y (3) la emergencia orgánica de indagaciones transdisciplinarias al vincular la formalización matemática con problemas complejos del mundo real. El artículo esboza además implicaciones prácticas para el diseño curricular, la formación docente, la evaluación procesual y la equidad educativa, advirtiendo contra la reducción del PC a la mera enseñanza de programación. Se concluye proponiendo una agenda de investigación empírica futura que priorice estudios longitudinales, comparativos y basados en *diseño* para validar y operacionalizar este marco teórico. En definitiva, se aboga por un cambio de paradigma en la educación matemática, donde el PC funcione como un mediador transformador que alinee el aprendizaje disciplinar con las demandas cognitivas y éticas de la ciudadanía del siglo XXI.

**PALABRAS CLAVE:** Resolución de problemas, Pensamiento crítico, Epistemología, Mediación semiótica, Ethos investigativo.

## 1. INTRODUCTION

In recent years, mathematics education faces persistent challenges manifested in curricular fragmentation, the decontextualization of content, and students' consequent resistance toward the subject. As noted by several authors (Budhatoki et al., 2025; Alrashidi & Alreshidi, 2026; Sujadi et al., 2025; Yang et al., 2025; Altarawneh, 2025), teaching practices in many countries remain centered on the reproduction of procedures. This persistence undermines the construction of meaning and reduces mathematics to a collection of techniques disconnected from real-world problems or other fields of knowledge. This scenario highlights the urgency of rethinking teaching models, which largely remain bound to isolated disciplinary approaches and fail to engage with the complexity of the contemporary world.

In this context, CT emerges as a fruitful alternative. Initially introduced by Wing (2006, 2008) as a fundamental mode of thought rather than a synonym for programming, CT emphasizes cognitive processes such as decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithmic design. The research landscape surrounding CT has evolved significantly, expanding from computer science into mathematics education as a fertile ground for 21st-century literacy (Yadav et al., 2016; Küçükkaydın et al., 2024; Pinheiro & Santos, 2025). Recent studies have begun to explore not only students' acquisition of problem-solving skills but also the broader epistemological and cognitive dimensions of this integration. Scholars have increasingly framed CT within the notion of computational literacies, highlighting how learners' engagement with digital tools mediates meaning-making and fosters more inclusive, critical, and reflective forms of disciplinary participation (Kafai & Proctor, 2022). Furthermore, emerging evidence suggests that CT-based pedagogies can significantly enhance cross-domain competencies and foster integrative thinking across STEM fields (Kong & Abelson, 2019; Buitrago-Flórez et al., 2021).

Despite these promising directions, empirical and theoretical discussions often treat CT as a technical scaffold or a standalone cognitive skill, overlooking its deeper role in shaping how mathematical knowledge is culturally and semiotically constituted. Most existing studies focus on performance metrics or procedural fluency, leaving the underlying processes of meaning-making and conceptual objectification underexamined. To address this gap, a theoretical lens is needed that moves beyond instrumental outcomes to explain how computational practices actively transform students' engagement with mathematical ideas. This necessity calls for an integrative framework that connects CT with established cultural-historical perspectives and transdisciplinary horizons, thereby repositioning mathematics as a dynamic, socially mediated practice.

Grounded in the Theory of Objectification (TO), this article advances precisely such a framework. The TO posits that mathematical knowledge is not individually internalized but gradually brought into conscious awareness through semiotic mediation – where signs, artifacts, and social interaction shape collective understanding (Radford, 2008, 2013, 2014, 2016). Within this perspective, CT functions not as a mere technical add-on, but as a rich semiotic infrastructure. Algorithms, computational models, and dynamic visualizations serve as cultural artifacts that externalize abstract reasoning, making it visible, negotiable, and open to refinement. Moreover, the iterative nature of computational work – characterized by debugging, testing, and collaborative revision – cultivates an investigative ethos that normalizes error, encourages intellectual risk-taking, and sustains dialogic engagement. When analyzed through the TO, these

CT-mediated practices reveal how learners co-construct mathematical meaning while developing the epistemic flexibility required to navigate complex, real-world problems.

The relevance of this discussion lies in recognizing that 21st-century citizens require competencies to confront challenges that extend beyond any single domain of knowledge. Mathematics, when connected to CT and examined through the TO, can be understood as a cultural practice that contributes to the formation of critical, creative individuals capable of traversing diverse knowledge domains. In this sense, this work aligns with the growing movement to value transdisciplinary approaches that acknowledge complexity as an essential epistemological horizon for contemporary education.

Thus, this article contributes by examining the epistemological role of CT in the constitution of mathematical knowledge, proposing an integrated theoretical model that articulates semiotic mediation, an investigative ethos, and transdisciplinarity. Rather than offering empirical findings, it synthesizes cultural-historical semiotics, transdisciplinary theory, and contemporary CT frameworks to reposition mathematics education. The argument is intended to stimulate scholarly dialogue and inform curriculum design, teacher education, and future empirical research.

## **2. ANCHORING COMPUTATIONAL THINKING IN SEMIOTICS AND TRANSDISCIPLINARITY**

The articulation developed in this article rests on a network of four interrelated dimensions: the reconceptualization of mathematics education, the epistemological nature of computational thinking, transdisciplinarity as an integrative horizon, and the TO as the analytical lens that binds them. Rather than treating these domains in isolation, this section synthesizes them into a coherent foundation for understanding CT as a transformative force in mathematical learning.

### **2.1 Mathematics education beyond algorithmia**

Traditional mathematics education has frequently been constrained by an emphasis on procedural fluency, algorithmic reproduction, and symbolic manipulation. This orientation risks reducing the discipline to a closed system of rules, detached from meaning, creativity, and authentic problem-solving. As the National Research Council (2001) emphasizes, mathematical proficiency requires conceptual understanding, adaptive reasoning, and the capacity to model real-world phenomena – competencies that remain underdeveloped when instruction prioritizes mechanical execution. Moving beyond what may be termed *algorithmia* necessitates reframing mathematics as a cultural and social practice. Drawing on socio-cultural perspectives, Radford (2008) posits that mathematical knowledge is not merely internalized individually but co-constructed through socially mediated activities involving language, artifacts, and signs. In this view, mathematics education must cultivate reasoning, conjecture, argumentation, and critical inquiry. Such a reconceptualization creates fertile ground for integrating computational thinking, as both domains share an orientation toward abstraction, modeling, and the dynamic construction of knowledge.

## **2.2 Computational Thinking as an epistemic practice**

Computational Thinking, initially framed by Wing (2006,2008) as a fundamental mode of thought comparable to literacy, transcends the narrow association with programming. It encompasses cognitive processes such as decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithmic design – strategies that structure problem-solving across diverse contexts. Subsequent frameworks, such as Brennan & Resnick’s (2012) tripartite model, expand CT to include conceptual knowledge, iterative practices (e.g., debugging, remixing), and perspectival shifts toward creativity and collaboration. When integrated into mathematics, CT functions not as a technical add-on but as a semiotic infrastructure that externalizes reasoning. Algorithms, models, and computational representations serve as cultural artifacts that make abstract mathematical ideas visible, negotiable, and open to refinement. This shift from technical training to epistemic practice positions CT as a meta-cognitive resource that amplifies students’ capacity to engage with mathematics as both a formal system and a tool for interpreting reality.

## **2.3 Transdisciplinarity as an epistemological horizon**

Contemporary societal challenges are inherently complex and cannot be adequately addressed within disciplinary silos. While multidisciplinary juxtaposes fields and interdisciplinarity fosters limited dialogue, transdisciplinarity seeks to unify knowledge through shared ontological and epistemological commitments (Nicolescu, 2002). It recognizes that authentic problem-solving requires the integration of mathematical, scientific, technological, and humanistic perspectives into coherent frameworks of understanding (Galati, 2023; Sue, 2024). Within mathematics education, transdisciplinarity challenges curricular compartmentalization and demands pedagogical approaches that mirror the interconnectedness of the real world. CT plays a pivotal role in this horizon by functioning as a mediating language that enables cross-domain dialogue. By providing cognitive and methodological tools to simulate, test, and refine complex systems, CT transforms transdisciplinarity from an abstract ideal into an operational necessity. Adopting this horizon requires cultivating dispositions of openness, critical reflection, and epistemic flexibility, positioning mathematics as a bridge rather than a barrier between knowledge domains.

## **2.4 The Theory of Objectification as the integrative lens**

The TO (Radford, 2008, 2013, 2014, 2016) offers a cultural-historical framework for understanding how mathematical knowledge emerges in classroom settings. Radford (2013, 2014) conceptualizes learning not as the internalization of pre-existing information, but as objectification – the process through which learners, mediated by signs, artifacts, and social interaction, gradually bring mathematical concepts into conscious awareness and shared understanding. Central to this process is semiotic mediation: tools such as algebraic notation, diagrams, or computational models do not merely transmit knowledge; they actively shape how meaning is constructed and negotiated. Equally important is the notion of ethos, which refers to the collective norms, values, and dispositions that structure the learning environment (Amundrud et al., 2022; Ting & Wang, 2026). A classroom ethos that values exploration, tolerates error, and encourages collaboration creates optimal conditions for objectification to occur. Viewed through this lens, CT is neither a purely technical skill nor an isolated cognitive competence. Rather, it is a socio-cultural practice that enriches the semiotic landscape of mathematics education, aligns with

the iterative and collaborative nature of knowledge construction, and provides the structural conditions for students to objectify complex mathematical ideas (Radford, 2016). This theoretical integration establishes the foundation for examining how CT operates as an epistemological catalyst, a theme developed in Section 4.

## 2.5 Operational definitions of core constructs

To ensure conceptual clarity before examining pedagogical implications, this article adopts the following operational descriptions of its three foundational constructs:

- i. *Semiotic mediation* refers to the process by which cultural artifacts (e.g., algorithms, dynamic visualizations, formal notations) structure cognitive activity and enable the externalization, negotiation, and iterative refinement of mathematical reasoning. Operationally, it functions as a representational mechanism that transforms internal cognition into shared, observable, and modifiable artifacts.
- ii. *Investigative ethos* denotes the collectively established classroom norms that systematically treat error, iteration, and collaborative debugging as constitutive of knowledge construction rather than as deviations from procedural correctness. Operationally, it manifests through pedagogical routines that prioritize hypothesis testing, version control, and dialogic critique over compliance with predetermined solution paths.
- iii. *Transdisciplinarity* is understood as an epistemological orientation that dissolves rigid disciplinary boundaries by requiring the simultaneous mobilization of multiple knowledge systems to address complex, ill-structured problems. Operationally, it emerges when learning tasks demand the integration of mathematical formalization, scientific modeling, and contextual reasoning within a unified problem-solving framework.

These definitions delineate the conceptual boundaries of the constructs that will be examined in the following sections. Their pedagogical implications, structural reconfigurations, and relationships with computational thinking are addressed separately in Sections 4 and 5.

## 3. METHODOLOGICAL APPROACH

This study adopts a qualitative, theoretical-analytical approach grounded in a bibliographic research. Rather than generating empirical data through fieldwork or experimentation, the research proceeds through conceptual elaboration and critical synthesis of theoretical frameworks. This methodological choice is justified by the nature of the research problem: the aim is not to measure or observe specific educational outcomes, but to construct an integrated theoretical understanding of how CT can function as an epistemological catalyst in mathematics education, particularly when examined through the lens of the TO.

The bibliographic corpus was assembled through searches conducted in Scopus database, using the descriptors “computational thinking,” “mathematics education,” “Theory of Objectification,” “semiotic mediation,” “transdisciplinarity,” and “epistemology in education.” Priority was given to open-access peer-reviewed articles published in the last two decades (2006-2026), and foundational theoretical works, with particular attention to seminal contributions Wing (2006), Radford (2013), and Nicolescu (2002), that anchor the conceptual framework of the study. The selection criteria emphasized theoretical relevance, methodological rigor, and direct engagement with the intersection of CT and mathematics education.

The analytical procedure followed three interrelated steps. First, a conceptual mapping was conducted to identify and delineate the core theoretical constructs at stake: CT as a form of thought, the TO's notions of objectification, semiotic mediation, and ethos, and the epistemological principles underlying transdisciplinarity. Second, the relationships among these constructs were examined through a process of theoretical triangulation, in which insights from multiple theoretical traditions – cultural-historical theory, semiotics, and philosophy of education – were brought into dialogue to illuminate the epistemological role of CT. Third, the articulations identified were interpreted in terms of their implications for educational practice, including curriculum design, teacher education, and assessment.

This theoretical-integrative approach is consistent with established practices in educational research, where the construction of conceptual frameworks constitutes a rigorous and productive form of scholarly inquiry (Jabareen, 2009). By drawing systematically on a diverse body of literature and subjecting it to critical interpretive analysis, the study aims to generate theoretically grounded insights that can orient both future empirical research and the practical transformation of mathematics education. The contribution of this methodology lies not in the production of statistical or experimental evidence, but in the elaboration of a coherent theoretical architecture that repositions CT as a meaningful epistemological and pedagogical resource.

#### **4. HOW COMPUTATIONAL THINKING RECONFIGURES MATHEMATICAL LEARNING**

Building on the theoretical integration established in Section 2, this section advances three structured propositions that articulate how CT operates as an epistemological catalyst in mathematics education. Rather than presenting observational or empirical claims, these propositions synthesize cultural-historical semiotics, transdisciplinary theory, and contemporary CT frameworks to theorize the mechanisms through which computational practices transform mathematical learning.

##### **4.1 The semiotic mediation of Computational Thinking**

CT introduces a rich set of semiotic resources that expand how mathematical concepts are represented, manipulated, and shared. Processes such as decomposition, abstraction, and algorithmic design function not merely as technical steps but as semiotic actions that structure complex ideas into executable forms. When students construct an algorithm or a computational model, they produce symbolic artifacts that encapsulate their reasoning, making it visible, negotiable, and open to refinement (Weintrop et al., 2016; Brennan & Resnick, 2012). From the perspective of objectification, these artifacts serve as cultural mediators that bridge internal cognitive processes and shared mathematical understanding (Radford, 2013). Unlike traditional mathematics instruction, which often relies heavily on static symbolic notation, CT enriches the semiotic landscape through dynamic visualizations, interactive simulations, and executable models. These representations enable learners to test hypotheses, observe systemic behaviors, and iteratively adjust parameters. For instance, modeling the spread of an epidemic requires students to translate biological assumptions into mathematical structures (e.g., differential equations or recursive algorithms) and then operationalize them computationally. The resulting simulation does not merely calculate outcomes; it externalizes the underlying mathematical relationships, allowing students to interrogate assumptions, identify contradictions, and

collaboratively refine their models. In this way, CT shifts learning from the passive application of formulas to the active construction of meaning, positioning mathematical knowledge as an evolving artifact of social and semiotic negotiation.

#### **4.2 Cultivating an investigative ethos**

Beyond its representational capacity, CT fundamentally reshapes the normative and affective dimensions of the learning environment. The iterative practices inherent to computational work – debugging, versioning, testing, and remixing – establish a classroom culture where error is reframed as an essential component of inquiry rather than a marker of failure. This contrasts sharply with traditional mathematics settings, where mistakes are frequently stigmatized and compliance is prioritized over exploration (Khasawneh et al., 2023; Kyaruzi et al., 2020).

For instance, when ninth grade students program a Scratch simulation to model population growth under resource constraints, an unexpected population crash reveals a logical flaw in their birth-rate condition. Rather than signaling failure, this “bug” becomes a object of collective inquiry: students trace variable updates, debate alternative formulations, and revise the algorithm collaboratively. Through this debugging cycle, error ceases to be a personal deficit and becomes a semiotic resource that deepens mathematical objectification.

Within a CT-infused classroom, the learning ethos becomes one of systematic experimentation. Students are encouraged to formulate conjectures, implement them computationally, analyze discrepancies, and revise their approaches. This cycle cultivates resilience, metacognitive awareness, and intellectual risk-taking. Moreover, computational tasks are inherently collaborative: learners share code, critique algorithmic efficiency, and co-construct solutions. Such distributed problem-solving not only manages cognitive complexity but also fosters dialogic engagement, mutual accountability, and the collective negotiation of meaning. By normalizing iteration and collaborative sense-making, CT transforms the classroom into a community of practice where curiosity, persistence, and epistemic agency become the defining norms of mathematical engagement.

#### **4.3 Transdisciplinarity as an intrinsic outcome**

A further consequence of integrating CT into mathematics education is the natural emergence of transdisciplinary learning. Contemporary challenges are rarely confined to single disciplines, and their resolution demands the simultaneous mobilization of diverse knowledge systems. CT provides the methodological scaffolding that enables this integration, functioning as a cognitive bridge across domains (Nicolescu, 2002). Because computational modeling inherently requires the identification of variables, the formulation of relationships, and the simulation of dynamic systems, it organically compels learners to draw upon multiple fields of knowledge.

For instance, consider a classroom activity in which students develop a computational model to simulate deforestation dynamics in the Amazon. To construct the model, they must integrate mathematical reasoning (e.g., rates of change and proportionality), ecological knowledge (e.g., vegetation recovery and human impact), and algorithmic logic (e.g., conditional rules governing land use). As students iteratively refine their simulations and compare outcomes, the computational artifact functions as a semiotic mediator through which assumptions are

externalized, contested, and collectively objectified, making transdisciplinary reasoning both necessary and observable.

Similar dynamics emerge in contexts such as urban traffic flows or ecological predator-prey systems. Addressing such problems requires students to integrate mathematical formalization, scientific principles, and computational simulation within a unified framework. The complexity of the task itself dictates that disciplinary boundaries be crossed, not as an external curricular mandate, but as an epistemic necessity. Through CT, learners develop cognitive flexibility and the capacity for abstraction that allows them to transfer reasoning strategies across contexts. Transdisciplinarity, therefore, ceases to be an imposed pedagogical ideal and instead emerges as a structural consequence of authentic, computationally mediated inquiry. This alignment between CT practices and transdisciplinary problem-solving prepares students to navigate interconnected knowledge landscapes with analytical rigor and adaptive competence.

## **5. TRANSLATING THEORY INTO EDUCATIONAL PRACTICE**

The theoretical articulation of CT as a semiotic and cultural mediator carries direct implications for the structural organization of mathematics education. Moving from conceptual foundations to pedagogical practice requires deliberate shifts in curriculum design, teacher preparation, assessment paradigms, and equity frameworks. This section outlines how these dimensions must be reconfigured to sustain the epistemological potential of CT.

### **5.1 Curricular reorientation**

Traditional mathematics curricula, often organized around rigid disciplinary boundaries and sequential content delivery, limit opportunities for authentic problem-solving. Reorienting these structures toward inquiry-based, problem-centered learning enables mathematics to function as a dynamic system of knowledge mobilized for real-world interpretation (Chan et al., 2023; Weintrop et al., 2016). This shift does not dissolve disciplinary identities but fosters intentional bridges that position mathematical reasoning within broader epistemic networks. Learning tasks should be designed to activate semiotic mediation and collaborative inquiry, such as computational modeling of ecological systems or urban dynamics. Such integrative experiences move students beyond procedural rehearsal, engaging them in authentic intellectual work that mirrors the complexity of contemporary challenges (Finch et al., 2021; Kirk et al., 2023).

### **5.2 Teacher education**

Educator preparation emerges as a critical lever for sustainable transformation. Many mathematics teachers have been trained within disciplinary silos and may initially perceive CT as an external technical requirement rather than a pedagogical resource (Israel et al., 2022; Kite & Park, 2023). Professional development must therefore prioritize conceptual clarity alongside pedagogical strategy, helping teachers recognize CT as a mode of reasoning that enriches mathematical inquiry. Effective preparation programs should model the integration of computational artifacts into classroom discourse, equip educators with frameworks for facilitating iterative problem-solving, and cultivate their capacity to design tasks that promote semiotic externalization and transdisciplinary connections.

### **5.3 Assessment practices**

Conventional assessment models, which predominantly measure procedural accuracy and recall, are misaligned with the epistemic processes fostered by CT-infused mathematics education (Grover, 2017; Weintrop et al., 2021). Evaluative frameworks must be redesigned to capture the dynamics of knowledge objectification, collaborative reasoning, and transdisciplinary application. Process-oriented approaches – such as learning portfolios, project-based evaluations, and reflective documentation – offer more valid mechanisms for tracking how students construct, test, and refine computational-mathematical models. These practices shift the evaluative focus from product compliance to cognitive development, aligning assessment with the iterative and dialogic nature of CT.

### **5.4 Equity and access**

The integration of CT into mathematics education carries significant implications for educational equity. When CT is narrowly equated with coding proficiency, access becomes contingent on prior technological exposure, inadvertently reproducing existing socioeconomic disparities (Tran, 2019). Conversely, framing CT as a form of reasoning and semiotic practice democratizes participation. By emphasizing abstraction, modeling, and collaborative problem-solving over language-specific syntax, educators can create inclusive learning environments that value diverse cognitive approaches and prior knowledge. This perspective positions CT not as a barrier but as a catalyst for broadening mathematical participation across varied student populations.

### **5.5 Guarding against reductionism**

A persistent challenge in educational policy and practice is the conflation of CT with programming instruction (Ou et al., 2023). While coding provides a valuable context for developing computational skills, equating the two obscures the broader epistemological dimensions of CT. Reductionist interpretations strip CT of its capacity to function as a semiotic mediator, an ethos-shaping practice, and a bridge to transdisciplinary inquiry. Sustaining the transformative potential outlined in this article requires deliberate resistance to this narrowing. Curriculum designers, policymakers, and educators must prioritize CT as a cognitive and cultural framework, ensuring that its integration into mathematics education remains anchored in meaning-making, critical inquiry, and epistemic flexibility rather than technical compliance.

### **5.6 Broader educational aims**

Collectively, these implications reposition mathematics education within the broader aims of 21st-century learning. In an era defined by interconnected complexities, students require not only disciplinary knowledge but also the adaptive competence to navigate uncertainty, synthesize diverse perspectives, and engage in sustained inquiry (Dwijayanti et al., 2026). By aligning curriculum, teacher education, assessment, and equity initiatives with the epistemological affordances of CT, mathematics education can evolve into a more integrative, responsive, and culturally situated practice.

## 5.7 Educational contextualization, empirical evidence and pedagogical strategies

Translating the CT construct from a theoretical framework into classroom practice requires explicit anchoring in real educational contexts, where educators routinely face challenges such as curricular fragmentation, the scarcity of validated assessment instruments, and pedagogical resistance to shifting away from strictly disciplinary, rule-based paradigms. Recent empirical studies in K–12 settings corroborate the necessity of repositioning CT beyond syntactic programming, framing it instead as an epistemic practice mediated by cultural artifacts and iterative cycles of inquiry.

In Nigerian upper-secondary education, Yusuf et al. (2026) developed and validated the *Quantum Literacy Test* (QLt) with 819 students, demonstrating that extending CT into non-binary domains (e.g., superposition, entanglement, quantum algorithms) necessitates moving beyond self-reported assessments toward robust psychometric instruments. Their findings indicate that domain-specific literacy is only partially predicted by general cognitive abilities, underscoring the need for targeted pedagogical strategies that externalize abstract concepts through semiotic mediation. Concurrently, in Israeli elementary schools, Shamir and Levin (2026) implemented a 60-hour constructionist curriculum aligned with the AI4K12 framework, engaging 209 students (ages 11–12) in building predictive machine learning systems. Their results revealed statistically significant gains in ML-related computational concepts, practices, and perspectives, demonstrating that early, scaffolded exposure to data-driven paradigms is both pedagogically viable and cognitively transformative.

These empirical experiences offer concrete strategies that align directly with the theoretical mechanisms proposed in this article:

- I. **Semiotic mediation and conceptual objectification:** Both studies operationalize abstract reasoning through tangible artifacts and visual representations that function as semiotic bridges. Yusuf et al. (2026) employ unplugged activities – such as spinning doughnuts to model superposition, reversibility cards, human simulations of quantum gates, and numbered balloons for search algorithms – that render mathematical-computational logic visible, negotiable, and open to collective refinement. Similarly, Shamir and Levin (2026) introduce a *Feature Mapping* task, wherein students collaboratively construct mind maps of visual attributes prior to computational modeling. This activity explicitly externalizes the decomposition process, aligning directly with the Theory of Objectification’s emphasis on making internal reasoning socially shared and materially anchored.
- II. **Cultivating an investigative ethos:** The iterative nature of CT is materialized through cycles of training, validation, and model tuning that systematically normalize error and epistemic uncertainty. Shamir and Levin (2026) highlight the *Definitive Output* strategy, which empowers students to establish their own criteria for model adequacy. This shifts the focus from algorithmic perfection to processual understanding, thereby sustaining self-efficacy amid non-deterministic outcomes. Yusuf et al. (2026) observed that collaborative debugging and hypothesis revision during hands-on simulations fostered a classroom climate of intellectual risk-taking and mutual accountability, directly mirroring the investigative ethos proposed in this article.
- III. **Authentic transdisciplinary emergence:** Rather than being confined to isolated computer labs, these activities emerge from complex, open-ended problems that demand the

simultaneous mobilization of mathematics, scientific reasoning, and ethical reflection. The detection of algorithmic bias in training datasets (Shamir & Levin, 2026) and the modeling of search efficiency or cryptographic principles (Yusuf et al., 2026) require learners to integrate formal mathematical structures, empirical scientific principles, and critical awareness of societal impact. In doing so, transdisciplinarity ceases to be an imposed curricular mandate and instead becomes an epistemic necessity of authentic computational practice.

The integration of these empirical findings and pedagogical strategies demonstrates that CT, when operationalized through intentional semiotic mediation, collaborative debugging cycles, and anchoring in authentic problems, fully realizes its potential as an epistemological catalyst. To advance the empirical validation of the theoretical framework proposed herein, future research should prioritize longitudinal and design-based methodologies that monitor not only technical proficiency, but also the evolution of conceptual objectification, the transformation of classroom ethos, and students' growing capacity to navigate knowledge domains with epistemic flexibility.

## 6. CONCLUSION

This article has advanced a theoretical integration positioning computational thinking as a transformative mediator in mathematics education. By anchoring CT within a cultural-historical semiotic framework, the analysis demonstrates how computational practices reconfigure mathematical learning from procedural reproduction to dynamic, culturally situated meaning-making. Rather than functioning as a technical supplement, CT operates through three interconnected pathways: it expands the semiotic resources available for externalizing reasoning, fosters classroom norms that treat iteration and error as constitutive of inquiry, and renders transdisciplinary engagement an organic outcome of authentic problem-solving. Together, these mechanisms illustrate how computational practices can bridge formal mathematical structures and the complex, interconnected challenges of contemporary contexts.

Realizing this potential requires deliberate structural alignment. Curricular designs must prioritize problem-centered inquiry, teacher preparation should foreground CT as a mode of reasoning rather than syntax mastery, and assessment frameworks need to capture epistemic processes alongside procedural competence. Equally critical is maintaining a conception of CT that resists reduction to programming, ensuring its integration remains aligned with broader educational aims of criticality, collaboration, and epistemic flexibility.

As a theoretical essay, this study does not address the empirical dimensions of classroom implementation, which constitutes a methodological limitation. Nevertheless, the theoretical articulation developed here establishes a foundation that now requires systematic empirical validation. To advance the field beyond theoretical articulation and performance-based metrics, future research should prioritize four interconnected methodological pathways:

- I. Longitudinal investigations of epistemic development: Sustained tracking of classrooms integrating CT into mathematics is needed to examine how students' semiotic reasoning, collaborative dispositions, and transdisciplinary problem-solving capacities evolve over time. Longitudinal designs would help clarify causal pathways between CT-infused pedagogies and the gradual cultivation of an investigative ethos, moving beyond cross-

- sectional outcome measures to capture deeper cognitive and cultural shifts in how learners engage with mathematical knowledge.
- II. Cross-cultural and cross-level comparative studies: The mediating role of CT may be moderated by contextual variables, including institutional norms, cultural attitudes toward error and collaboration, and varying levels of technological access. Comparative research across educational stages and diverse sociocultural settings would help delineate which mechanisms of semiotic mediation and ethos transformation are robust and which require contextual adaptation. Such studies would refine the framework's applicability and inform culturally responsive implementation strategies.
  - III. Intersections with emerging technologies: as artificial intelligence, data science, and advanced simulation environments become increasingly accessible, research must explore how these tools expand the semiotic repertoire available for mathematical objectification. Empirical studies should investigate how AI-assisted modeling, automated feedback systems, and interactive data visualization reshape students' engagement with abstraction, algorithmic design, and cross-domain reasoning. This line of inquiry would clarify whether emerging technologies amplify or complicate the epistemological functions of CT.
  - IV. Design-based research for instructional sequences: Bridging theory and practice requires iterative, classroom-embedded research. Design-based studies can develop, test, and refine instructional sequences that operationalize the principles of semiotic mediation, iterative inquiry, and transdisciplinary integration outlined in this article. Such research would yield actionable pedagogical models, assessment rubrics, and teacher facilitation strategies that translate theoretical constructs into scalable classroom practices. Mixed-methods approaches, combining multimodal learning analytics with ethnographic observation, would be particularly well-suited to capture both quantitative learning progressions and the qualitative nuances of collaborative meaning-making.

Advancing this empirical agenda will not only test the theoretical propositions advanced here but also generate evidence-based guidelines for curriculum design, teacher preparation, and assessment reform. By grounding the conceptual framework in systematic classroom research, the field can move toward a more cohesive, culturally responsive, and epistemologically integration of CT in mathematics education.

## REFERENCES

- Alrashidi, O., Alreshidi, N. (2026). English and mathematics teachers' integration of 21st century skills into their instruction: reality and barriers in the Saudi context. *Humanities and Social Sciences Communications*, 13(1), 40. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-06240-6>.
- Altarawneh, A.F. (2025). Adoption of the steam approach in grade school mathematics instruction: Insights and challenges from math teachers' perspectives. *International Journal of Education and Practice*, 13(2), 637–652. <https://doi.org/10.18488/61.v13i2.4121>.
- Amundrud, A., Rasmussen, I., Warwick, P. (2022). Teaching talk for learning during co-located microblogging activities. *Learning, Culture and Social Interaction*, 34, 100618. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2022.100618>.
- Brennan, K., Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada, vol. 1, p. 25.

- Budhathoki, D., Pant, B.P., Luitel, B.C. (2025). Learning experiences: A hidden curriculum for novice mathematics teachers. *Asian Journal for Mathematics Education*, 4(4), 435–461. <https://doi.org/10.1177/27527263251393744>.
- Buitrago-Flórez, F., Danies, G., Restrepo, S., Hernández, C. (2021). Fostering 21st century competences through computational thinking and active learning: A mixed method study. *International Journal of Instruction*, 14(3), 737–754. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14343a>.
- Chan, S.-W., Looi, C.-K., Ho, W.K., Kim, M.S. (2023). Tools and approaches for integrating computational thinking and mathematics: A scoping review of current empirical studies. *Journal of Educational Computing Research*, 60(8), 2036–2080. <https://doi.org/10.1177/07356331221098793>.
- Dwijayanti, R., Sugeng, B., Suharsono, N., Rahayu, W.P., Marlina, N. (2026). Adopting 21st century learning in entrepreneurship education: The role of teachers' professional commitment. *Multidisciplinary Reviews*, 9(8), 2026345. <https://doi.org/10.31893/multirev.2026345>.
- Finch, L., Moreno, C., Shapiro, R.B. (2021). Luminous science: Teachers designing for and developing transdisciplinary thinking and learning. *Cognition and Instruction*, 39(4), 512–560. <https://doi.org/10.1080/07370008.2021.1945064>.
- Galati, E. (2023). Some links between transdisciplinarity and scientific research. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 2, 89. <https://doi.org/10.56294/sctconf202389>.
- Grover, S. (2017). Assessing Algorithmic and Computational Thinking in K-12: Lessons from a Middle School Classroom. In Rich, P.J. & Hodges, C.B. (eds.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations* (pp. 269–288). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_17).
- Israel, M., Liu, R., Yan, W., Sherwood, H., Martin, W., Fancsali, C., Rivera-Cash, E., Adair, A. (2022). Understanding barriers to school-wide computational thinking integration at the elementary grades: lessons from three schools. In Ottenbreit-Leftwich, A. & Yadav, A. (Eds.), *Computational Thinking in PreK-5: Empirical Evidence for Integration and Future Directions* (pp. 64–71). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA <https://doi.org/10.1145/3507951.3519289>.
- Jabareen, Y. (2009). Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4), 49-62. <https://doi.org/10.1177/160940690900800406>.
- Kirk, M., Tytler, R., White, P. (2023). Critical thinking in primary science through a guided inquiry pedagogy: A semiotic perspective. *Teachers and Teaching*, 29(6), 615–637. <https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2191181>.
- Küçükaydın, M.A., Çite, H., Ulum, H. (2024). Modelling the relationships between STEM learning attitude, computational thinking, and 21st century skills in primary school. *Education and Information Technologies*, 29(13), 16641–16659. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12492-7>.
- Kafai, Y.B., Proctor, C. (2022). A reevaluation of computational thinking in k–12 education: Moving toward computational literacies. *Educational Researcher*, 51(2), 146–151. <https://doi.org/10.3102/0013189X211057904>.
- Khasawneh, A.A., Al-Barakat, A.A., Almahmoud, S.A. (2023). The impact of mathematics learning environment supported by error-analysis activities on classroom interaction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(2), 2227. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12951>.
- Kite, V., Park, S. (2023). What's computational thinking?: Secondary science teachers' conceptualizations of computational thinking (CT) and perceived barriers to CT integration. *Journal of Science Teacher Education*, 34(4), 391–414. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2110068>.
- Kong, S.-C., Abelson, H., Lai, M. (2019). Introduction to Computational Thinking Education. In Kong, S.-C. & Abelson H. (Eds.), *Computational Thinking Education* (pp. 1–10). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_1).

- Kyaruzi, F., Strijbos, J.-W., Ufer, S. (2020). Impact of a short-term professional development teacher training on students' perceptions and use of errors in mathematics learning. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.559122>.
- National Research Council. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. National Academy Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/9822>.
- Nicolescu, B. *Manifesto of Transdisciplinarity*. (2002). SUNY Press, Albany, NY.
- Ou, Q., Liang, W., He, Z., Liu, X., Yang, R., Wu, X. (2023). Investigation and analysis of the current situation of programming education in primary and secondary schools. *Heliyon*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15530>.
- Pinheiro, M. M., Santos, V. (2025). Integrating computational thinking and artificial intelligence into mathematics education: A pathway for the 21st-century. In Reis, A., Cravino, J.P., Hadjileontiadis, L., Martins, P., Dias, S.B., Hadjileontiadou & S., Mikropoulos, T. (Eds.), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education* (pp. 82–92). Springer, Cham.
- Radford, L. (2008). Iconicity and contraction: a semiotic investigation of forms of algebraic generalizations of patterns in different contexts. *ZDM – Mathematics Education*, 40(1), 83–96. <https://doi.org/10.1007/s11858-007-0061-0>.
- Radford, L. (2013). Three key concepts of the theory of objectification: Knowledge, knowing, and learning. *Journal of Research in Mathematics Education*, 2(1), 7–44. <https://doi.org/10.4471/redimat.2013.19>.
- Radford, L. (2014). De la teoría de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2), 132–150. <https://www.revista.etnomatematica.org/index.php/RevLatEm/article/view/123>.
- Radford, L. (2016). The theory of objectification and its place among sociocultural research in mathematics education. *Revista Internacional de Pesquisa Em Educação Matemática*, 6(2), 187–206. <https://www.sbemrasil.org.br/periodicos/index.php/ripem/article/view/1219>.
- Shamir, G., & Levin, I. (2026). Cultivating Machine Learning-Related Computational Thinking in Elementary School. *Thinking Skills and Creativity*, 102177. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2026.102177>.
- Sue, L.T.M. (2024). Nicolescu's transdisciplinary logic: Inclusivity and complexity. *KOME*, 12(1), 3–17. <https://doi.org/10.17646/KOME.of.6>.
- Sujadi, I., Suprihatiningsih, S., Irfan, M., Pepkolaj, L. (2025). Pre-service mathematics teachers: Designing context-based tasks. *Infinity Journal*, 14(4), 995–1018. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i4.p995-1018>.
- Ting, T.-Y., Wang, Y. (2026). From play to performance: Cultural–pedagogical frictions in transmedia edutainment in Hong Kong higher education. *Education Sciences*, 16(1), 72. <https://doi.org/10.3390/educsci16010072>.
- Tran, Y. (2019). Computational thinking equity in elementary classrooms: What third-grade students know and can do. *Journal of Educational Computing Research*, 57(1), 3–31. <https://doi.org/10.1177/0735633117743918>.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>.
- Weintrop, D., Rutstein, D.W., Bienkowski, M., McGee, S. (2021). Assessing computational thinking: an overview of the field. *Computer Science Education*, 31(2), 113–116. <https://doi.org/10.1080/08993408.2021.1918380>.
- Wing, J.M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, J.M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.

- Yadav, A., Hong, H., Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565–568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>.
- Yang, X., Li, X., Deng, Z., Kaiser, G. (2025). Obstacles to in-service chinese high school mathematics teachers' implementation of mathematical modelling in classrooms: an empirical investigation of teachers' perspectives. *ZDM – Mathematics Education*, 57(2), 535–551. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01660-9>.
- Yusuf, A., Román-González, M., Atan, N. A., Behera, S. K., & Noor, N. M. (2026). Development of a Quantum Literacy Test for K-12 Students: An Extension of the Computational Thinking Framework. *Education Sciences*, 16(1), 31. <https://doi.org/10.3390/educsci16010031>.

**INCLUSION IN SCIENCE EDUCATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ESSENTIAL  
LEARNING IN PHYSICS AND CHEMISTRY IN THE 12<sup>TH</sup>-GRADE IN PORTUGAL**

**INCLUSÃO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DAS APRENDIZAGENS  
ESSENCIAIS DE FÍSICA E QUÍMICA NO 12.º ANO EM PORTUGAL**

**INCLUSIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS  
APRENDIZAJES ESENCIALES DE FÍSICA Y QUÍMICA EN EL 12.º CURSO EN PORTUGAL**

**Ana Maia Fernandes<sup>1</sup>, Sandra Soares<sup>1</sup> & Sofia Cardim<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade da Beira Interior, Portugal & CIEQV, Politécnico de Santarém, Portugal

<sup>2</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Portugal  
sofiacardim@ipb.pt

**ABSTRACT** | Essential Learning (EL) guides science teaching in the Portuguese education system by shaping the selection and application of scientific knowledge. This study comparatively analyses 12<sup>th</sup>-grade ELs in Physics and Chemistry, identifying convergences and divergences in the History of Science, socioscientific issues, STEM orientation and inclusive approaches, with particular attention to gender. A mixed-methods approach was adopted, based on documentary analysis of official curriculum texts. The results reveal differences in the operationalisation of shared curricular principles: Chemistry emphasises socioscientific contextualisation and argumentation, while Physics adopts a more formal, technocentric approach. Although ELs does not constitute a normative barrier to inclusion, these differences have implications for teaching practice, calling for deliberate pedagogical choices that support equitable science education and scientific literacy.

**KEYWORDS:** Essential Learning, Chemistry, Physics, Gender, Upper Secondary Education.

**RESUMO** | As Aprendizagens Essenciais (AE) constituem o referencial curricular que orienta o ensino das ciências no sistema educativo português, influenciando a seleção e aplicação do conhecimento científico. O presente estudo analisa comparativamente as AE de Física e de Química do 12.º ano, identificando convergências e divergências na História da Ciência, na dimensão socio-científica, na orientação STEM e na promoção de abordagens inclusivas, com particular atenção à questão do género. Recorreu-se a uma metodologia mista, baseada na análise documental de textos curriculares oficiais. Os resultados evidenciam diferenças na operacionalização dos princípios curriculares comuns, destacando-se maior centralidade da contextualização socio-científica e da argumentação na Química, em contraste com uma abordagem mais formal e tecnocêntrica na Física. Conclui-se que, embora as AE não constituam um obstáculo normativo à inclusão, estas diferenças têm implicações para a prática docente, exigindo opções pedagógicas conscientes que favoreçam uma educação científica mais equitativa e a literacia científica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagens Essenciais, Química, Física, Género, Ensino Secundário.

**RESUMEN** | Los Aprendizajes Esenciales (AE) constituyen el marco curricular que orienta la enseñanza de las ciencias en el sistema educativo portugués e influyen en la selección y aplicación del conocimiento científico. Este estudio analiza comparativamente los AE de Física y Química del 12.º curso, identificando convergencias y divergencias en la Historia de la Ciencia, la dimensión sociocientífica, la orientación STEM y la promoción de enfoques inclusivos, con especial atención a la cuestión del género. Se utilizó una metodología mixta, basada en el análisis documental de textos curriculares oficiales. Los resultados muestran diferencias en la aplicación de los principios curriculares comunes, destacando una mayor centralidad de la contextualización sociocientífica y la argumentación en Química, frente a un enfoque más formal y tecnocéntrico en Física. Se concluye que, aunque las AE no constituyen un obstáculo normativo para la inclusión, estas diferencias tienen implicaciones para la práctica docente y la alfabetización científica.

**PALABRAS CLAVE:** Aprendizajes Esenciales, Química, Física, Género, Enseñanza Secundaria.

## 1. INTRODUCTION

In the current paradigm of science education, curricular frameworks play a central role in shaping the image of science conveyed to students. In Portugal, the Essential Learning (EL) (*Aprendizagens Essenciais* [AE]) constitute the normative framework that guides planning and assessment, aiming at the development of competencies aligned with the Student Profile at the End of Compulsory Schooling (*Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória* [PASEO], 2017), which go beyond the purely conceptual domain. In the 12<sup>th</sup>-grade of upper secondary education, Physics and Chemistry are offered as optional subjects that deepen the scientific education initiated earlier in secondary school, aiming to provide a comprehensive and up-to-date view of core areas of scientific knowledge.

The Physics curriculum is anchored in the interpretation of natural phenomena and technological devices through theoretical models of Classical Mechanics and Modern Physics. In contrast, Chemistry is presented as a central science with a markedly socioscientific orientation, focused on its interface with other disciplinary areas, such as Biology and Engineering. Its curriculum emphasises understanding new materials, fuels, and plastics in line with the principles of sustainability and the responsible use of resources.

The divergence in the operationalisation of these two subjects raises critical questions regarding equity and inclusion in science education. The literature suggests that how science is narrated influences students' sense of belonging and motivation, particularly regarding gender-related issues. Gourlay and Mujtaba (2025) argue that physics curricula frequently operate as a gatekeeping mechanism, with curricular and assessment decisions that are perceived as androcentric and Eurocentric contributing to the persistent underrepresentation of girls in post-compulsory physics. This pattern has remained largely stable over the past three decades despite successive curricular reforms.

Although existing studies have analysed gender representation in science textbooks and students' perceptions of physics and chemistry, systematic comparative analyses of the curricular frameworks that guide these subjects at the upper secondary level remain scarce in the Portuguese context. Specifically, no study has yet examined how the Essential Learning documents for Physics and Chemistry operationalise, or constrain, inclusive and gender-equitable pedagogical approaches at the 12<sup>th</sup>-grade level. This study addresses this gap by providing a document-based comparative analysis that maps the epistemological and narrative choices embedded in these normative texts, contributing empirical evidence to inform curriculum revision and teacher practice.

Against this backdrop, the present article provides a comparative analysis of the ELs for Physics and Chemistry in the 12<sup>th</sup>-grade. The aim is to understand how these documents, as instruments of educational policy, foster or constrain the implementation of inclusive pedagogical practices.

## 2. THEORETICAL FRAMEWORK

This study assumes that curriculum frameworks are not epistemologically neutral and that the way scientific knowledge is structured, narrated, and contextualised influences students' perception of science, their sense of belonging, and the reproduction of gender inequalities.

For this study, inclusion is understood as the active creation of curricular and pedagogical conditions that enable all students, regardless of gender, cultural background, or social identity, to develop a sense of belonging, participation, and identification with science (Godec et al., 2017; Archer et al., 2015). This concept is distinct from, though related to, adjacent constructs mobilised in this study. Gender specifically refers to the socially constructed roles and identities associated with being male or female and constitutes one axis of inclusion (Kim et al., 2018). Socioscientific contextualisation denotes a pedagogical strategy that situates scientific content within real-world social, ethical, and environmental problems (Sadler, 2004; Zeidler et al., 2005); it may serve inclusion by increasing relevance and accessibility, but does not, in itself, guarantee equitable outcomes. Scientific literacy, in its contemporary formulation, refers to the capacity to mobilise scientific knowledge in civic and social contexts; while it represents an inclusive educational aim, it is an outcome rather than a structural condition of inclusion (Coppi et al., 2025). Inclusion, as operationalised here, is assessed at the curricular level through the presence or absence of representations, argumentation spaces, and epistemic diversity in official learning documents (Caramaschi et al., 2022).

The concept of curriculum has changed over time, reflecting different ways of theorising and understanding it. Curricular knowledge refers to the body of knowledge about what should be taught to a given group of students to ensure equitable and comparable education (Caramaschi et al., 2022). On the other hand, the concept of curriculum lacks a consensus definition in educational literature. The differences in its conceptualisation stem from the multiple functions and characteristics attributed to it in curricular studies (Kranjc Horvat et al., 2022). This study focuses on the formal curriculum, understood as the set of official guidelines that prescribe what should be taught in school and which are developed by the entities responsible for the education system.

In Portugal, ELs (DGE, 2018) are structured to provide a deep understanding of the world and to foster informed decision-making in society. According to the curriculum documents, science teaching should transcend mere memorisation, focusing on grasping the essence of scientific knowledge and its consequences for society, technology, and the environment. The concept of scientific literacy has also evolved significantly over the last few decades, moving from a vision centred on the acquisition of fundamental scientific knowledge to a broader and more integrated perspective. Initially associated mainly with the mastery of scientific concepts and facts, it has progressively incorporated dimensions related to understanding the nature of science, its methods, its limits, and the processes of knowledge validation. Currently, scientific literacy is understood as the ability to use scientific knowledge to interpret the world, analyse evidence-based information, formulate arguments and participate critically and responsibly in socioscientific issues with individual and collective impact. This contemporary approach attributes a central role to scientific literacy in the education of informed citizens capable of making decisions in social, environmental, technological, and ethical contexts, thereby reinforcing its relevance as a cross-cutting educational objective (Coppi et al., 2025).

According to Coppi et al. (2024), scientific literacy has been gaining recognition in Portugal through curriculum guidelines and educational discourse. Still, its implementation in teaching practices remains uneven and limited. In particular, the authors emphasise that although curriculum documents value understanding science, critical thinking, and the connection between science and society, these principles do not always translate into consistent classroom teaching strategies, with approaches focused on content transmission and solving more technical exercises still prevailing. The authors argue that strengthening scientific literacy in the Portuguese context requires greater consistency across the curriculum, textbooks, and pedagogical practices, as well as investment in teacher training, to favour approaches that link science, technology, and society and promote a more inclusive, contextualised understanding of science. According to the literature (Lederman et al., 2013; Sadler, 2004), science teaching should transcend the transmission of facts, using socioscientific issues as contexts for application in which understanding the nature of scientific knowledge serves as a critical filter for evaluating evidence and exercising responsible citizenship.

The way these principles are implemented in curricular contexts and educational resources may not be gender neutral. Research in science education has shown that representations, examples, application contexts, and models of scientists conveyed in teaching materials can reinforce or mitigate gender stereotypes associated with scientific fields (Archer et al., 2020). Makarova et al. (2019) refer to the association of masculinity with 'hard' sciences such as physics and mathematics. The authors state that in most studies, masculinity in science is more associated with physics and mathematics than with chemistry. In a study conducted in Portugal with 12<sup>th</sup>-grade students, some participants reported that, in subjects such as chemistry, girls participate more than boys. In contrast, in physics, boys are more eager to 'be right', suggesting a gender divide in knowledge domains (Fernandes et al., 2024). This may be related to the social perception that physics is a male-dominated field (Francis et al., 2017).

Abraham and Barker (2023) show that physics curricula tend to favour abstract, decontextualised approaches that are heavily focused on conceptual formalisation, while curricula in other sciences, such as chemistry, more frequently integrate applied contexts, observable phenomena and practical activities. According to the authors, these curricular choices influence students' engagement patterns, as overly abstract curricula removed from meaningful contexts can limit the identification and interest of certain groups, particularly girls. Thus, curricular differences between physics and chemistry can be understood not only as variations in content but as the result of distinct conceptions of the relevance, contextualisation, and accessibility of scientific knowledge, with direct implications for equity and inclusion in science education.

The epistemological differences between physics and chemistry, as mentioned by Baird et al. (2006), are reflected, for example, in the fact that physics seeks the fundamental laws that establish ontological limits on what is impossible in nature, while chemistry asserts its autonomy by operating within these limits through the discovery of specific mechanisms and the synthesis of new phenomena, processes that cannot be merely deduced from basic physical equations. Chemistry asserts its autonomy by operating within these limits through the discovery of specific mechanisms and the synthesis of new phenomena and processes that cannot be deduced solely from basic physical equations. Physics and Chemistry are distinguished epistemologically not only by their objects of study, but above all by how they produce scientific knowledge. Because physics has historically been taken as the paradigmatic model of science, favouring universal laws,

mathematical formalisation and deductive explanations, the history of physics in the philosophy of science has assumed centrality and erased alternative epistemological styles, such as that of chemistry (van Brakel, 2014).

Although the literature emphasises the centrality of scientific literacy in guiding documents in Portugal, there are still few empirical studies that systematically analyse how these principles are implemented, particularly in Physics and Chemistry. The main objective of this research is to compare the 12<sup>th</sup>-grade Physics and Chemistry ELs, as normative instruments of Portuguese educational policy, and to identify the opportunities and limitations for implementing inclusive and equitable pedagogical approaches. More specifically, the study seeks to identify disparities between the two subjects and how these may influence the construction of a learning framework that favours diversity and a sense of belonging, with a particular focus on deconstructing gender stereotypes and promoting scientific literacy geared towards the exercise of citizenship.

### 3. METHODOLOGY

To meet the research objective, this study is based on a sequential mixed methodology, in which the quantitative results obtained from the analysis of ELs (frequency of verbs, nominal references, STEM and socioscientific categories) serve as the basis for an in-depth qualitative phase, which uses content analysis through coding by categories (Bardin, 2024). This methodological choice aims to compare the explicit curriculum guidelines underlying EL, as normative documents that frame the teaching of Physics and Chemistry in secondary education.

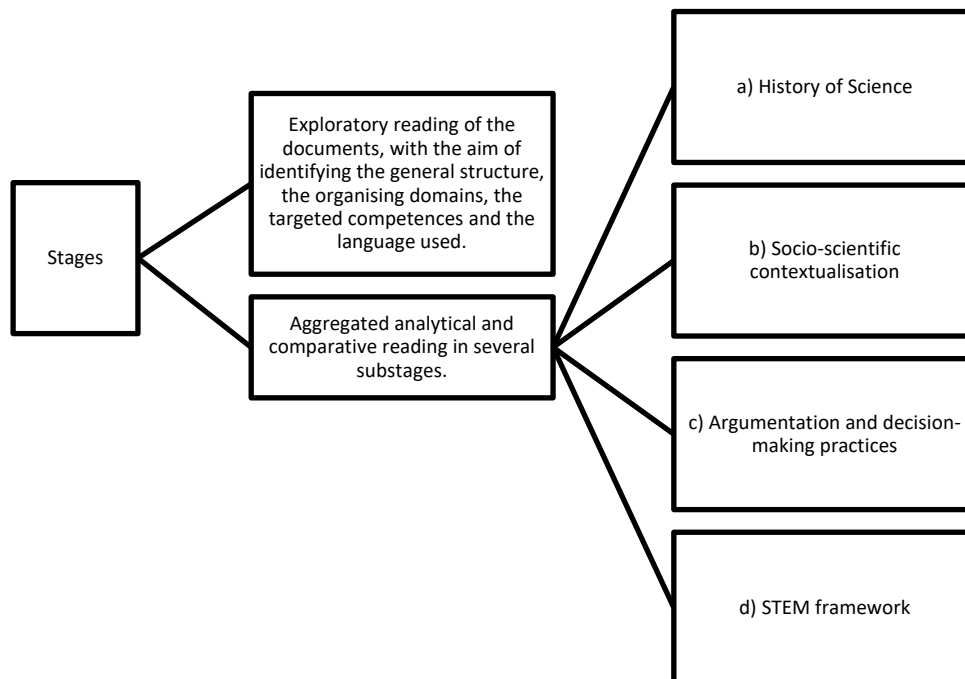
The quantitative component involved the systematic enumeration of three categories of textual elements across both ELs documents: (1) proper names of historical scientists, extracted from all sections including knowledge descriptors, competency objectives, and strategic actions; (2) action verbs associated with student learning outcomes, drawn exclusively from the "Knowledge, Skills and Attitudes" descriptors; and (3) thematic terms linked to STEM, society, and environment, identified through keyword search and confirmed by contextual reading. The unit of analysis was the individual occurrence of each element within the document. No occurrence was counted more than once within the same descriptor, unless it was repeated across different domains. The two authors independently enumerated each category, and disagreements were resolved through discussion until consensus was reached.

A mixed-methods sequential design was adopted because the research questions require both the systematic mapping of linguistic and structural features across the two documents (quantitative phase) and the interpretative analysis of the meanings, contexts, and implications of those features (qualitative phase). The quantitative phase provides descriptive comparability, ensuring that patterns identified are grounded in the frequency and distribution of textual elements, while the qualitative phase enables depth and contextualisation of findings (Creswell & Plano Clark, 2018). This sequential integration is particularly appropriate for curriculum analysis, where counting occurrences of verbs, names, or thematic categories establishes an empirical basis for subsequent interpretive claims about epistemological and ideological orientations.

The corpus of analysis consists of two official documents from the Portuguese Ministry of Education, both published in August 2018, which define the ELs for the 12<sup>th</sup>-grade of the Scientific-

Humanistic Course in Science and Technology: ELs for Physics, 12<sup>th</sup>-grade and ELs for Chemistry, 12<sup>th</sup>-grade.

These documents were selected because they constitute the current curriculum framework, which guides the planning, implementation and assessment of learning, and because they have a comparable structure, allowing for systematic analysis across subjects. It should also be noted that the two subjects coexist independently only in the 12<sup>th</sup>-grade. The analysis was conducted in two stages. Stage one consisted of the exploratory reading of the documents to identify the general structure, the organising domains, the targeted competences, and the language used; Stage two aggregated analytical and comparative reading across several substages (Figure 1).



**Figure 1** Methodological design.

Source: Self-elaboration.

In this first stage, the names of historical figures related to the history of science were collected. In a second stage, the verbs present in both documents were collected, in relation to the students' objectives. In the final stage, the various dimensions for text analysis were categorised: a) History of Science; b) Socioscientific contextualisation; c) Argumentation and decision-making practices; d) STEM framework; e) Representations of gender and diversity in science, as shown in Table 1.

Thematic coding was developed using the analytical categories previously defined within the study's theoretical framework, enabling the identification of convergences and divergences between the two disciplines. Finally, an interpretative analysis was carried out, linking the coding results to the literature to understand the curricular implications of ELs for pedagogical practices that are more or less inclusive from a gender perspective.

The qualitative phase drew on content analysis following Bardin (2024), structured around five analytical categories (Table 1). Category development followed a hybrid approach: categories were initially derived deductively from the theoretical framework (e.g., "gender and inclusion" from the literature on gender in STEM; "socioscientific dimension" from Sadler, 2004) and subsequently refined inductively through exploratory reading of the documents. Each category was defined by explicit descriptors of presence and absence, enabling consistent application across both texts (see Table 1). The relationship between categories and the construct of inclusion was theoretically grounded as follows: the History of Science category captures the extent to which scientific knowledge is presented as the product of diverse or homogeneous human agency; the socioscientific and argumentation categories assess the degree to which the curriculum opens spaces for students to engage with science as active, critical citizens; the STEM orientation category reflects the accessibility and contextualisation of scientific content; and the gender and inclusion category directly examines representational diversity. To ensure coding reliability, the three researchers independently coded 10% of the text segments. Disagreements were discussed and resolved through iterative negotiation, with the final codebook adjusted accordingly.

These categories enabled a cross-sectional and comparative analysis of the Physics and Chemistry ELs, ensuring consistency between the study objectives and the analysed data.

**Table 1 – Categories of analysis**

Categories	Description
History of Science	Explicit/implicit; personified/contextual.
Socioscientific dimension	Presence of social, environmental and ethical problems.
Scientific argumentation	Promotion of debate, justification and decision-making.
STEM orientation	Technocentric vs contextualised.
Gender and inclusion	Presence/absence of references to diversity, gender neutrality, and scope for inclusive practices.

Source: Self-elaboration.

#### 4. RESULTS

A preliminary analysis of the two documents shows that both Physics and Chemistry cover three areas, which are respectively: Mechanics, Force Fields, Modern Physics, Metals and Metal Alloys, Fuels, Energy and the Environment, and Plastics, Glass and New Materials

Physics presents a nominal centralisation, anchoring knowledge in male historical figures. At the same time, Chemistry adopts a procedural and anonymous approach, focused on the evolution of materials and society (the evolution of knowledge in a non-personified way). The

Physics curriculum offers fewer entry points for inclusive approaches, though it does not explicitly prevent them.

Table 2 shows the frequency of explicit mentions of scientists' names in the descriptors of "Knowledge, Skills and Attitudes" (what the student should be able to do).

**Table 2 - Frequency of Nominal References (History of Science).**

Scientist's name	Frequency	
	Physics	Chemistry
Newton	2	0
Kepler	1	0
Planck	1	0
Einstein	1	0
Josef Stefan/ Ludwig Boltzmann/ Wilhelm Wien	1	0
Others	0	0
Total	6	0

Source: self-elaboration.

Table 3 shows the frequency with which certain action verbs appear in learning objectives to define the type of competence required.

**Table 3 – Typology of verbs.**

Action Verb	Physics	Chemistry
Apply (Resolution/Laws)	10	2
Interpret/Characterise	12	11
Investigate/Research	4	10
Argue/Debate/Discuss	0	4
Analyse/Justify	1	5

Source: self-elaboration.

Verbs such as 'debate' and 'argue' appear in the Strategic Actions for Physics, but they are not integrated into the direct objectives of what the student should be able to do, unlike in Chemistry. Chemistry favours higher-order skills related to scientific literacy (argumentation and research), while Physics maintains a strong focus on the technical and formal application of

models. It should be noted that in Physics, verbs such as 'argue/debate/discuss' have zero frequency.

To strengthen the analysis, Table 4 presents concrete examples extracted from the ELs that relate to the defined analytical categories.

**Table 4 – Terms Related to STEM and Society.**

Analytical Category	Examples in Physics (12 <sup>th</sup> -grade)	Examples in Chemistry (12 <sup>th</sup> -grade)
History of Science	Nominal and chronological references to figures such as Kepler and Newton in the study of gravitation, and Planck and Einstein in the genesis of quantum physics.	Integrated and implicit approach, focused on the use of metals throughout history and the evolution of chemical knowledge associated with social needs.
Socioscientific Dimension	Technical contextualisation through examples such as road safety (airbags), barometer function, and radon risks in buildings.	Focus on global dilemmas such as climate change caused by the oil industry, sustainability in the life cycle of materials, and the toxicity of metals.
Argumentation and Debate	Emphasis on problem solving, interpreting concepts, and applying laws and models to the analysis of natural phenomena.	Explicit promotion of skills to 'argue', 'debate' and 'discuss' controversial topics, such as biofuel production and oil recycling.
STEM Orientation	Technocentric perspective, focused on devices such as mass spectrometers and mathematical modelling of force fields.	Perspective of 'central' and applied science, interfacing with biology and engineering, focused on new materials, fuels, and polymers.
Gender and Inclusion	Scientific narrative personified exclusively in male models (7 male names cited).	An anonymous, procedural approach that, although it does not mention women scientists, offers greater neutrality and scope for inclusive contextualisation.

Source: self-elaboration.

The documents show that Chemistry has a much higher socioscientific thematic density, which provides more explicit curricular entry points for inclusive STEM education focused on citizenship.

## 5. DISCUSSION

A comparative analysis of the ELs Outcomes for Physics and Chemistry reveals that, although both documents share the Profile of Students Leaving Compulsory Education matrix and aim to develop scientific literacy skills, their pedagogical and epistemological operationalisations diverge substantially.

In the field of the History of Science, Physics adopts a markedly personified narrative, linking knowledge to canonical figures such as Newton, Kepler, Planck and Einstein. This approach, by anchoring scientific evolution in individual male geniuses, may textually reproduce an image of science as a domain of individual, exclusively male figures, hindering its perception

as a collective and diverse construction. In contrast, Chemistry presents a procedural and integrated history, focused on the evolution of the use of materials over time, without highlighting specific names, which gives it a neutrality that facilitates the social contextualisation of the discipline. Chemistry has a distinct epistemology from physics, operating with its own concepts (substance, molecular structure, synthesis, reactivity) and involving an intrinsic relationship between knowledge and experimental practice (Brenner & Gayon, 2009).

Concerning the socioscientific and argumentative dimensions, Chemistry plays a clear central role in discussions of environmental and ethical impacts. Chemistry ELs explicitly promote the use of scientific language to 'argue', 'debate' and 'discuss' controversial topics such as air pollution and sustainability in the life cycle of materials. On the other hand, Physics ELs, although they mention the consequences for society and the environment, tend to focus on interpreting 'technological devices' and the formal application of models and laws, resulting in a more technocentric approach.

About gender equality and inclusion, the analysis reveals a cross-cutting gap: the total absence of explicit references to women scientists or diversity in science in both reference frameworks. However, chemistry offers space for inclusive practices due to its emphasis on social contexts and the 'quality of life of citizens,' which allows teachers greater flexibility to integrate diverse perspectives. Physics, by maintaining a rigid conceptual structure anchored in historical male examples, poses greater challenges for deconstructing stereotypes, requiring a more pronounced pedagogical intention to become 'girl-friendly.' This finding aligns with Brotman and Moore's (2008) systematic review, which identifies curriculum and pedagogy as one of the key dimensions through which girls' engagement with science is shaped, arguing that curricular choices, including how scientific knowledge is narrated and contextualised, can either reproduce or challenge gender inequalities in science education

In this regard, it is worth citing Sin (2014), which analyses the relationship between epistemology, sociology and pedagogy in the teaching of physics, arguing that the subject has traditionally been taught within a positivist epistemology that emphasises objectivity, universality and the cumulative nature of scientific knowledge. This approach presents physics as a body of consolidated laws and theories, often dissociated from the social and historical processes of its construction. The article also highlights a gap between actual scientific practice, characterised by uncertainty, controversy and the collective construction of knowledge, and the way physics is taught, which tends to obscure the human and social dimensions of science. As a result, students are exposed to a decontextualised view of physics, focused on the end products of scientific knowledge, to the detriment of understanding the processes of production, validation and negotiation of scientific knowledge.

Finally, it should be noted that reproducing a physics curriculum designed in the post-war period (1950s) during the space race suggests that Newtonian mechanics is overrepresented and may not allow for an understanding of the nature of science, according to van der Veen (2012). This author points out that physics is taught, for the most part, with an excessive focus on Newtonian mechanics, which emphasises topics such as projectiles and explosions, traditionally more appealing to boys. Francis et al. (2017) suggest that girls often perceive school physics as abstract, outdated, and disconnected from real-world relevance, contributing to lower levels of identification with the subject and persistent gender inequalities in participation. Another aspect to consider is the low representation of modern physics, relegated to the last domain. Specifically,

according to Johansson et al. (2018), quantum physics is presented as a domain that challenges classical conceptions of objectivity, determinism and neutrality in scientific knowledge, emphasising the role of models, interpretation and the limits of scientific knowledge. These characteristics have been pointed out in the scientific education literature as potentially favourable to more inclusive approaches to physics teaching, suggesting that quantum physics could be a fertile context for exploring strategies to reduce the gender gap.

Based on the analysis, a critical reading of the ELs proposed in this study can serve as a pedagogical reflection tool for physics and chemistry teachers, showing that curriculum documents, although formally neutral, contain epistemological and narrative choices that shape how science is presented to students. By recognising the differences identified between the two disciplines, namely in the degree of socioscientific contextualisation, the centrality of argumentation and the personification of the history of science, teachers can make more informed decisions when planning their practices, compensating for any gaps in the curriculum by intentionally selecting examples, contexts, and teaching strategies that promote a sense of belonging and participation among all students.

In educational terms, the results suggest that, in teaching physics, teachers can benefit from greater integration of socioscientific contexts, debate activities and open-ended problem situations that transcend the formal application of models, bringing the subject closer to issues relevant to scientific citizenship. The deliberate introduction of more diverse historical narratives, as well as the valorisation of domains such as Modern Physics as spaces for epistemological questioning, can contribute to a more human and inclusive image of Physics. In the case of Chemistry, teachers have a frame of reference that already favours argumentation and the connection between science, technology and society, and can further this potential through practices that explore ethical, environmental and social dilemmas, reinforcing scientific literacy and equity in access to STEM knowledge.

## 6. CONCLUSIONS

This study provides three main contributions. First, it offers a systematic, document-based comparison of the 12<sup>th</sup>-grade Physics and Chemistry Essential Learning in Portugal, demonstrating empirically that the two curricula diverge in their epistemological orientations: Physics relies on nominal, decontextualised, and formalised scientific knowledge, while Chemistry foregrounds socioscientific contextualisation and argumentation. Second, it operationalises a multi-category analytical framework that can be applied to other curriculum documents to assess their inclusive potential. Third, it shows that normative neutrality, the absence of explicit exclusionary content, is insufficient to ensure equitable science education, and that the curricular choices embedded in official documents shape conditions of belonging and identification with science, particularly along gender lines.

Chemistry appears to be closer to the ideals of citizenship and sustainability, while Physics maintains a matrix that, although rigorous, lacks a more human and diverse representation of scientific production. Possibly, the conceptual structure of physics, marked by the centrality of universal laws and well-defined paradigm shifts, favours a more personalised historical and didactic narrative, in contrast to chemistry, whose development is more cumulative and systematic.

In addition to the empirical analysis of EL, this study contributes to the discussion on the role of the curriculum as a space for the materialisation of epistemological and cultural options that influence inclusion in science education. By highlighting systematic differences between Physics and Chemistry in how scientific knowledge is narrated, contextualised, and operationalised, this work reinforces the idea that gender equity in STEM does not depend solely on explicit curriculum reforms but also on how existing references are interpreted, mediated, and translated into pedagogical and editorial practices. Thus, rather than introducing new content, it is essential to rethink the science narratives privileged in pre-university education, when students make their career choices, recognising that inclusion is an active process, anchored in conscious didactic, epistemological, and cultural choices. In short, for STEM education's potential to be fully realised in a more equitable sense, textbook authors and teachers must use curricular flexibility to address the identified gaps in representation. It is recommended that future research analyse how these guidelines are translated into classroom practices and whether school textbooks perpetuate the invisibility of women and the technocentric view discussed here.

## 7. IMPLICATIONS

Given the analysis of ELs and their articulation with the Student Profile, it is imperative to plan future revisions to these normative documents and to examine the mediating role of school textbooks in promoting equity in STEM.

Concerning the future restructuring of the EL, it is imperative to overcome formal neutrality, which, although it does not impose direct restrictions, proves insufficient to mitigate historically consolidated gender stereotypes and images of science. Specifically in Physics, future references should seek to diversify the historical narrative, transcending the current nominal centrality of canonical male figures such as Newton, Kepler, Planck, and Einstein. This revision should aim to explicitly include female contributions and diverse scientific paths, humanising the construction of knowledge.

At the same time, it is suggested that Physics adopt a matrix closer to Chemistry in terms of socioscientific argumentation. While Chemistry already operationalises the debate on sustainability and environmental impacts as a structuring component, Physics would benefit from descriptors that encourage ethical and social decision-making in the face of technological development, rather than merely the formal validation of models and laws. In short, future science education should evolve from passive neutrality to active inclusion, integrating reflection on 'who does science' as an integral part of scientific literacy.

The persistence of decontextualised views of science in secondary education often results from editorial and cultural choices, rather than formal curricular impediments. The next generation of school textbooks should therefore serve as an instrument of social justice, translating the potential of science education into pedagogical practices that are effectively inclusive and representative of the diversity of the STEM domain.

Finally, it will be important to triangulate the data from this study with future editorial decisions. Some historically rooted ideas may explain the bias, rather than any formal curricular constraints.

## REFERENCES

- Abraham, J., & Barker, K. (2023). Students' Perceptions of a "Feminised" Physics Curriculum. *Research in Science Education, 53*(6), 1163–1183. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10128-3>
- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). Science capital: A conceptual, methodological, and empirical argument for extending Bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching, 52*(7), 922–948. <https://doi.org/10.1002/tea.21541>
- Archer, L., Moote, J., MacLeod, E., Francis, B., & DeWitt, J. (2020). *ASPIRES 2: Young people's science and career aspirations, age 10-19*. London: UCL Institute of Education.
- Baird, D., McIntyre, L., & Scerri, E. R. (2006). *Philosophy Of Chemistry: Synthesis of a New Discipline*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3261-7>
- Bardin, L. (2024). *Análise de Conteúdo* (4th edition). Edições 70.
- Brenner, A., & Gayon, J. (2009). *French studies in the philosophy of science: Contemporary research in France*. Springer.
- Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(9), 971–1002. <https://doi.org/10.1002/tea.20241>
- Caramaschi, M., Cullinane, A., Levrini, O., & Erduran, S. (2022). Mapping the nature of science in the Italian physics curriculum: From missing links to opportunities for reform. *International Journal of Science Education, 44*(1), 115–135. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2017061>
- Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2024). Assessing scientific literacy: A study with 9th-grade students in Portugal. *Frontiers in Education, 9*, 1433919. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1433919>
- Coppi, M., Fialho, I., & Cid, M. (2025). Literacia Científica: Um Olhar Sobre suas Diferentes Interpretações. *Educ. Rev., 41*, 1–25. <https://doi.org/10.1590/0102-469848737>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- DGE. (2018). Aprendizagens essenciais de Química 12.º ano. *Aprendizagens Essenciais | Articulação com o Perfil dos Alunos*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais/12\\_quimica.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/12_quimica.pdf)
- Fernandes, A., Araújo, J. L., & Simões, F. (2024). Physics Classroom: Where Is The Gender Gap? *EDULEARN24 Proceedings*. IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.1344>
- Francis, B., Archer, L., Moote, J., DeWitt, J., MacLeod, E., & Yeomans, L. (2017). The Construction of Physics as a Quintessentially Masculine Subject: Young People's Perceptions of Gender Issues in Access to Physics. *Sex Roles, 76*(3–4), 156–174. <https://doi.org/10.1007/s11199-016-0669-z>
- Godec, S., King, H. C., & Archer, L. (2017). *The science capital teaching approach: Engaging students with science, promoting social justice*. University College London Press.
- Gourlay, H. & Mujtaba, T. (2025). Reviewing the role of the physics curriculum and its assessment in post-16 gender disparities. *International Journal of Science Education, 47*(15–16), 2045–2070. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2397001>
- Johansson, A., Andersson, S., Salminen-Karlsson, M., & Elmgren, M. (2018). "Shut up and calculate": The available discursive positions in quantum physics courses. *Cultural Studies of Science Education, 13*(1), 205–226. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9742-8>
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., & Seyranian, V. (2018). Developing a STEM identity among young women: A social identity perspective. *Review of Educational Research, 88*(4), 589–625. <https://doi.org/10.3102/0034654318779957>
- Kranjc Horvat, A., Wiener, J., Schmeling, S. M., & Borowski, A. (2022). What Does the Curriculum Say? Review of the Particle Physics Content in 27 High-School Physics Curricula. *Physics, 4*(4), 1278–1298. <https://doi.org/10.3390/physics4040082>

- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of Science and Scientific Inquiry as Contexts for the Learning of Science and Achievement of Scientific Literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138–147.
- Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2019). The Gender Gap in STEM Fields: The Impact of the Gender Stereotype of Math and Science on Secondary Students' Career Aspirations. *Frontiers in Education*, 4, 60. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00060>
- Ministério da Educação. (2017). *Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Despacho n.º 6478/2017, de 26 de julho). Direção-Geral de Educação.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sin, C. (2014). Epistemology, Sociology, and Learning and Teaching in Physics. *Science Education*, 98(2), 342–365. <https://doi.org/10.1002/sce.21100>
- van Brakel, J. (2014). Philosophy of Science and Philosophy of Chemistry (Pt. 11-57). *Hyle: An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 20(1).
- van der Veen, J. (2012). Draw Your Physics Homework? Art as a Path to Understanding in Physics Teaching. *American Educational Research Journal*, 49(2), 356–407. <https://doi.org/10.3102/0002831211435521>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

**A PERCEÇÃO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO CEARENSE SOBRE A  
PREVENÇÃO DA COVID-19: NOVOS CAMINHOS PARA A EDUCAÇÃO EM SAÚDE**

THE PERCEPTION OF HIGH SCHOOL STUDENTS FROM CEARÁ ON THE PREVENTION OF COVID-19:  
NEW PATHS FOR HEALTH EDUCATION

LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE SECUNDARIA DE CEARÁ SOBRE LA PREVENCIÓN DE LA  
COVID-19: NUEVOS CAMINOS PARA LA EDUCACIÓN EN SALUD

**Paula Soares<sup>1</sup>, Jeferson dos Santos<sup>2</sup> & Oriel Bonilla<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará, Brasil

<sup>2</sup>Secretaria de Educação do Estado do Ceará, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
paulavictoriosoaes8@gmail.com

**RESUMO** | A pandemia da COVID-19 causou profundas alterações na Educação, introduzindo novos padrões comportamentais e sociais nos alunos. Esta pesquisa visou descrever a opinião de estudantes do Ensino Médio de uma escola localizada em Fortaleza-Ceará sobre as medidas de prevenção da COVID-19, bem como sua relação com as fontes de informação. Foi aplicado um questionário anônimo formado por 16 questões (subjéctivas e de múltipla-escolha) a 4 turmas do segundo ano do Ensino Médio. Os resultados foram analisados com suporte do Excel e também por meio da Análise de Conteúdo. Os achados indicam mais de 85% de aprovação das medidas de mitigação da doença, a partir de justificativas baseadas no conhecimento científico sobre os aspectos da doença e na vivência durante a pandemia. A presente pesquisa levanta a relação entre os estudantes e esse momento de crise de saúde pública como oportunidade de repensar novos caminhos para a Educação em Saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Promoção da Saúde, Educação em Saúde, Pandemia, Vacinas.

**ABSTRACT** | The COVID-19 pandemic caused profound changes in education, introducing new behavioral and social patterns among students. This study aimed to describe the opinions of high school students from a school located in Fortaleza, Ceará, regarding COVID-19 prevention measures, as well as their relationship with sources of information. An anonymous questionnaire consisting of 16 questions (both subjective and multiple-choice) was administered to four second-year high school classes. The results were analyzed using Excel and Content Analysis. The findings indicate over 85% approval of disease mitigation measures, supported by justifications based on scientific knowledge about the disease and personal experiences during the pandemic. This study highlights the relationship between students and this public health crisis as an opportunity to explore new paths for Health Education.

**KEYWORDS:** Health Promotion, Health Education, Pandemic, Vaccines.

**RESUMEN** | La pandemia de COVID-19 causó profundas alteraciones en la Educación, introduciendo nuevos comportamientos entre los estudiantes. Esta investigación tuvo como objetivo describir la opinión de estudiantes de Educación Secundaria de una escuela ubicada en Fortaleza, Ceará, sobre las medidas de prevención del COVID-19, así como su relación con las fuentes de información. Se aplicó un cuestionario anónimo compuesto por 16 preguntas. Los resultados fueron analizados con el apoyo de Excel y mediante el Análisis de Contenido. Los resultados indican más del 85% de aprobación de las medidas de mitigación de la enfermedad, con justificaciones basadas en el conocimiento científico sobre los aspectos de la enfermedad y en la experiencia vivida durante la pandemia. Esta investigación plantea la relación entre los estudiantes y este momento de crisis de salud pública como una oportunidad para reflejar nuevos caminos en la Educación para la Salud.

**PALABRAS CLAVE:** Promoción de la Salud, Educación para la Salud, Pandemia, Vacunas.

## 1. INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 foi decretada em março de 2020 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e desde então provocou a adoção de novos hábitos sociais relacionados à saúde individual e coletiva a fim de prevenir a infecção (Baptista & Fernandes, 2020). Entre as medidas de mitigação de riscos, destacam-se: higiene das mãos, etiqueta respiratória e distanciamento social (Baptista & Fernandes, 2020). Além dos desafios relacionados à saúde impostos pela COVID-19, também é necessário discutir suas implicações em outros setores, como a educação.

No Brasil, o documento normativo que define as aprendizagens essenciais na Educação Básica, a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (BNCC-EM), preconiza o aprendizado sobre saúde entre as habilidades que os estudantes devem desenvolver nessa etapa (Brasil, 2018). Além disso, traz a saúde como uma das seis macroáreas que compõem os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) (Brasil, 2019). Adicionalmente, no contexto da educação cearense, o Documento Referencial Curricular do Ceará do Ensino Médio (DCRC) especifica os objetos de conhecimento a serem trabalhados. É nesse cenário que a imunologia e as doenças infecciosas ganham destaque durante essa etapa, incluindo noções da área, vacinas, soros, principais doenças infectocontagiosas do Ceará, bases da epidemiologia, prevenção, tratamento e aspectos sociais (Ceará, 2021). Ressalta-se ainda que essas habilidades e conhecimentos são requeridos no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a principal forma de ingresso ao Ensino Superior do país.

A aparição desses temas nestes documentos, bem como em livros didáticos e currículos estaduais, como apontam Ganaqui e Menin (2020), já indicavam a necessidade do desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao assunto. Contudo, diante da pandemia, é necessário investigar como estudantes de Ensino Médio se relacionam com os saberes relacionados a doenças infecciosas, microbiologia e imunologia também a partir de uma ótica civil e cidadã.

Com o ensino remoto emergencial, no início de 2020, seguido do ensino híbrido até o retorno às atividades presenciais em 2022 no Ceará, o processo de ensino e aprendizagem foi intensamente mediado pelos computadores e *smartphones*. Nesse sentido, os estudantes, afastados da relação direta entre aluno-professor, criaram novos hábitos, tanto no que diz respeito a seu comportamento individual, mas também no seu relacionamento com o conhecimento (Grabowski & Roriz, 2025). Desse modo, destaca-se a interferência das redes sociais como nova fonte de informação, inclusive em detrimento das fontes tradicionais, bem estabelecidas antes da pandemia, como a televisão (Grabowski & Roriz, 2025). Esse cenário preocupa à medida que as políticas de combate às *fake news* em redes sociais não avançaram no mesmo ritmo que a epidemia de informação vivenciada durante a pandemia (infodemia), ao passo que esses meios de comunicação se tornaram uma fonte primordial desse tipo de desinformação (Rosa et al., 2023).

Foi nesse cenário de retorno às atividades presenciais em 2022 que foram formuladas as seguintes questões-problema que nortearam o presente estudo: “Os alunos de Ensino Médio compreendem a dimensão científica que justifica a adoção das medidas de contenção? Se sim, como se relacionam com essas?” Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi descrever a opinião de estudantes do Ensino Médio de uma escola localizada em Fortaleza-Ceará sobre as

medidas de prevenção da COVID-19, bem como sua relação com as fontes de informação e comunicação.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A escola é um importante espaço de socialização, capaz de amplificar as características da sociedade (Grabowski & Roriz, 2025). Durante o distanciamento social, estudantes dos diversos níveis foram afastados dessas instituições, o que impactou sua vida pessoal, social e acadêmica ao introduzir novos hábitos e comportamentos que ecoam até os dias atuais (Grabowski & Roriz, 2025). Essa realidade precede a necessidade de conceber a escola como ambiente capaz de gerar debates coletivos e produtivos frente a esse “novo público” (Grabowski & Roriz, 2025). Nesse sentido, Paulo Freire coloca a importância da dialogicidade entre o conteúdo visto em sala de aula e o meio social em que os alunos estão inseridos (Freire, 2021). Essa visão também é corroborada pela teoria de José Carlos Libâneo, que defende que a escola deve garantir a todos o acesso aos conhecimentos sistematizados, articulando conteúdos com a realidade social para formar sujeitos críticos e participativos (Libâneo, 2002).

Colocar os discentes em um papel de protagonismo na compreensão das vivências ocorridas depois de 2020 é um fator essencial para o caminhar da educação. Esse fato se destaca ainda mais diante da colocação da juventude como recorte populacional desigualmente afetado pela pandemia, por motivos como a interrupção das aulas, a instauração emergencial do ensino remoto, a necessidade de cuidado com os mais velhos (Tramontano & Nascimento, 2023), além do aumento do desemprego (Bezerra et al., 2020).

O tema “Saúde” é mais abordado no Ensino Médio na área de Ciências da Natureza e o termo “prevenção” aparece uma vez na BNCC-EM (Brasil, 2018). A passagem em questão se refere a segunda competência, sétima habilidade, que indica que o estudante deve ser capaz de “Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais a juventude está exposta, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.” (Brasil, 2018, p. 543). Esta colocação chama atenção para a necessidade de ampliar o assunto nessa faixa etária de estudantes a fim de aprimorar o conhecimento dos mesmos sobre as doenças infecciosas e sua profilaxia.

Além do abordado sobre os temas doenças infecciosas e prevenção na BNCC-EM, a crescente abordagem trazida pelo ENEM amplifica as possibilidades do conteúdo em sala de aula. De maneira substancial, a forma contextualizada e interdisciplinar que tal prova coloca as temáticas é importante para melhorar a forma que os assuntos são trabalhados (Ganaqui & Menin, 2020). Então, cada vez mais livros didáticos sofrem a necessidade de trazer temas como doenças infecciosas, prevenção, tratamento, como forma de elevar os alunos ao conteúdo encontrado nos vestibulares (Ganaqui & Menin, 2020). A necessidade de abordagem desses temas na educação básica é ressaltada por Montes et al. (2020) que argumenta que “quanto mais acesso às informações médicas e biológicas sobre um determinado agravo/doença um indivíduo tiver, mais apto estará para enfrentá-lo” (p. 132).

Ademais, ainda há pouca interseccionalidade dentro das Ciências da Natureza, e percebe-se certo afastamento entre questões relacionadas ao surgimento de doenças infecciosas e problemas ambientais, que segundo Artaxo (2020) são um dos fatores que impulsionam a

ocorrência de pandemias. Esse distanciamento também permeia os currículos, Ostermann e Rezende (2020) afirmam que: “Submetidos a um currículo tradicional, que transmite uma visão de ciência neutra, estritamente racionalista, tecnicista [...] os estudantes podem resistir e ser atraídos por discursos mais próximos de uma cultura alternativa” (p. 39) e exemplifica esse fenômeno por meio das *fake news*.

Diante do afastamento provocado da sala de aula pela pandemia da COVID-19, a Era Eletrônica invadiu o ensino-aprendizagem (Grabowski & Roriz, 2025). Alves (2004) já colocara: “mais importante que saber é saber onde encontrar” (p. 9) ao se referir a importância das fontes de informação na educação. Após a pandemia, outros autores discutem essa ideia, Grabowski & Roriz (2025) argumentam: “[...] é importante esclarecer como é que essa informação tornará o aluno autônomo e como é que esse aluno será capaz de sintetizar, organizar e se orientar com as informações que possui” (p. 8). Ambas as passagens revelam a necessidade de se atentar ao novo fenômeno de uso das redes sociais como fonte de informação, bem como a maneira como a comunicação em saúde vem sendo exercitada na sociedade atual.

A comunicação é essencial em momentos de crise, sendo responsável por fornecer respostas que medeiam (ou não) a adoção de comportamentos de proteção pela população geral (Massarani et al., 2021). Esse desafio é maior à medida que a pandemia aumentou a importância das campanhas de comunicação, que segundo Fagundes et al. (2021) são mais requeridas em momentos de crise. Contudo, só existe real efeito com participação civil. Essas dificuldades refletem no acesso dos cidadãos à saúde, fato muito preocupante pois corrobora problemas como a hesitação vacinal e distancia as pessoas das medidas preventivas (Fagundes et al., 2021). Hesitação vacinal pode ser definida como atraso na aceitação ou recusa em se vacinar, mesmo tendo acesso ao imunizante (Souto et al., 2024). Nesse cenário, Fagundes et al. (2021) ainda afirma o fenômeno das quedas de cobertura vacinal como exemplo mais popular de efeito real das notícias falsas.

No contexto da pandemia da COVID-19, à medida que aumentava o número de casos, iniciava-se também um período de excessivas informações (pertinentes ou não) sobre o tema, fenômeno chamado de infodemia (Rosa et al., 2023). A imprecisão das informações difundidas nos mais diversos meios de comunicação fez crescer o medo da população em relação à doença e isso era agravado também pela presença das *fake news* que são notícias intencional e comprovadamente falsas para enganar pessoas (Rosa et al., 2023). As notícias falsas ocorrem por meio de alguns níveis, desde enganosas em sua totalidade, mas também por adição ou exclusão de informações, bem como incompletas (Rosa et al., 2023).

As redes sociais foram usadas para a disseminação expressiva de notícias falsas. As principais fontes de disseminação foram o *Whatsapp* e *Facebook*, que atrelados a baixa capacidade de interpretação e avaliação de informações e fontes resultaram em um pico de infodemia em 2021 (Rosa et al., 2023). Dentre as mentiras veiculadas estavam a indicação de alimentos com capacidade de evitar a contaminação pelo vírus e as vacinas, sendo que a CoronaVac (Sinovac) foi a mais alvejada tendo falsos efeitos adversos compartilhados pelas redes (Rosa et al., 2023). Essa ocorrência é preocupante visto que as redes sociais foram extensivamente usadas como fonte de informação. O trabalho de Santiago et al. (2022) mostrou um crescimento de 396% do número de seguidores do *Instagram* da Secretaria de Saúde do Ceará durante o primeiro ano da pandemia, o que indica a importância desse meio de comunicação.

Essas questões foram contrárias a outro evento contemporâneo: o aumento de discursos de valorização à ciência e aos conhecimentos técnicos (Sígolo et al. 2023), que também chegam à cultura escolar (Ostermann & Rezende, 2020), o que aumenta a importância de conhecer como esses fatos são concebidos entre os escolares. Nesse contexto, muitos trabalhos foram elaborados durante a pandemia sobre a dinâmica da busca de informações nesse momento. Por exemplo, o trabalho de Gonçalves e Barbosa (2024) mostrou como fontes de informação formal e informal são mobilizadas para tomar decisões em saúde. O trabalho de Martins e Oliveira-Costa (2022) exemplifica bem esse fenômeno ao documentar o uso do Instagram da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) como fonte de informação sobre a pandemia.

Ainda que os jovens tenham maior contato com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's), não é possível generalizar seu envolvimento com as *fakes news*, visto que é necessário considerar a maneira como eles se conectam às informações enquanto sujeitos. Nesse viés, é sabido que há maior probabilidade de concluir como verdadeiras notícias que favoreçam a opinião do indivíduo (Fagundes et al., 2021). Essa realidade fortalece a ideia de investigar a percepção de estudantes para compreender as entrelinhas da sua relação com o conhecimento científico.

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada no ano de 2023 em uma escola pública de Ensino Médio do Estado do Ceará, localizada na periferia da capital Fortaleza. O estudo possui caráter qualitativo-descritivo pois usa dados textuais descritivos, frutos de um processo interativo para conhecer a percepção de estudantes do ensino médio sobre a prevenção da COVID-19 (Eiterer & Medeiros, 2010). Para tanto, foi criado um questionário anônimo constituído por 16 perguntas, adaptado de Alves et al. (2021) - e validado por professores especialistas, sendo eles: um imunologista, uma microbiologista e um professor da educação básica responsável pelas turmas.

Semelhante ao trabalho de Alves et al. (2021), que adotou divisões em seções, este instrumento também foi dividido em três partes: a percepção dos alunos sobre a efetividade das medidas preventivas, o conhecimento sobre medidas de prevenção e a influência dos veículos de informação nas suas ideias sobre a prevenção da COVID-19. O objetivo dessa divisão foi melhorar a organização no momento do tratamento dos resultados.

A pesquisa seguiu as exigências éticas e científicas que constam na resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, que versa sobre pesquisas envolvendo seres humanos. Nesse quesito, o trabalho foi desenvolvido com a anuência da gestão escolar e do corpo docente após entrega do Termo de Autorização (para que a escola fosse o campo da pesquisa). Em seguida, foi enviado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para os responsáveis dos estudantes, visto que alguns alunos eram menores de idade. Ademais, posteriormente os alunos foram apresentados ao Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e à pesquisa antes da aplicação do questionário.

O questionário foi aplicado a estudantes de quatro turmas do 2º ano do Ensino Médio dos turnos manhã e tarde, com aproximadamente 45 alunos matriculados por sala. A seleção das séries se deu pela faixa etária, pois por serem alunos mais velhos, vivenciaram a pandemia mais maduros e com maior grau de instrução acadêmica. Ademais, não houve 100% de adesão à pesquisa, por motivos que variaram entre: nem todos os responsáveis pelos alunos assinaram o

TCLE, alguns alunos faltaram o dia da aplicação presencial e muitos não aderiram à pesquisa, ou seja, não assinaram o TALE. Assim, apenas 36% dos discentes devidamente matriculados na instituição de ensino participaram da pesquisa, respondendo ao questionário. É preciso ressaltar que essa adesão pode atuar como viés de seleção ao filtrar alunos mais engajados e interessados em discussões sobre o tema. Contudo, ainda assim as respostas obtidas remontam questões importantes e refletem a percepção pública sobre as medidas de contenção da COVID-19, bem como dialoga bem com outros trabalhos acerca da temática.

Ao todo, foram somadas 65 respostas, sendo que 55,4% (n=35) eram homens e 41,4% (n=26) eram mulheres, já os demais não especificaram o gênero. Além disso, 86,2% dos participantes tinham 16 ou 17 anos de idade, 9,2% tinham 15 e os demais tinham 18 anos ou mais. Após a aplicação, cada questionário foi codificado em números na própria escola-campo.

Após essa codificação, foi realizada uma leitura prévia para o levantamento das unidades de análise que seriam posteriormente divididas em categorias definidas durante o processo. Esses dados foram descritos de modo qualitativo, como indica Moraes (1999): “[...] será produzido um texto síntese em que se expresse o conjunto de significados presentes nas diversas unidades de análise incluídas em cada uma delas” (p. 8). Para concluir, os resultados foram interpretados a partir de uma abordagem indutiva-constructiva.

Além disso, dados numéricos foram anexados em planilhas do Excel a fim de formar gráficos e tabelas para melhor visualização dos resultados obtidos. Os dados qualitativos, por sua vez, foram analisados por meio da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (1977), com adaptações sugeridas por Moraes (1999). Esta técnica consistiu em categorizar os textos a partir de cinco passos: preparação, unitarização, categorização, descrição e interpretação. No caso das perguntas referentes à opinião dos mais jovens sobre cada medida de prevenção, foram adotadas duas categorizações: A primeira, foi quantitativa e determinou quantos alunos foram favoráveis, contrários ou indefinidos (em porcentagem), enquanto as categorias finais, discorriam sobre as motivações relacionadas às suas posições em relação ao que se perguntava. Para geração da nuvem de palavras, foram associados o *IraMuTeq (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires)* - para contagem de verbos e substantivos- e o Mentimeter para criação da Figura 1 (Souza et al., 2018).

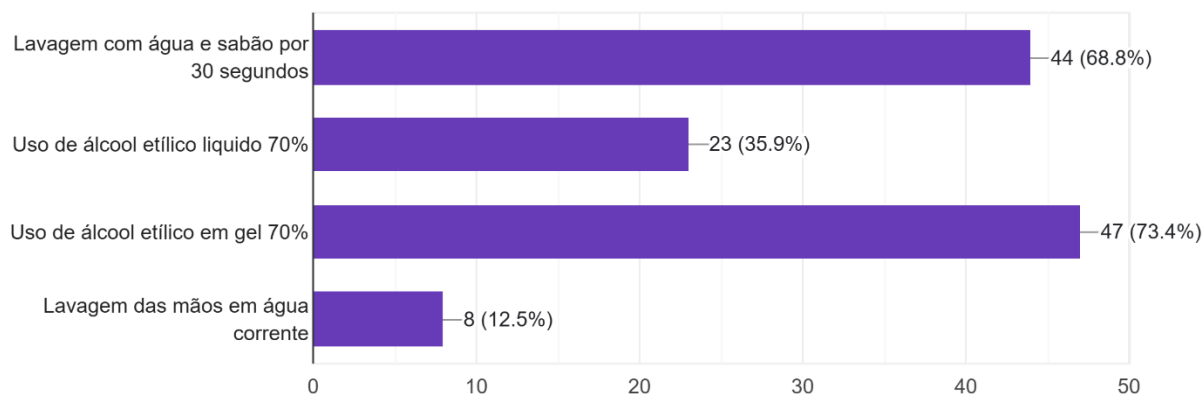
#### 4. RESULTADOS

Quanto à pergunta 1: “Você acredita que a lavagem das mãos e a desinfecção de ambientes são medidas efetivas para a COVID-19? Justifique sua resposta”<sup>1</sup>, a maior parte dos adolescentes consultados (89%) concorda que essas medidas sanitárias são eficientes no combate à COVID-19. Dentre as justificativas relacionadas a essa aceitação, destaca-se sua importância na eliminação do agente etiológico, o vírus, traduzido pelo uso de verbos como: “eliminar”, “matar”, “desinfetar”, “tirar” e “anular”, bem como pela preocupação da contaminação por contato entre pessoas.

---

<sup>1</sup> Apesar dos resultados alcançados, reconhece-se que a presente questão apresentou viés de dupla interrogação ao unir duas variáveis no mesmo enunciado. Essa estrutura pode dificultar a distinção da opinião do participante caso ele concorde com apenas uma das medidas. Contudo, ressalta-se que essa limitação metodológica foi mitigada pelo pedido de justificativa em formato aberto, o qual permitiu capturar e analisar as nuances dos posicionamentos dos respondentes.

Outro motivo relacionado a aceitação é o hábito de lavagem das mãos ser pré-existente, como coloca o participante 34: “Lavar as mãos já é uma coisa que faço direto, mas na pandemia eu lavava muito mais e a limpeza com álcool nos objetos para matar o vírus”. Por outro lado, cerca de 8% (n= 5) dos alunos indicaram que essas medidas não são capazes de prevenir a doença de maneira isolada, como justifica o integrante 41 que respondeu: “Sim e não, pois o vírus também se espalha por meio do ar”. Apenas dois estudantes discordam que as medidas não são eficazes. Essa colocação, somada com as respostas a outra pergunta sobre a lavagem das mãos (Gráfico 1), em que a maioria dos jovens acerta as maneiras eficientes de assepsia das mãos, mostra que os participantes têm boa noção sobre o tema.



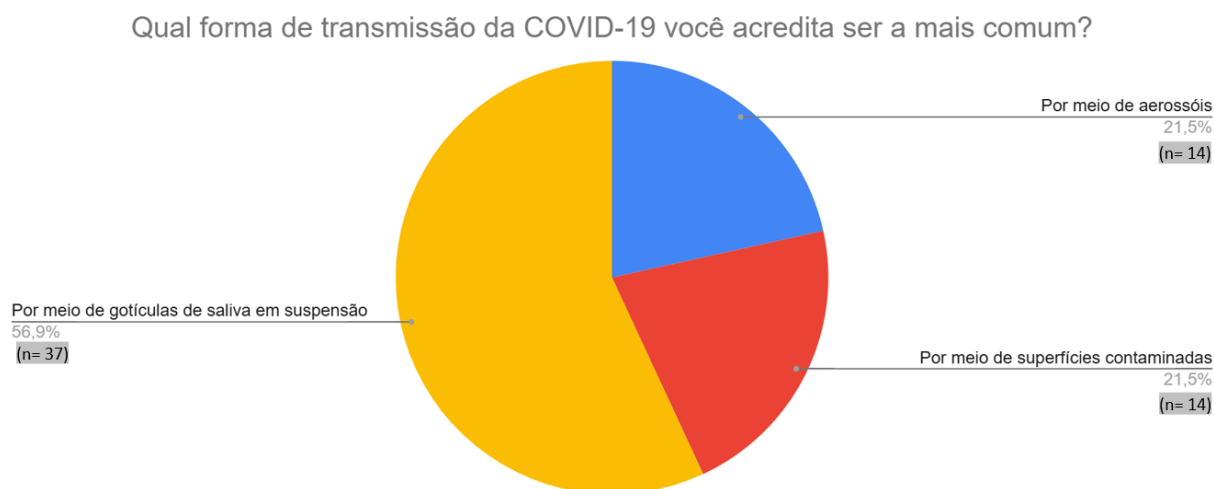
**Gráfico 1** Formas eficazes contra a transmissão do SARS-CoV-2 por antissepsia das mãos segundo os participantes.

No que diz respeito à pergunta 2: “Você acredita que o distanciamento social, isolamento social, lockdown e quarentena são medidas efetivas contra a COVID-19?”, aproximadamente 92% (n= 60) dos participantes demonstraram que se trata de um método efetivo na prevenção da doença. Entre as justificativas, a maioria coloca que isso evita o contágio, transmissão e até que “a doença se espalhe”, demonstrando também uma preocupação com o fato de a doença ser transmitida por via respiratória e aerossóis em suspensão, como coloca o estudante 19: “Sim, visto que o vírus se espalha através do ar”. Por outro lado, cinco estudantes (8%) colocaram que não acreditam na efetividade das medidas e falam sobre a importância de métodos alternativos em detrimento das dificuldades estabelecidas por medidas extremas como o lockdown. Nesse sentido, o participante 7 argumenta: “Pode ser sim bem eficaz, mas se uma pessoa de baixa renda que mora em uma casa com poucos compartimentos e muitas pessoas tentarem se isolar em casa, não vai ser bom”, enquanto o participante 37 aponta “Não, pois teríamos ainda que sustentar nossas famílias”.

No que diz respeito à pergunta 3: “Você acredita que o uso de máscara é efetivo contra a transmissão da COVID-19? Justifique sua resposta.”<sup>2</sup>, 91% (n=59) dos estudantes indicaram que é um método eficaz de combate à COVID-19, sobretudo por servir como barreira física para tosse,

<sup>2</sup> Reconhece-se que o termo 'COVID-19' foi usado de forma generalista para se referir à propagação do vírus. Do ponto de vista técnico-científico, as medidas de distanciamento e isolamento social atuam na prevenção da transmissão do vírus (SARS-CoV-2), e não da doença (COVID-19) em si. Para preservar a fidelidade do instrumento, as questões foram transcritas neste estudo em sua versão original, mas atentando-se a esse fato ao longo da discussão e análise dos dados.

espirro e saliva, estando essa última palavra onipresente nos argumentos dos estudantes a favor, como aponta o aluno 7: “Sim pois previne que o vírus seja espalhado pela saliva”. Essa importância dada às gotículas de saliva em suspensão se observa também nas respostas a outra questão, sobre a forma mais comum de transmissão do vírus da COVID-19, indicada no Gráfico 2, em que 56,9% (n=36) dos participantes afirmam que essa é a forma de transmissão mais comum. Ademais, o participante 23 coloca “[...] ela cria uma barreira física que diminui o risco de infecção, não só prevenindo de contrair o vírus como também de espalhar para as outras pessoas.” Entre aqueles que indicaram que nem sempre a máscara é funcional, muitos indicaram que o modelo e o modo de uso de cada pessoa influenciam na eficácia. Por fim, um dos jovens que indicou não acreditar que a máscara protege argumentou que “Não, pois o vírus passa pelas camadas da máscara” (estudante 34).



**Gráfico 2** Forma mais comum de transmissão do vírus da COVID-19 segundo os participantes

Quanto à pergunta 6: “Você acha que a testagem em massa é uma medida de prevenção? Discorra.”, nove participantes não entenderam o real valor da pergunta, tendo atribuído à fase de testagem dos imunizantes para aprovação de uso, por isso essas respostas não contaram para as seguintes porcentagens. Assim, 64% (n= 33) colocaram-se a favor desse método, argumentando que seria uma forma de controlar a pandemia. Outra justificativa foi o fato de o método permitir o isolamento de casos positivos, sendo que o aluno 33 trouxe o exemplo do futebol como favorável a realização de testes: “Por exemplo, no futebol, toda a equipe fazia o teste antes dos jogos, o que evitou que muitos jogassem infectados pelo vírus, impedindo a transmissão para os adversários e até companheiros” Todos os alunos contrários indicaram que a testagem apenas identifica os casos, sem ter impacto na prevenção da doença. Por outro lado, é preciso ressaltar que a testagem de massa ou busca ativa dos casos não foi uma estratégia adotada nacionalmente no Brasil, o que pode justificar o desconhecimento e aparente dificuldade de se discutir esse método entre os mais jovens.

Quanto à pergunta 4: “Você acha que a vacinação contra a COVID-19 é segura e eficiente? Justifique sua resposta”, houve uma taxa menor de aprovação em relação aos demais métodos, 74% (n= 48) dos jovens se posicionaram a favor, 18% (n= 12) foram indeterminados e 8% (n=5) contra o meio. Quanto à justificativa dos alunos a favor estava a razão epidemiológica, fruto da observação dos alunos dos dados noticiados, como o participante 40 coloca: “[...] é só ver os

dados antes da vacina o nível de contágio era altíssimo e depois da vacina foi diminuindo.” Existe também uma concepção baseada na imunologia como diz o aluno 7: “Ajuda e reforça nosso sistema imunológico.”

Outro viés é a confiança científica, expressa por muitos jovens, como o 24 coloca: “A vacinação foi disponibilizada apenas depois de extensas pesquisas feitas por cientistas e se mostrou eficiente no combate à doença.” Essa maioria também se reflete nas respostas a outras questões (Tabela 1) em que a maioria concordou com a proteção atribuída às vacinas e necessidade da sua obrigatoriedade. A diminuição da gravidade dos casos contribui com a concepção imunológica e foi citada, como diz o aluno 1: “Ela é eficiente em prevenir casos

graves.” Por fim, a própria vivência dos alunos também foi muito ressaltada, como coloca o aluno 19: “[...] todos os meus familiares que tomaram a vacina estão bem”.

Por outro lado, os estudantes que não se especificaram como a favor ou contra essa pergunta indicaram que a vacina seria apenas eficiente e não segura, como diz o aluno 2: “Segura eu não sei, mas é o que dizem; eficiente acredito que seja eficaz”. Também houve alunos que indicaram a relação entre eficácia a cada fabricante, como colocaram os 9 e 10: “Depende da vacina”. Esse fato se repete nas respostas a outra pergunta, como mostra a Tabela 1, em que a maioria dos estudantes concorda parcialmente ou totalmente com a superioridade de vacinas de RNAm, indicando que após a pandemia, a técnica e fabricante aparecem como uma preocupação da população.

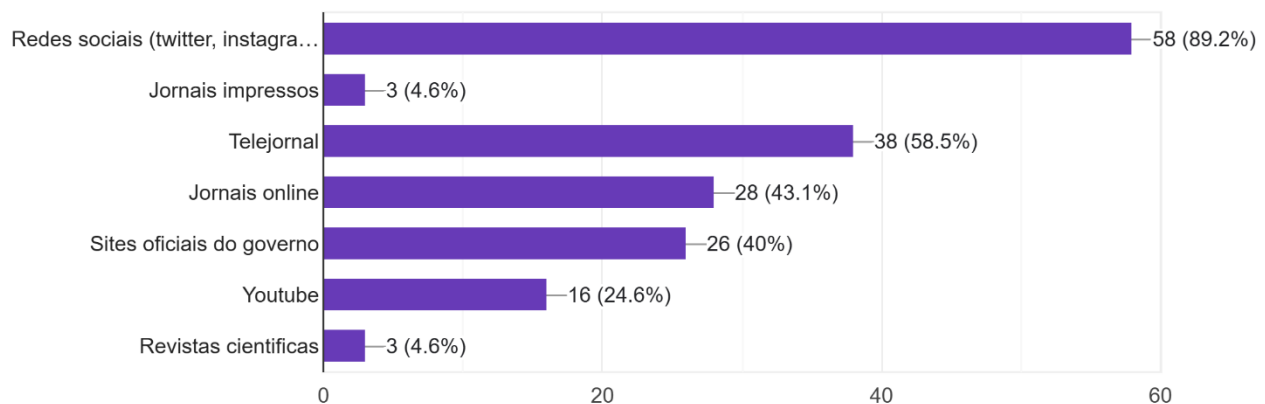
**Tabela 1 – Resultado das questões de escala Lickert**

Afirmação	Discordo totalmente		Discordo parcialmente		Nem discordo nem concordo		Concordo parcialmente		Concordo totalmente	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Vacinas de RNAm (ácido nucléico), como a Pfizer, são melhores que as de outras biotécnicas.	1	1,6	4	6,3	36	56,3	14	21,9	9	14,1
As vacinas são importantes porque protegem as pessoas individualmente e coletivamente.	0	0	1	1,5	5	7,7	15	23,1	44	67,7
A vacinação deve ser obrigatória pois sua ausência pode acarretar problemas para todos.	1	1,6	3	4,7	8	12,5	16	25	36	56,3
Notícias veiculadas na internet afetaram/afetam minha percepção sobre a prevenção da COVID-19.	4	6,3	8	12,5	18	28,1	21	32,8	13	20,3
Sou bem instruído sobre a pandemia da COVID-19 e minhas dúvidas são bem esclarecidas a respeito da mesma.	0	0	7	11,1	11	17,5	26	41,3	19	30,2

Outro fator muito citado nessa mesma pergunta foi o fato de pessoas vacinadas ainda contraírem a doença, como coloca o aluno 33: “Segura sim, eficiente mais ou menos, penso assim porque pelos dados, pessoas que tomaram a vacina ficaram mais resistente contra a morte pela COVID, mas mesmo vacinados, muitos pegaram”. Por sua vez, os alunos contrários ao uso das vacinas indicaram o curto tempo de produção: “Não, porque foi desenvolvida em menos de um ano” (Estudante 8) e o fato de terem reações diferentes em diferentes pessoas. Ainda que a minoria dos estudantes tenha apresentado valor contrário ao uso de vacinas contra a COVID-19, faz-se necessário aprofundar a gênese dessa questão.

Quanto à pergunta 14: “Você acha importante que a escola aborde assuntos relacionados com a pandemia da COVID-19? Justifique sua resposta”, 92% (n= 59) considera importante. Entre as justificativas estão a necessidade de informação para a conscientização, como indica o aluno 40: “[...] com mais aulas sobre tal assunto vai obviamente gerar mais informações e informações são passadas rapidamente, seria uma forma de prevenção” e 4: “Na verdade, a escola deve apresentar e falar sobre qualquer tipo de doença comum”. Muitos estudantes também falaram sobre a conscientização para combate de novas pandemias e pela dimensão e consequências da pandemia da COVID-19. Outro viés foi o fato de ser um conteúdo que pode vir a cair no vestibular. Essa percepção denota a importância atribuída pelos jovens ao conhecimento em vista a prática de exames, que nos últimos anos vêm incorporando questões sobre a pandemia nos mais diversos contextos. Quanto aos jovens contrários, justificou-se o fato de a pandemia já ter passado e existirem outros meios de comunicação que podem ser utilizados para informação. Assim, como coloca a Tabela 1, a maioria dos participantes acredita ser bem instruído sobre a pandemia.

Quanto aos meios de comunicação e informação usados para se informar durante a pandemia sobre a COVID-19 (Gráfico 3), as redes sociais foram as mais citadas (89,2%), seguida pelo telejornal (58,5%) e pelos jornais online (43,1%). Esses dados somados ao fato de mais de 50% dos jovens concordarem total ou parcialmente que essas notícias afetam sua percepção sobre as medidas de prevenção, como mostra a Tabela 1, evidencia a importância de se discutir a busca por informação nessa faixa etária.



**Gráfico 3** Meios de comunicação mais utilizados para se informar sobre a pandemia segundo os consultados

Por fim, no que diz respeito à pergunta 16: “Como você acredita que futuras pandemias podem ser evitadas?”, grande parte dos estudantes colocou os mesmos métodos adotados no

combate a COVID-19, sobretudo, a higiene pessoal e adesão das vacinas, como coloca o aluno 22: “Aumentando a conscientização sobre a higiene pessoal, e incentivando a vacinação”. A importância da conscientização e pesquisas científicas também foi muito citada, estando também relacionada à necessidade de conhecer novas enfermidades: “Com estudos sobre as novas doenças que vierem em anos futuros” (estudante 26). Nesse contexto, apenas um aluno mostrou preocupação com os problemas relacionados ao meio ambiente, argumentando que evitar a poluição é uma estratégia para combater novas pandemias: “Com as pessoas evitando a poluição” (aluno 6). As palavras mais usadas nas respostas a essa questão estão sintetizadas na nuvem de palavras indicada na Figura 1.



**Figura 1** Nuvem de palavras sobre formas de evitar novas pandemias segundo os estudantes.

## 5. DISCUSSÃO

Em primeiro plano, é necessário ressaltar a capacidade de debate do tema pelos mais novos, mobilizando as características da doença a fim de defender as ações de prevenção adotadas. Em média, no que diz respeito às questões de concordância, por meio de uma média aritmética simples das porcentagens das perguntas sobre desinfecção e assepsia, isolamento social, uso de máscaras e vacinação, soma-se 86,5% de aprovação dessas recomendações. Nesse contexto, a cada 10 estudantes, 8 se colocaram a favor das mesmas. Essa alta taxa foi pautada na mobilização da argumentação por meio dos variados aspectos da doença/vírus e também das vivências individuais de cada aluno.

É necessário ressaltar que o contexto em que os alunos estavam inseridos favorece essa realidade, já que o ambiente escolar, por aproximar os mais jovens de professores e conteúdos voltados ao assunto, permite discussões que suportam a adoção das medidas de prevenção a doenças respiratórias como a COVID-19. Ademais, como mostra o trabalho de Santiago et al. (2022), o Governo do Estado do Ceará mobilizou muitos esforços nas campanhas de saúde nesse período, principalmente relacionado a vacinação, o que também auxilia na maior convergência entre as percepções dos alunos a essas medidas preventivas.

A mobilização da experiência dos estudantes, experimentada nas respostas às perguntas sobre testagem em massa, vacinação ou lavagem das mãos, por exemplo, remontam a teoria de Vygotsky ao indicar que “a saúde e todo o seu sistema complexo, está intimamente ligada às práticas culturais que as pessoas trazem em si ou na sua comunidade.” (Montes et al., 2020, p. 136). Desse modo, o que foi vivido corroborou para a dialogicidade com os aspectos teóricos da prevenção da doença. Nesse sentido, sobretudo em um contexto de educação em saúde, é importante que seja impulsionado pelos profissionais da educação a relação crítica com o conteúdo, inspirado na obra de autores como Paulo Freire (2021) e José Carlos Libâneo (2002).

Ainda nesse viés, a maioria dos alunos foi capaz de articular conhecimento teórico com o vivenciado durante a pandemia. Isso indica a importância de os parâmetros curriculares continuarem preconizando temas que dizem respeito à saúde, a fim de melhorar o conhecimento durante a formação inicial dos mais novos, o que resulta em maior preparação para momentos de crise. Quando perguntados se a escola deve abordar temas relacionados a COVID-19, 92% dos estudantes se mostraram favoráveis, principalmente sobre o viés de “conscientizar para prevenir”. Freire (2023), em *Pedagogia da Autonomia*, coloca a realização da assunção dos objetos de conhecimento como alvo da educação, sendo o estudante o sujeito que irá assumir o que está sendo ensinado ao ponto de colocar aquilo como prática em sua vida. Nesse sentido, Grabowski e Roriz (2021) argumentam “as escolas deveriam adaptar-se para apresentar a seus alunos um olhar crítico sobre os conteúdos que ela mesma lhes apresenta” (p. 11).

Sobre o distanciamento social, os números do atual trabalho corroboram os achados de Bezerra et al. (2020) que indica que 89% das pessoas acreditam que o isolamento social é capaz de reduzir o número de óbitos da COVID-19. Ademais, o autor ainda destaca que 20% dos consultados em seu estudo transversal afirmaram ter parado de ganhar dinheiro durante o lockdown, o que reflete o fato dos estudantes contrários se justificarem em prol do impacto econômico. Ainda assim, essas colocações são esperadas devido a localização do campo dessa pesquisa, uma escola pública da periferia, em que se encontra uma população mais vulnerável socialmente frente ao isolamento social (Tramontano & Nascimento, 2023). Esse fato se justifica também, ainda mais em adolescentes, pelas famílias mais pobres não gozarem de espaço adequado em sua residência para estudo, trabalho e lazer (Grabowski & Roriz, 2021).

Quanto à vacinação, a hesitação vacinal é um fenômeno marcante do período pós pandemia diante do agravamento da polarização política e das adversidades econômicas, que dificultam a adesão aos imunizantes (Souto et al., 2024). Outro fator é que algumas marcas de vacinas, como a CoronaVac, foram mais alvo de notícias falsas nas redes sociais (Rosa et al., 2023). Esses dados também acendem o alerta para o perigo das *fake news*, sobretudo nessas redes (Rosa et al., 2023), que Tramontano e Nascimento (2023) ainda acrescentam como um fator de vulnerabilidade a teorias conspiratórias e negacionistas. Santiago et al. (2022) também ratifica essa ideia, como argumenta: “As redes sociais propiciam que todos opinem sobre tudo, porém não existe compromisso com os fatos e com a verdade” (p. 276). Ademais, isso atenta ao fato de que 5 em cada 10 brasileiros relataram se encontrar com frequência com notícias que parecem falsas, segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2023).

A pesquisa de *survey* de Massarani et al. (2021) investigou a percepção pública de brasileiros sobre a pandemia. Entre os paralelos com a presente pesquisa, destacam-se que os participantes se consideram bem instruídos sobre os aspectos da pandemia, bem como a fonte de informação: TV, sites ou portais de notícias e redes sociais. Essa pesquisa também revelou que

“a escolaridade é um bom preditor para a presença do hábito de checar a informação recebida” (Massarani et al., 2021, p. 3271). Diante disso, é substancial que professores e demais profissionais da educação continuem investindo tempo em orientar os escolares sobre fontes de informação segura e confiável ou como identificar notícias falsas. Assim, Alves (2004) dissera que “mais importante que saber é saber onde encontrar” o que reforça a necessidade de orientação para alunos sobre fontes de informação.

Outro paralelo notório com o estudo de Massarani et al. (2021) foi o surgimento da confiança traduzido nas respostas dos participantes desta pesquisa, relação que se destaca em citações de termos como: “cientistas”, “pesquisas” e até instituições como a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Nesse sentido, ao realizar uma análise no Instagram da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), Martins e Oliveira-Costa (2022) mostraram a importância das redes sociais das entidades públicas de saúde serem ativas. Desse modo, a busca por esses sites de instituições oficiais mostra a confiança atribuída a fontes que trabalham com evidências científicas (Gonçalves & Barbosa, 2024). Esses resultados também corroboram a análise de Sígolo et al. (2023), que revela aumento do interesse pela ciência entre os mais pobres.

Ainda sobre o uso de sites oficiais, no cenário cearense de combate a pandemia houve amplo investimento e compromisso com o uso das redes sociais em favor da propagação da informação. Nesse contexto, Santiago et al. (2022), ao relatar a experiência da Secretaria de Saúde do Ceará (SESA) na comunicação em saúde, coloca expressivo aumento nos acessos nas redes desta pasta. Eles relatam que em janeiro de 2020, o Instagram da secretaria somava 14.686 seguidores, saltando para 72.791 em março do mesmo ano. Esses dados mostram a tendência ao uso das redes como fonte de informação durante a pandemia da COVID-19.

Assim, também se faz necessário ressaltar que o simples uso das redes sociais como fonte de informação não acarreta riscos. Fagundes et al. (2021) coloca que “é preciso considerar as diferentes formas e repertórios acionados pelos sujeitos no momento de consumo das informações que circulam por essas tecnologias [...] a partir das quais eles se conectam aos seus círculos sociais e a líderes de opinião” (p.10). Nesse contexto, Ostermann & Rezende (2020) colocam o protagonismo da escola como espaço de combate às *fake news*, indicando que nem sempre os estudantes assumem discursos anticientíficos por conhecimento local e cultura, mas também porque não há identificação com a ciência ensinada nas escolas.

Nesse contexto, a taxa menor de estudantes que apoiam as medidas de vacinação adotadas na pandemia, em relação a outros meios, parece estar intrinsecamente ligada ao alto número de alunos que relataram se informar sobre a pandemia por meio das redes sociais. Esse fato preocupa a medida que indica que a relação entre jovens e essas comunidades virtuais pode modificar sua percepção de assuntos socialmente pertinentes, inclusive alterando suas escolhas quanto à tomada de decisão de saúde.

Por fim, a falta de colocações que relacionam a saúde ambiental com a humana e a emergência de novas pandemias preocupa, visto que já é sabido que as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade são fatores que contribuem com a gênese de novas epidemias. Assim, Artaxo (2020) coloca: “Os ecossistemas preservados e em equilíbrio têm um papel importante para a dinâmica e controle de doenças zoonóticas e infecções transmitidas por vetores” (p. 59). Essa noção parte do conceito de saúde única, que liga a saúde humana, animal e ambiental (Artaxo, 2020). Urge então a necessidade dos alunos se apropriarem dessas noções. As frequentes citações sobre a ciência pelos jovens corroboram o dado de Sígolo et al. (2022) que identificou o

aumento impressionante do interesse pela ciência entre os brasileiros durante a pandemia, visto que “a pandemia explicitou a dimensão política da saúde pública e da ciência em contextos democráticos em tensão” (Sígolo et al., 2022, p. 5).

## 6. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

As respostas ao questionário levantaram saberes importantes para as práticas de educação científica e em saúde, visto que são capazes de descrever a lógica da relação entre a vivência durante a pandemia e o conhecimento dos alunos. Diante da colocação dos participantes da pesquisa, o uso das suas vivências pessoais na totalidade da sua existência histórico-cultural resulta em argumentações ora favoráveis, ora contrárias às medidas adotadas para o combate à pandemia. Além disso, a maioria dos estudantes mobilizou conhecimento teórico a fim de justificar suas colocações, sobretudo aqueles que se colocavam como favoráveis às medidas de prevenção.

A vontade dos estudantes que se discutam temas relacionados à pandemia na escola fortalece o que está preconizado nos documentos referenciais, como a própria BNCC-EM que levanta necessidade de que o ensino escolar seja baseado em competências e habilidades usados no dia-a-dia dos alunos. Além disso, percebe-se por meio desta pesquisa a importância da consulta de opinião para captar sentimentos e lições desse período tão importante na saúde pública. Contudo, também é notório os desafios de implementar esses canais, visto que não há espaço adequado para tal. Assim, o uso das discussões em sala de aula somadas com a perspectiva de políticas no enfrentamento às questões de emergência em saúde, atuariam no combate a novos problemas, como a hesitação vacinal, que reflete a vacinação como um novo tema controverso na educação brasileira, um fenômeno pós pandêmico.

Por outro lado, muitos alunos citaram os imunizantes como forma de prevenir novas pandemias. Essa confiança dada pelos mais novos a essas substâncias foi usualmente relacionada a aspectos epidemiológicos, da própria resposta imune, mas também a instituições de pesquisa. A pesquisa científica por sua vez, junto as vacinas aparecem como meio de prevenir as futuras pandemias. Contudo, ainda que seja um conhecimento bem estabelecido na comunidade científica que os impactos ambientais e questões climáticas influenciam na saúde humana, a saúde única ainda não atravessou os muros da educação básica.

Assim, diante da setorização do conhecimento nesse nível, problemas de saúde ambientais e de saúde humana ainda não se relacionam para os jovens de ensino médio, o que deve mudar para integralização da aprendizagem. Essa demanda chama atenção para o alcance da interdisciplinaridade na educação básica. Se os estudantes reconhecem as instituições superiores de pesquisa, essa relação deve ser fomentada. O aumento do acesso às redes de comunicação dessas entidades reflete também uma aclamação: a sociedade civil deseja saber em que essas instituições estão trabalhando. Nesse sentido, as escolas e o ensino básico são terreno propício para essa aproximação. Desse modo, não há necessidade de se esperar novas emergências para que a ciência se demonstre útil, não há de se esperar a queda na confiança e interesse público na ciência, mas sim é preciso que haja aproximação entre as partes.

O uso das redes sociais como fonte de informação já vinha sendo uma tendência, mas se estabeleceu com a pandemia da COVID-19. É preciso assumir que as redes sociais como fonte de

informação podem influenciar o ensino no Brasil e a partir disso pensar como as escolas podem trabalhar para orientar seus alunos em relação a fontes de informação.

É preciso considerar que neste artigo se explora uma realidade específica de uma escola por meio de uma abordagem qualitativa. Os resultados apresentados aqui podem corroborar a compreensão da percepção e de modos de raciocínio entre os mais novos. Acredita-se que a partir dos resultados sintetizados acima podem ser traçados não só novos métodos em Educação em Saúde, mas além disso ferramentas políticas e de comunicação.

## REFERÊNCIAS

- Alves, É. C. R. de F., Santos, R. G. dos, Vilela, L. A. R., Ferreira, L. D. N., Buzzo, M. O., Lima, A. F. N., Pires, R. F. C., & Santos, J. E. A. dos. (2021). Análise da percepção dos alunos do CEPI Dom Veloso frente à aprendizagem remota em tempos da pandemia COVID-19. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 1578–1598. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-108>
- Alves, R. (2004). *Entre a ciência e a sapiência: o dilema da educação*. Edições Loyola.
- Artaxo, P. (2020). As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, 34(100), 53–66. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>.
- Baptista, A. B., & Fernandes, L. V. (2020). COVID-19: Análise das estratégias de prevenção, cuidados e complicações sintomáticas- *Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 7(Especial-3), 38–47. <https://doi.org/10.20873/uftsuple2020-8779>.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bezerra, A. C. V., Silva, C. E. M., Soares, F. R. G., Silva, J. A. M. (2020). Fatores associados ao comportamento da população durante o isolamento social na pandemia de COVID-19. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 2411–2421. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10792020>.
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Ministério da Educação. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.
- Brasil. (2019). *Temas contemporâneos transversais na BNCC: Propostas de práticas de implementação*. Ministério da Educação.
- Ceará. (2021). *Documento Curricular Referencial do Ceará: Ensino Médio*. Governo do Estado do Ceará. <https://www.seduc.ce.gov.br/documento-curricular-referencial-do-ceara/>.
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (2024). *Percepção pública da C&T no Brasil – 2023: Resumo executivo* (30p.). CGEE. <https://static.poder360.com.br/2024/05/percepcao-ciencia-tecnologia-15mai2024.pdf>.
- Eiterer, C. L., Medeiros, Z. (2010). *Metodologia da pesquisa em educação*. Curso de Pedagogia da UAB.
- Fagundes, V. O., Massarani, L., Castelfranchi, Y., Mendes, I. M., Carvalho, V. B., Malcher, M. A., Miranda, F. C., & Lopes, S. C. (2021). Jovens e sua percepção sobre fake news na ciência. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 16(1), e20200027. <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2020-0027>.
- Freire, P. (2021). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.
- Freire, P. (2023). *Pedagogia da Autonomia*. Paz e Terra.
- Ganaqui, L., & Menin, O. H. (2020). O tema doenças infecciosas no ensino médio: análise de livros didáticos do Exame Nacional do Ensino Médio e percepção dos alunos. *Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio*, 13(2), 361–378. <https://doi.org/10.46667/renbio.v13i2.319>.
- Gonçalves, C. C., & Barbosa, R. R. (2024). Busca de informação durante a pandemia de Covid-19. *Ciência da Informação em Revista*, 11, e16622. <https://doi.org/10.28998/cirev.2024v11e16622>.

- Grabowski, G., & Roriz, J. P. (2025). Pandemia de COVID-19 e os impactos no desenvolvimento dos estudantes do ensino fundamental. *Brazilian Journal of Health Review*, 8(1), e77190. <https://doi.org/10.34119/bjhrv8n1-273>.
- Libâneo, J. C. (2002). *Democratização da escola pública: A pedagogia crítico-social dos conteúdos*. Edições Loyola.
- Massarani, L., Mendes, I. M., Fagundes, V., Polino, C., Castelfranchi, Y., & Maakaroun, B. (2021). Confiança, atitudes, informação: um estudo sobre a percepção da pandemia de COVID-19 em 12 cidades brasileiras. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(8), 3265–3276. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021268.05572021>.
- Martins, B. N., & Oliveira-Costa, M. S. (2022). As redes sociais virtuais e vigilância em saúde: O Instagram da Anvisa na pandemia de COVID-19. *Comunicação em Ciências da Saúde*, 33(4), 1–23. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/63557>.
- Montes, S. de S., Souza, A. C. S., & Fraga, H. C. J. R. (2020). O processo de saúde-doença na perspectiva da teoria histórico-cultural de Lev Semyonovich Vygotsky. *Scientia: Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 124–140. <https://revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/7975>.
- Moraes, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22(37), 7–32. [http://cliente.argo.com.br/~mgos/analise\\_de\\_conteudo\\_moraes.html](http://cliente.argo.com.br/~mgos/analise_de_conteudo_moraes.html).
- Ostermann, F., & Rezende, F. (2020). Uma interpretação da educação em ciências no Brasil a partir da perspectiva do currículo como prática cultural. *APeDUC Journal*, 1(1), 30-40. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/78>.
- Rosa, T., Delduque, M. C., & Alves, S. M. C. (2023). The COVID-19 pandemic and the fake news: a literature review. *Saúde E Sociedade*, 32(supl.1), e220918pt. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902023220918pt>.
- Santiago, R., Moreira, F. J. F., & Medina, L. L. G. (2022). Assessoria de comunicação: Relação entre mídias sociais, imprensa e COVID-19. Uma análise crítica. In F. J. F. Moreira & L. L. G. Medina (Orgs.), *Enfrentamento à COVID-19: A construção da coragem coletiva* (p. 276–291). Escola de Saúde Pública do Ceará.
- Sígolo, V. M., Percassi, J., Arantes, P. F., Sano, H., Moura, M., Foguel, D., Smaili, S. S., & Chioro, A. (2023). A onda pró-ciência em tempos de negacionismo: percepção da sociedade brasileira sobre ciência, cientistas e universidades na pandemia da COVID-19. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(12), 3687–3700. <https://doi.org/10.1590/1413-812320232812.20212022>.
- Souto, E. P., Fernandez, M. V., Rosário, C. A., Petra, P. C., & Matta, G. C. (2024). Hesitação vacinal infantil e COVID-19: uma análise a partir da percepção dos profissionais de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 40(3), e00061523. <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT061523>.
- Souza, M., Wall, M. L., Thuler, A. C. M. C., Lowen, I. M. V., Peres, A. M. (2018) The use of IRAMUTEQ software for data analysis in qualitative research. *Rev Esc Enferm USP*. 2018;52:e03353. <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2017015003353>.
- Tramontano, L., & Nascimento, M. A. F. (2023). “Aqui na favela, nada parou”: Percepção da pandemia de COVID-19 por homens jovens do Complexo da Maré. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(12), 3715-3724. <https://doi.org/10.1590/1413-812320232812.10502023>.

**ESTUDO DOS ANAIS DA FEIRA DE CIÊNCIAS DO SEMIÁRIDO POTIGUAR:  
EXPLORANDO AS TEMÁTICAS AMBIENTAIS ENTRE 2011-2021**

A STUDY OF THE PROCEEDINGS OF THE SCIENCE FAIR OF THE SEMI-ARID REGION OF RIO GRANDE DO NORTE: EXPLORING ENVIRONMENTAL THEMES BETWEEN 2011 AND 2021

UN ESTUDIO DE LAS ACTAS DE LA FERIA DE CIENCIAS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE RIO GRANDE DO NORTE: EXPLORANDO TEMAS AMBIENTALES ENTRE 2011 Y 2021

**João Pedro Ribeiro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Brasil  
jpedromardegan@gmail.com

**RESUMO** | Este artigo apresenta um estudo focado em uma análise bibliográfica, que teve como objetivo discutir e compreender a presença das temáticas ambientais nos projetos desenvolvidos em escolas do Rio Grande do Norte e apresentados na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar, analisando os anais do evento da primeira, 2011, até a última edição disponível, 2021. Foram recuperados mil setecentos e quarenta e dois resumos, e entre estes mais de seiscentos trabalharam com temáticas ambientais. Os principais resultados demonstraram que os estudantes e professores da região do Semiárido Nordeste têm-se preocupado com as questões socioambientais e, por meio do desenvolvimento dos projetos científicos nas escolas e apresentados na feira, têm buscado alternativas para as problemáticas ambientais e sociais que encontram, com viés de construir comunidades e espaços mais sustentáveis de vivência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temáticas Ambientais, Feira de Ciências do Semiárido Potiguar, Anais do evento.

**ABSTRACT** | This article presents a study focused on a bibliographic analysis, which aimed to discuss and understand the presence of environmental themes in projects developed in schools in Rio Grande do Norte and presented at the Semi-Arid Potiguar Science Fair, analyzing the event's proceedings from the first edition in 2011 to the last available edition in 2021. One thousand seven hundred and forty-two abstracts were retrieved, and among these, more than six hundred dealt with environmental themes. The main results demonstrated that students and teachers in the Northeastern Semi-Arid region have been concerned with socio-environmental issues and, through the development of scientific projects in schools and presented at the fair, have sought alternatives to the environmental and social problems they encounter, with a view to building more sustainable communities and living spaces.

**KEYWORDS:** Environmental Themes, Science Fair of the Potiguar Semi-Arid Region, Event proceedings.

**RESUMEN** | Este artículo presenta un estudio centrado en el análisis bibliográfico, cuyo objetivo fue discutir y comprender la presencia de temas ambientales en proyectos desarrollados en escuelas de Rio Grande do Norte y presentados en la Feria de Ciencias del Semiárido Potiguar, analizando las actas del evento desde la primera edición en 2011 hasta la última edición disponible en 2021. Se recuperaron mil setecientos cuarenta y dos resúmenes, de los cuales más de seiscientos abordaron temas ambientales. Los principales resultados demostraron que estudiantes y docentes de la región Semiárida Nororiental se han preocupado por las cuestiones socioambientales y, a través del desarrollo de proyectos científicos en escuelas y presentados en la feria, han buscado alternativas a los problemas ambientales y sociales que enfrentan, con miras a construir comunidades y espacios de vida más sostenibles.

**PALABRAS CLAVE:** Temas Ambientales, Feria de Ciencias del Semiárido Potiguar, Actas del Evento.

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais tem-se levantado o papel da escola na construção e aprimoramento da sociedade, já que esta, para além de auxiliar os jovens na apropriação de conhecimentos historicamente construídos, tem voltado seu papel também para a formação cidadã e na conscientização em relação às atuais demandas da sociedade. Conforme indica Carneiro (2023), é evidente que a escola tem um papel substancial na formação para a cidadania, pois é um dos principais espaços de socialização e desenvolvimento intelectual, ético e emocional dos indivíduos e, além disso, dentre os principais aspectos da importância das escolas, destacam-se o desenvolvimento do senso crítico, a formação de valores, conhecer direitos e deveres, participação política e social, combate às desigualdades e convivência democrática.

Atualmente, uma das maiores demandas da sociedade está pautada na construção de comunidades mais justas, equilibradas e sustentáveis. É notório que, ao redor do mundo, nota-se uma crise ambiental e civilizatória, em que as consequências das ações antropogênicas no meio natural têm resultado no crescimento de problemáticas ambientais e consequências à vida de inúmeras pessoas, sobretudo as mais vulneráveis. Assim, a escola, que é um dos espaços para a formação cidadã dos jovens, deve atentar-se a essa realidade e contribuir para a formação de jovens que conheçam e atuem nessa realidade, buscando revertê-la (Pinheiro, Torres & Menezes, 2024).

Os problemas ambientais têm impactos profundos e crescentes nas sociedades, e afetam não só a qualidade ambiental, mas também a saúde das pessoas e a estabilidade social. A exemplo disso, até mesmo a escassez de recursos naturais, como a água, e terras férteis pode gerar conflitos internos e inclusive entre países. Além disso, a degradação do solo, e poluição e os eventos climáticos extremos que prejudicam a produção de alimentos podem afetar diretamente a nutrição e a saúde das populações mais carentes, que já têm dificuldades para garantir alimentação de qualidade.

Essa discussão também está associada ao que se denomina como *One Health*, isso porque, conforme indicam Lerner e Berg (2015), esse conceito refere-se a uma abordagem integrada que reconhece a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, defendendo que o bem-estar de toda a população depende desses elementos e que estão profundamente conectados. Portanto, necessita de atuação conjunta de diferentes áreas do conhecimento, como medicina, veterinária e ciências ambientais, na prevenção de doenças e enfrentamento dos desafios globais, como pandemias, mudanças climáticas e resistência antimicrobiana.

Em complemento, segundo Cavalcante, Avelar e Dusek (2025), é na escola, e por meio de ações críticas, que o educando, se estimulado, é capaz de ter condições para buscar transformações de si mesmo e de seu local de vivência, ou seja, por meio da implementação de soluções práticas debatidas e dialogadas na escola é que a cultura da sustentabilidade pode surgir efeitos e modificar a cultura de degradação vigente.

Assim, quando a escola compreende seu papel na sociedade e permite que seu corpo de alunos e funcionários trabalhe no desenvolvimento de projetos que culminem na prática de ações, bem como a discussão que permeia a sustentabilidade, permite o florescimento de um novo modo de pensar, agir, refletir e cooperar em prol da construção de espaços mais sustentáveis, considerando as diversas realidades e também contextos. Logo, conforme indica

Pinheiro et al. (2024) a escola pode ser um dos espaços que articulam, na sociedade, a busca pela construção de comunidades mais justas, equilibradas e sustentáveis.

Em complemento, Farias, Oliveira Borges e Colagrande (2024) enfatizam que nas escolas há de ser necessário integrar estratégias pedagógicas mais intencionais e contextualizadas em relação às questões ambientais e à própria sociedade, ampliando a compreensão crítica dos estudantes sobre problemáticas ambientais, adotando metodologias mais participativas, interdisciplinares e dialógicas, como a realização dos projetos, permitindo, assim, que os estudantes ampliem a visão sobre os desafios socioambientais contemporâneos, com responsabilidade, autonomia e engajamento.

Com isso em mente, realizou-se este estudo, que é um recorte de uma pesquisa de mestrado, desenvolvido em um programa na área de Ensino de Ciências. Neste recorte, o objetivo é discutir e compreender sobre a presença das temáticas ambientais nos projetos desenvolvidos em escolas do Rio Grande do Norte e apresentados na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar, analisando os anais do evento da primeira até a última edição disponível, de 2011 a 2021.

Assim, a questão de investigação deste trabalho é: quais são as temáticas ambientais mais trabalhadas pelas comunidades escolares do Rio Grande do Norte e apresentadas na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar? Compreendendo, portanto, como as temáticas ambientais têm sido trabalhadas nos projetos desenvolvidos por escolas do Rio Grande do Norte e apresentados na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar e disponibilizados nos anais do evento. Com isso, a presente pesquisa apresenta sua relevância ao permitir compreender de que maneira as temáticas ambientais tem sido incorporadas às práticas escolares, ou seja, como as escolas tem respondido aos desafios ambientais da região.

A relevância desta investigação reside na necessidade de compreender como as temáticas ambientais vêm sendo incorporadas às práticas escolares em uma região marcada por desafios socioambientais, como o Semiárido potiguar. Ao analisar os anais da Feira de Ciências, o estudo permite identificar não apenas os principais problemas ambientais percebidos pelas comunidades escolares, mas também as estratégias e soluções propostas por estudantes e professores. Além disso, a pesquisa contribui para evidenciar o papel da escola como espaço de formação crítica e de promoção da sustentabilidade, destacando seu potencial na construção de uma consciência socioambiental voltada à transformação da realidade local.

## **2. O ENSINO E AS FEIRAS DE CIÊNCIAS**

O ensino das ciências é de suma importância para o desenvolvimento individual e coletivo, uma vez que auxilia na promoção do pensamento crítico, da curiosidade e também na compreensão do mundo com diferentes visões e perspectivas. No que se refere às ciências da natureza, segundo Braga (2024) esta estimula os estudantes a observar, questionar, experimentar, analisar e também tirar conclusões com base em evidências e dados coletados, aprimorando o raciocínio lógico e também a capacidade de resolver problemas de forma consciente e fundamentada.

Além disso, para Silva e Sasseron (2021), o ensino das ciências é essencial para a formação de cidadãos críticos, especialmente em um mundo cada vez mais influenciado pelos avanços tecnológicos e pelas descobertas científicas. Ademais, ainda segundo as autoras, desde a segunda

metade do século passado, pesquisadores e professores da área de ensino de ciências vêm destacando a importância de transformar as aulas de ciências em ambientes que vão além da mera transmissão de saberes e informações, incentivando os alunos em práticas de caráter investigativo, que estimulam a argumentação científica e a reflexão crítica.

Uma das formas de trabalhar de forma significativa com o ensino das ciências é por meio de ações práticas, vivenciando a produção e discussão de saberes científicos. Conforme indica Carvalho (2013), no ensino das ciências, deve haver atividades de caráter prático, como as propiciadas pela investigação, uma vez que estas colocam os alunos no centro do processo de ensino e aprendizagem, atribuindo autonomia a estes, possibilitando uma maior interação com os conhecimentos e saberes.

Em complemento, Hernandes e Ventura (1998) destacam que a realização de projetos no contexto das práticas e atividades de ensino é capaz de potencializar, nos estudantes, a criação de estratégias de investigação e debate de saberes científicos, além de organizar conhecimentos produzidos em sala, promovendo a interdisciplinaridade, a socialização entre os pares e também com demais membros da comunidade escolar, facilitando a apropriação dos saberes e também da argumentação científica.

É neste cenário que aparecem as feiras de ciências, uma vez que os projetos desenvolvidos nas escolas são apresentados nestes espaços, que cada vez mais crescem nacional e internacionalmente. Sobre as feiras de ciências, Hartmann e Zimmermann (2009) ainda, destacam que estas são eventos educacionais que incentivam os alunos à realização de projetos científicos e tecnológicos, explorando a criatividade, o pensamento crítico e também a investigação científica. As feiras possibilitam, também, promover a aprendizagem mais dinâmica e prática, bem como o interesse pelas ciências.

Além disto, Cantizane (2023) destaca que estas vão além da simples exposição de projetos e ideias; elas são capazes de proporcionar um ambiente em que os jovens estudantes podem explorar sua curiosidade, formulando hipóteses e também aprimorar habilidades investigativas. Para mais, no ato da feira de ciências há socialização dos projetos e troca de conhecimentos entre os estudantes, professores e todos os membros da comunidade, criando laços e conexões entre a escola e a sociedade.

Também, segundo Balbino e Júnior (2025), as feiras são um dos instrumentos pedagógicos mais importantes no contexto do ensino das ciências, isso porque são capazes de transformar as práticas educacionais, estimulando a construção ativa dos saberes pelos estudantes, por meio da investigação e dos procedimentos científicos. Além do que, as feiras de ciências possibilitam trabalhar com a interdisciplinaridade, posto que integram conhecimentos de diversas áreas do saber em torno de um projeto comum, articulando, assim, conteúdos das inúmeras áreas aplicados à resolução de problemas do cotidiano dos estudantes, o que incentiva a curiosidade e a criatividade.

Ainda, as feiras de ciências são excelentes oportunidades para os jovens estudantes proporem soluções para problemas reais, que eles mesmos vivenciam e notam no seu dia a dia, conectando o aprendizado escolar a questões cotidianas e às necessidades da própria comunidade. Essa abordagem transforma o evento em uma vivência significativa para o aluno, bem como transformadora, pois vai além de uma simples exposição de experimentos.

Além de que, as feiras de ciências têm ganhado cada vez mais destaque no Brasil, e estas podem ser entendidas como eventos científicos educativos em que os estudantes desenvolvem e apresentam projetos, sendo, portanto, estratégias pedagógicas que promovem aprendizagem ativa, interdisciplinar e significativa. As feiras são capazes de envolver diversos elementos interligados, como os estudantes, professores, escolas, universidades e comunidade, funcionando como um ponto de conexão entre ciência e sociedade. Contribuem, também, para o desenvolvimento da curiosidade, do pensamento crítico, da autonomia e da alfabetização científica dos estudantes, ao mesmo tempo em que favorecem práticas de ensino mais contextualizadas para os professores (Scaglioni et al. 2020).

Tem-se também que, conforme indicam Gallon et al. (2019), as feiras de ciências atuam como uma importante estratégia de divulgação e comunicação científica, indo além de simples exposições, permitindo que os estudantes não apenas produzam conhecimento, mas também aprendam a comunicá-lo, desenvolvendo habilidades argumentativas, de pensamento crítico e autonomia. Assim, as feiras são capazes de promover a alfabetização científica e favorecer a tornar os alunos protagonistas do próprio aprendizado, enquanto aproximam a ciência da escola e da sociedade, tornando o ensino mais significativo.

### **3. TEMÁTICAS AMBIENTAIS**

As temáticas ambientais podem ser compreendidas como assuntos, questões e desafios que estão relacionados ao meio ambiente e à integração entre sociedade e natureza, abrangendo desde aspectos relacionados à ecologia como também sociais, econômicos, culturais e políticos. Elas englobam tópicos como mudanças climáticas, conservação da biodiversidade, poluição, aquecimento global, gestão de resíduos, desmatamento, sustentabilidade, justiça ambiental e os impactos socioambientais das atividades humanas. Para Maranhão (2010), as temáticas ambientais podem ser compreendidas como objetos de estudos complexos que estão associados a discussões sobre o meio ambiente, sustentabilidade, biodiversidade e recursos naturais, e que exigem abordagens interdisciplinares, integrando diferentes áreas do conhecimento, com a finalidade de compreender as múltiplas dimensões que estes assuntos precisam.

Ou seja, partindo das concepções de Maranhão (2010), as temáticas ambientais podem ser: mudanças climáticas, aquecimento global, conservação da biodiversidade, poluição do ar, da água e do solo, gestão de resíduos, desmatamento, uso do solo, sustentabilidade, consumo responsável, justiça ambiental, recursos hídricos, energia renovável e impactos socioambientais de atividades humanas.

Neste contexto, no que diz respeito às temáticas ambientais, as abordagens interdisciplinares permitem que os estudantes analisem questões ambientais ancorados sob múltiplas perspectivas, incluindo os aspectos ecológicos, socioculturais e econômicos. Araujo (2019) evidencia que os projetos com foco em temáticas ambientais demandam essa integração de diferentes disciplinas, uma vez que somente assim será possível alcançar respostas efetivas e promover reflexões consistentes sobre os problemas estudados.

Além de que, ao realizar uma integração entre questões de ordem social com ambiental, ancorados na interdisciplinaridade, há possibilidade de fazer uma articulação com o campo da educação ambiental, portanto, torna-se uma ferramenta de conscientização e transformação social. Desse modo, ao trabalhar com as temáticas ambientais, representa um trabalho

integrador, ou seja, não estudando apenas fenômenos naturais, mas também compreendendo de forma mais efetiva a complexidade das relações entre sociedade e natureza, considerando os efeitos das ações humanas sobre o meio ambiente, promovendo práticas que contribuam para a sustentabilidade e melhora na qualidade de vida das presentes e futuras gerações.

No contexto da educação brasileira, o meio ambiente é reconhecido como um dos temas transversais desde a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (1997), em que já neste documento há destaque para a necessidade de abordar questões ambientais de forma interdisciplinar e articulada ao cotidiano dos estudantes. Essa perspectiva foi posteriormente consolidada pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2018), que reforça a importância da educação ambiental como eixo integrador do currículo, promovendo o desenvolvimento de competências relacionadas à responsabilidade socioambiental, à cidadania e à atuação crítica diante dos desafios contemporâneos. Dessa forma, trabalhar com temáticas ambientais nas escolas está alinhado às diretrizes educacionais nacionais, contribuindo para uma formação mais ampla e comprometida com a sustentabilidade.

Ribeiro, Balbino e Talamoni (2024), ao realizar uma pesquisa do tipo estado da arte, relacionando feiras de ciências, temáticas ambientais e a interdisciplinaridade, sob teses e dissertações defendidas no Brasil até 2023, destacam que foram identificados vinte e um trabalhos, evidenciando que, embora exista interesse na integração desses elementos, a quantidade de pesquisas ainda é limitada, mas que, ao longo do tempo, tem crescido o interesse nas investigações neste campo. Alegam, também, que as feiras de ciências são espaços promissores para o trabalho com temáticas ambientais de maneira interdisciplinar, uma vez que possibilitam promover reflexão crítica sobre questões ambientais e atuam como um instrumento de educação ambiental e científica.

Mas Ribeiro, Balbino e Talamoni (2024) destacam também que ainda são poucos os trabalhos que discutem sobre as temáticas ambientais nas feiras de ciências e que é necessário ampliar a produção de estudos e também realizar estudos mais aprofundados para explorar de maneira mais consciente as relações estabelecidas e, assim, difundir essa prática pedagógica e que seja enraizada nas escolas.

#### **4. METODOLOGIA**

Esta pesquisa apresenta uma análise dos resumos disponibilizados nos anais da feira de ciências do semiárido Potiguar, evidenciando quais as principais preocupações das comunidades escolares da região semiárida nordestina em relação às questões de cunho ambiental. Atualmente, há disponíveis 3 livros de resumos, sendo o volume 1 dos resumos apresentados entre 2011 e 2014, o volume 2 de 2015 a 2017 e o volume 3 de 2018 a 2021. Todos estes foram lidos para este trabalho, que compreende um total de 1742 trabalhos. Já para fins de análise deste trabalho, o critério de inclusão dos resumos foram os trabalhos que versavam sobre temáticas ambientais, conforme conceitua Maranhão (2010).

Assim, caracteriza-se como uma pesquisa cuja abordagem realiza uma combinação entre a análise bibliográfica e elementos da análise de conteúdo. Para tanto, a pesquisa bibliográfica baseou-se nas discussões feitas por Sousa, Oliveira e Alves (2021) e na análise de conteúdo em Bardin (2016). Foram selecionados os anais do evento, uma vez que os trabalhos nele

apresentados estão no formato resumo, e é possível compreender os principais focos de pesquisa desenvolvidos nas escolas do estado do Rio Grande do Norte.

Em relação à pesquisa bibliográfica, Sousa, Oliveira e Alves (2021) destacam que esta é uma investigação que parte de um material já publicado e que coloca os pesquisadores em contato direto com a produção teórica existente sobre uma temática, realizando análises críticas do material. Assim, foram seguidas as ideias dos autores para a realização da investigação. Primeiro foi delimitado o problema de investigação: quais são as temáticas ambientais mais trabalhadas pelas comunidades escolares do Rio Grande do Norte e apresentadas na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar e disponibilizadas nos anais do evento? E assim, foram baixados todos os livros de resumos disponibilizados no Portal da Feira, e também os disponibilizados pela Coordenação.

Em relação à Análise de Conteúdo (AC), conforme indica Bardin (2016), na primeira etapa foi realizada uma pré-análise de todos os anais disponíveis no Portal da Feira, por meio de uma leitura flutuante dos resumos ali presentes, visando familiarizar-se com o conteúdo e a forma de explanação dos textos. Depois, na segunda etapa, foi feita uma explanação mais ampla dos resumos, organizando as informações relevantes e selecionando os trabalhos cujos resumos indicavam trabalhar com temáticas ambientais. Logo em sequência, na terceira etapa, foi feito o tratamento dos resultados, em que foi realizada uma análise de todos os resumos com temáticas ambientais trabalhadas e a busca por compreender a preocupação dos pesquisadores da região do semiárido.

A categorização dos trabalhos foi realizada a partir de uma abordagem indutiva (a posteriori), ou seja, as categorias não foram definidas previamente, mas emergiram do próprio material analisado durante as etapas da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016). Após a leitura flutuante e a exploração mais aprofundada dos resumos, foram identificadas unidades de sentido relacionadas às temáticas ambientais.

Os critérios adotados para a construção das categorias foram predominantemente semânticos, baseados nos temas, conceitos e problemas ambientais abordados nos trabalhos. Assim, os resumos foram agrupados conforme a proximidade de significado entre os conteúdos, considerando palavras-chave, objetos de estudo, foco das discussões e tipos de problemas investigados. Além disso, buscou-se garantir homogeneidade interna (trabalhos com conteúdos semelhantes dentro da mesma categoria) e heterogeneidade externa (diferenciação clara entre as categorias), evitando sobreposições sempre que possível.

Dessa forma, as onze categorias resultam de um processo interpretativo sistemático, orientado pela recorrência temática e pela relevância dos assuntos ambientais presentes nos resumos analisados.

As categorias de agrupamentos dos trabalhos foram: 1) Água, cujos trabalhos que discutiram sobre abastecimento, chuva, poluição da água, redução do uso da água, reutilização, seca, tratamento/qualidade; 2) Agrotóxicos e inseticidas; 3) Ar: Poluição do ar e queimadas; 4) Territórios Sustentáveis: Arborização, casas/condomínios sustentáveis/autosustentáveis, fazendas/sítios/chácaras; 5) Energias Limpas: Biodigestor, biocombustíveis, elétrica, hídrica, imãs/bateriais, mecânica, solar; 6) Escolas sustentáveis: hortas, canteiros, estufas e viveiros – como projetos específicos; 7) Lixo: Descarte de materiais e reciclagem; 8) Preservação: Biomas,

ecossistemas, plantas e nascentes; 9) Solo: Poluição e uso; 10) Vegetais: Restos de comida no geral e uso dos restos vegetais/plantas e reaproveitamento; 11) Gerais: Percepções/relações sobre o meio ambiente. Ou seja, para discutir sobre a presença das temáticas ambientais, e quais eram elas, os trabalhos foram agrupados em onze categorias.

## 5. RESULTADOS

A Feira de Ciências do Semiárido Potiguar é realizada no âmbito estadual, com a participação de escolas das mais diversas diretorias de ensino regionais do Rio Grande do Norte. O evento Feira de Ciências, momento em que há apresentação dos trabalhos selecionados por cada uma das diretorias, é realizado na cidade de Mossoró. A Feira é realizada desde 2011, no contexto do Programa Ciência para Todos no Semiárido Potiguar <sup>1</sup>, em uma parceria entre a Universidade Federal Rural do Semiárido Potiguar (UFERSA), a Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e a Secretaria do Estado da Educação e Cultura do Rio Grande do Norte (SEEC-RN).

Em relação a Feira analisada, há três etapas em que as atividades são realizadas, sendo estas: 1) Feira de Ciências nas escolas, em uma etapa local em que são selecionados os projetos que vão representar as unidades escolares; 2) Feira de Ciências nas diretorias regionais, momento em que as regionais escolhem os projetos que vão representar toda a comunidade local; 3) Feira de Ciências em Mossoró, com a apresentação dos trabalhos escolhidos nas regionais.

A tabela 1 ilustra a quantidade de trabalhos totais e a quantidade de trabalhos voltados a temáticas ambientais apresentados ao longo das edições da Feira de Ciências do Semiárido Potiguar.

**Tabela 1-** *Trabalhos apresentados por edição da Feira de Ciências do Semiárido Potiguar*

Edição/ano	Quant. Total.	Quant. Temáticas Ambientais
1ª Edição/2011	28	14
2ª Edição/2012	182	75
3ª Edição/2013	189	89
4ª Edição/2014	165	60
5ª Edição/2015	178	79
6ª Edição/2016	211	70
7ª Edição/2017	190	78
8ª Edição/2018	34	19
9ª Edição/2019	200	77
10ª Edição/2020	131	43
11ª Edição/2021	234	71
Total	1742	675

<sup>1</sup> <https://cienciaparatodos.com.br/>

Já a tabela 2 ilustra as categorias dos trabalhos e a quantidade em que foram apresentadas no evento.

***Tabela 2 – Categorias dos trabalhos apresentados ao longo das edições***

Categorias	Quant. Total.
Água	153
Agrotóxicos e inseticidas	23
Ar	15
Territórios	45
Energias Limpas	97
Escolas sustentáveis	23
Lixo	117
Preservação de biomas	18
Solo	08
Vegetação	139
Gerais	37

Na primeira edição da Feira, que foi realizada no ano de 2011, como foi a primeira edição, a quantidade de trabalhos apresentados foi pequena em relação aos demais anos. Nesta edição, foram apresentados 28 projetos científicos desenvolvidos nas localidades do Semiárido, e deste total, 14 abordaram temáticas ambientais, ou seja, desde a primeira edição da feira, é evidente que a preocupação das comunidades escolares eram questões relativas ao meio ambiente. Ainda, nesta edição, em relação às temáticas ambientais, foram trabalhados assuntos relativos à criação de hortas e estufas nas escolas, ao uso de agrotóxicos na região e também à poluição e à reutilização das águas.

Já na segunda edição da Feira, a quantidade de projetos aumentou em quase sete vezes, saltando de 28 projetos apresentados no anterior para 182. Nesta edição, realizada no ano de 2012, 75 trabalhos abordaram alguma temática ambiental. A questão das águas e também das energias limpas foram os assuntos mais abordados nos projetos. Em relação à questão energética, todos os trabalhos discutiram sobre a busca por produzir energias mais sustentáveis, principalmente por meio da energia eólica, que é uma fonte de energia renovável que vem do movimento dos ventos.

Já na terceira edição da feira, que foi realizada no ano de 2013, houve a apresentação de 189 projetos científicos. Dentre este montante, 89 versaram sobre temáticas ambientais. Assim como na edição anterior, o tema água foi o que mais esteve presente. A maior preocupação entre os pesquisadores, nesta edição, foi em relação ao desperdício de água na cidade, afirmando que

em várias regiões do estado estava faltando água; logo, para algumas atividades, como limpeza, poderiam fazer a reutilização da água que já havia sido utilizada.

Na quarta edição da feira, que foi realizada em 2014, foram apresentados 165 trabalhos, e entre estes, 60 versaram sobre temáticas ambientais. Em relação às temáticas ambientais, é notório destacar que houve uma diversidade muito grande de assuntos e vertentes trabalhadas, mas, como em edições passadas, o tema Água foi o mais presente, já que foi motivo de pesquisa em 14 trabalhos. Mas também estiveram bastante presentes trabalhos que discutiram sobre a reciclagem de materiais, que foi alvo de pesquisas em 10 trabalhos, além de estudos que discutiram sobre energia, que esteve presente em 7 trabalhos.

Na edição seguinte, que foi realizada no ano de 2015, foram apresentados 178 projetos, e dentre estes, 79 versaram sobre temáticas ambientais. Novamente, a temática ambiental mais presente nos trabalhos foi Água, cujo assunto apareceu e foi objeto de pesquisa por 22 grupos. Ao trabalhar com a temática água, a maioria dos estudantes trabalhou com questões relacionadas à chuva, poluição, uso e redução do uso, bem como o desperdício. Além da temática água, energia também foi um dos assuntos mais trabalhados, estando presente em 14 trabalhos, em que estes discutiram sobre energia limpa e sustentável.

Já no ano de 2016, que foi a sexta edição do evento, foram apresentados 211 projetos científicos desenvolvidos nas escolas, e neste conjunto, 70 trabalharam com questões ambientais. Novamente, o tema Água esteve em grande ênfase, mas também trabalhos que discutiram sobre a produção e descarte de lixo, principalmente com foco em reciclagem, portanto, grande ênfase na categoria Lixo. Houve, também, uma grande quantidade de trabalhos que discorreu sobre a reutilização de restos de matéria orgânica.

Em 2017, ano em que foi realizada a sétima edição, contou com a presença de 190 trabalhos. Entre estes, 78 discutiram sobre alguma temática ambiental. Assim como em todas as demais edições, o tema água foi o que mais apareceu; contudo, outras temáticas também tiveram bastante ênfase, como o descarte e uso de matéria orgânica e energias sustentáveis. Muitos dos trabalhos desenvolvidos discutiram questões socioambientais trabalhadas na própria unidade escolar, como, por exemplo, ações em prol do reaproveitamento do lixo orgânico, a captação da água da chuva, o reuso da água das pias e do bebedouro, e também a criação de hortas orgânicas.

Já no ano de 2018, segundo a organização do evento, foram apresentados na Feira de Ciências 240 trabalhos; todavia, nos anais, até a época em que foi realizada a investigação, só havia a presença de 34. Desses 34, 19 trabalharam com alguma temática ambiental, principalmente focando na reciclagem de materiais e na reutilização de matéria orgânica. Um trabalho interessante desenvolvido foi um em que, segundo os autores, eles percebiam que na comunidade em que moravam, tinha muito acúmulo de resíduos de coco na praia, e usando esses resíduos produziram uma madeira ecológica.

Em 2019, nona edição, foram desenvolvidos 77 trabalhos que discutiram sobre questões ambientais, concentrando investigações que discutiram sobre o uso e descarte do lixo e também sobre a reutilização de resíduos orgânicos. Trabalhos que discutiram sobre o consumo de água também estiveram presentes, todavia em quantidade inferior às demais temáticas. Um dos trabalhos que trouxe contribuições significativas para o debate na feira foi de estudantes que desenvolveram um bioplástico a partir do ágar das algas, acrescentando ao plástico produzido

sementes de Jucá, típico da região em que vivem, Caatinga, e, durante os testes, depositaram tal plástico na terra e, depois de 15 dias, as sementes começaram a germinar.

Na décima edição, que foi realizada no ano de 2020, foram apresentados 43 projetos que versaram sobre questões ambientais. Assim como na edição anterior, houve uma grande concentração de projetos que discutiram sobre o descarte e reciclagem do lixo, bem como os resíduos orgânicos. Muitos trabalhos citaram que cada vez mais cresce a questão da poluição nos bairros em que residem, e a população não se solidariza e conscientiza acerca destas questões, e também a questão da poluição hídrica. Em um dos trabalhos, os pesquisadores destacaram que na comunidade deles, um dos maiores problemas está associado à ausência de saneamento ambiental, resultando na contaminação das águas e na proliferação de doenças entre a população. Assim, fizeram uma investigação em relação à qualidade da água e levaram a agentes públicos visando contornar tal situação precária.

Na última edição analisada, que foi em 2021, décima primeira edição, 71 trabalhos científicos dialogaram com problemáticas ambientais, principalmente relacionadas ao tema lixo. Também muitos projetos focados na Educação Ambiental, por meio da conscientização e sensibilização, estiveram bastante presentes, em que os pesquisadores citaram a importância de dialogar sobre tais questões com os seus colegas estudantes, mas também difundir boas práticas para toda a sociedade, visando mudar os contextos aos quais eles se deparam no Semiárido.

Ao longo das edições analisadas da Feira de Ciências do Semiárido Potiguar, nota-se que, entre os 1742 trabalhos desenvolvidos, 675 trabalharam com alguma temática ambiental, representando, assim, 38,7%. Demonstrando que as temáticas ambientais são uma das maiores preocupações dos jovens da região semiárida.

Deste modo, conforme indicam as investigações realizadas, os jovens da região Semiárida, ao desenvolverem seus projetos, têm dado grande ênfase às questões ambientais, e, ao debruçar sobre os trabalhos, é evidente que a questão da água era um dos maiores problemas que eles enfrentavam, por isso havia muitos projetos com essa temática. Nos últimos anos, também cresceu entre os estudantes o diálogo sobre questões relativas ao descarte do lixo, por observarem uma constante no descarte incorreto em suas comunidades, conforme indicado nos trabalhos redigidos pelos estudantes e seus professores.

## **6. DISCUSSÃO**

Conforme ilustra a tabela 1, foram desenvolvidos 1742 trabalhos e, deste montante, 675 versaram sobre temáticas ambientais, sendo, então, 38,7%, o que representa um percentual expressivo. Conforme indicam Carson, Flack, e Rock (2025) as escolas cada vez mais estão sendo vistas como espaços oportunos para engajar estudantes, professores e comunidade na discussão de temáticas ambientais, principalmente na realização de projetos. E, esses dados evidenciam que os jovens do semiárido, bem como os professores e comunidade, tem demonstrado preocupação com as questões ambientais, refletida na significativa proporção de trabalhos voltados a temáticas ambientais, o que reforça o papel das escolas como espaços de conscientização e engajamento socioambiental.

Já conforme ilustra a tabela 2, a maioria dos trabalhos apresentados na feira estudou, como tema central, a água, sendo representada em 153 trabalhos, representando, portanto,

aproximadamente 27%. A questão da água no Semiárido é discutida por Santos Júnior et al. (2013). Segundo os pesquisadores, sob a perspectiva hídrica, o semiárido brasileiro registra médias pluviométricas anuais entre 400 e 800 mm, com uma distribuição bastante irregular ao longo do ano. Além disso, os mesmos pesquisadores destacam que esses dados mostram que a região não recebe pouca chuva, mas sofre com uma alta taxa de evaporação, tornando essencial uma gestão eficiente dos recursos hídricos para atender às demandas antrópicas. Logo, como a população está diretamente envolvida com este processo, é evidente que a escola, como um reflexo da sociedade, também esteja preocupada com tal situação.

Muitos dos trabalhos desenvolvidos discutiram sobre o uso deste recurso, bem como sua reutilização, e como a sociedade vem poluindo e usando inadequadamente. Um dos trabalhos apresentados em 2012 (2ª edição), por exemplo, testou a qualidade da água que abastecia a cidade de Itaú, para atestar se a água distribuída entre os bairros da cidade era a mesma. Além disso, citaram que, na época, 80% das doenças que atingiam populações de países em desenvolvimento eram decorrentes da má qualidade da água que consumiam, e que, sendo a água essencial para a manutenção da vida, há de ser necessário cuidar e preservar este bem.

O acesso à água potável segura constitui um dos pilares fundamentais para a saúde e o bem-estar das populações, sendo essencial à vida. No entanto, regiões semiáridas enfrentam desafios quanto à qualidade dessa água, sobretudo devido ao uso de águas subterrâneas, cuja baixa qualidade pode acarretar diversos problemas de saúde (Valizadeh et al., 2026). Portanto, questão das águas está diretamente associada à saúde pública, à qualidade de vida da população e à necessidade de gestão sustentável dos recursos hídricos, visando garantir seu uso adequado e sua preservação para as gerações presentes e futuras e faz parte da realidade da comunidade.

No ano de 2014 (4ª edição) também houve bastante discussões acerca da temática água, com grande parte dos trabalhos destacando que é evidente que há uma preocupação com o uso e reutilização da água pela população, uma vez que este bem é essencial para a vida de todos os seres vivos e tem uma importância fundamental para os organismos, já que esta é responsável por manter as funções vitais e participa da digestão, transporte de nutrientes, regulação da temperatura corporal, elimina toxinas, e também o corpo humano é constituído por cerca de 60% a 70% de água.

Logo em sequência, entre os temas mais trabalhados, destacam-se vegetais, que discursava sobre os restos de comida vegetais/plantas e reaproveitamento, esteve presente em 139, sendo, aproximadamente, 21%, e o tema lixo foi trabalhado em 117 projetos, representando 17%. Portanto, estas 3 temáticas juntas correspondem a 65%.

Em discussão feita por Lima et al. (2014), ao trabalhar temáticas ambientais em uma escola em Manaus, destacaram que as temáticas associadas a água, lixo e restos de alimentos são as mais trabalhadas, já que estão diretamente relacionadas ao cotidiano dos estudantes e, também, são as principais questões presentes no território investigado. Ainda discutem que essas temáticas foram escolhidas por representarem problemas concretos vivenciados na comunidade escolar, estarem próximas à realidade dos estudantes e facilitarem a compreensão e participação nas atividades, permitindo ações práticas.

Para Braga (2023), as temáticas água, lixo e desperdício são trabalhadas, neste contexto, por comunidades ribeirinhas, porque estão associadas a problemáticas recorrentes para elas. Destacaram que as populações dependem fortemente dos rios, sendo que a água assume um

papel central tanto para consumo quanto para atividades cotidianas, o que torna evidentes problemas como poluição e uso inadequado; já o lixo aparece como uma questão relevante devido ao descarte incorreto de resíduos, muitas vezes próximo ou dentro dos rios, impactando o meio ambiente e a saúde da comunidade.

Portanto, nesta edição do evento, e considerando a localidade do semiárido potiguar, observavam-se condições semelhantes ao discutido pelos autores, em que questões relacionadas à água, ao manejo de resíduos e ao desperdício também se apresentavam como problemas concretos e presentes no cotidiano da população, justificando a recorrência dessas temáticas.

Em 2014 (4ª edição), em um dos trabalhos desenvolvidos, por exemplo, na temática lixo, os estudantes analisaram o Programa de Coleta Seletiva de Lixo no bairro ao redor da escola, visando compreender também aspectos de responsabilidade socioambiental presentes no discurso dos moradores do bairro. Ao conversarem com a comunidade local, notaram que os moradores já adotavam práticas sustentáveis, tais como a separação do lixo adequadamente, e também que, em parceria com a escola, os moradores trocavam materiais plásticos e o papelão que poderiam ser reciclados por produtos de limpeza, uma vez que a escola utilizava esses materiais para oficinas de artesanato reciclado.

Trabalhos sobre a reciclagem de materiais também estiveram presentes, isso porque, dada a urgência de buscar comunidades mais sustentáveis, a reciclagem se apresenta como uma das medidas eficazes na busca pela mudança neste quadro crítico no qual o planeta se encontra. Sobre a questão da reciclagem no contexto escolar, Pinto, Oliveira e Silva (2021) destacam que, ao abordar o assunto nas instituições de ensino, é possível trabalhar, na prática, com a Educação Ambiental, principalmente sensibilizando e conscientizando os estudantes e também toda a comunidade.

Em complemento, Oliveira et al. (2012) destacam que, ao dialogar, no contexto escolar, sobre reciclagem, os alunos aprendem a respeitar mais o ambiente em que vivem, entendendo a importância e os benefícios da reciclagem para nossas vidas e da natureza, e buscam soluções para o grande descarte inadequado de resíduos que há hoje em dia. Ainda, é notório destacar que no Brasil ainda há grande descarte de resíduos de forma inadequada; logo, faz-se necessário conscientizar e sensibilizar a população, bem como fazer com que os estudantes reflitam sobre este consumo exagerado e busquem alternativas para este lixo que já foi gerado. Foi pensando nestas perspectivas que os trabalhos com a vertente sustentabilidade foram apresentados na Feira de Ciências do Semiárido Potiguar.

Em um dos trabalhos sobre a temática, apresentados em 2016 (6ª edição), os autores fizeram uma investigação sobre a questão da reciclagem no contexto do município de Severiano Melo, no Rio Grande do Sul, dando ênfase às questões ambientais, sociais e econômicas das ações de reciclagem para com todos esses aspectos da sociedade. Ainda, os autores trouxeram como discussão pautas acerca do capitalismo e como as atuais atividades industriais têm afetado e interferido nos ecossistemas, resultando em inúmeras problemáticas ao meio ambiente e também a toda a população.

As ideias defendidas pelos autores também são discutidas na literatura científica. Fevrier (2022) destaca que as relações entre capitalismo, consumo e reciclagem fazem parte de um sistema interdependente, em que o capitalismo, ao estimular o consumo contínuo e a produção em larga escala, contribui diretamente para o aumento da geração de resíduos e, neste contexto,

a reciclagem surge como uma aparente solução ambiental, funcionando como uma estratégia que mitiga parcialmente os impactos.

A temática energia limpa também esteve bastante representada entre os projetos que articularam com questões ambientais. Em um dos trabalhos que focou nesta temática, apresentados na edição de 2015 (5ª edição) por exemplo, os estudantes relataram que hoje em dia há muita queima de combustíveis fósseis, o que potencializa o efeito estufa e alterações climáticas no planeta. Deste modo, guiados pelas pesquisas desenvolvidas por Akbari Hashem, do Lawrence Berkley National Laboratory, dos Estados Unidos da América, os alunos criaram um projeto visando conscientizar a comunidade ao redor da escola acerca do efeito estufa, e uma das ações práticas adotadas pelos jovens foi fazer a pintura de telhados e coberturas de edifícios, o que, segundo dados da pesquisa, se 30% a 40% dos telhados fossem pintados, poderia reduzir a temperatura do planeta em até 1°C.

A questão da redução das temperaturas nas edificações por meio da adoção de telhados brancos também é discutida na literatura. Rose e Susham (2025) destacam que a implementação de pinturas de talhados na coloração branca é uma das mais alternativas mais eficientes na redução da temperatura em áreas urbanas, e tem sido alvo de estudos em várias regiões e países, já que 80% da população mundial reside em áreas urbanas que, comumente, sobre com temperaturas elevadas.

Outro trabalho interessante, apresentado em 2016 (6ª edição) foi sobre células piezoelétricas. Um destes trabalhos desenvolveu um tapete energético, que produz energia por meio de células piezoelétricas. O debate importante levantado no trabalho é que, dadas as mudanças climáticas, bem como a escassez de água, e também as problemáticas com o ambiente, resulta na necessidade da busca por alternativas para a produção de energias mais limpas, e essas células são dispositivos que convertem energia mecânica (pressão, vibração, aceleração) em sinal elétrico (tensão) usando materiais como quartzo ou cerâmicas especiais.

Além disso, os estudantes citaram, em muitos trabalhos, a questão da Educação Ambiental. Um dos trabalhos, apresentados, também, em 2016 (6ª edição), ao realizarem uma pesquisa na cidade de Pedro Avelino, no Rio Grande do Norte, os pesquisadores estudaram o nível de conhecimento da população local acerca de problemas ambientais na cidade e os responsáveis por tais problemáticas. Enfatizaram que a população, mesmo ciente dos problemas decorrentes de ações individuais inadequadas, continua contribuindo para a poluição ambiental, principalmente no que se refere ao descarte inadequado de resíduos. Evidenciando, portanto, a necessidade da Educação Ambiental no contexto da cidade.

Ainda, um dos trabalhos desenvolvidos, apresentados em 2017 (7ª edição) tinha como perspectiva a construção de um ambiente escolar mais sustentável foi desenvolvido em uma escola da cidade de São Rafael, no Rio Grande do Norte. Neste, os autores afirmam que trabalharam com a Educação Ambiental no contexto da escola, levantando diversas pautas relativas à sustentabilidade e à importância de adotarem atitudes mais responsáveis perante o meio em que vivem. A discussão sobre Educação Ambiental no contexto escolar, conforme afirmam Silva e Silva (2020) é de grande relevância, uma vez que é por meio da escola que os estudantes integram conhecimentos científicos, e os articulam com a ética em relação a comportamentos mais éticos e adequados em relação ao meio ambiente.

Logo, é evidente que os estudantes das escolas pertencentes à região do Semiárido Potiguar, ao desenvolver seus projetos para a Feira, têm discutido, refletido e buscado soluções para problemáticas presentes em suas comunidades, com viés de resultar em transformações profundas, tanto de ordem ambiental quanto social. Essa preocupação dos estudantes vem ao encontro das ideias de Dinardi e Araújo (2017), já que, conforme indicam tais pesquisadores, ao refletir e buscar ações concretas na realidade escolar sobre problemáticas de ordem socioambiental, contribuem para a formação de sociedades mais sustentáveis, justas e éticas. O que, conforme indica a leitura dos trabalhos, é o que grande parte dos pesquisadores buscava quando escolheram e desenvolveram os projetos que foram apresentados.

Outra consideração importante observada nos projetos desenvolvidos é que se nota ainda que a preocupação maior dos jovens pesquisadores mudou conforme observam questões em suas comunidades. A exemplo disso, nas cinco primeiras edições, a maioria dos projetos investigou o tema água, sendo representado em 98 projetos científicos neste período, apresentando queda nas edições futuras. Já nas cinco últimas edições, houve uma mudança para lixo, sendo este representado por 82 projetos, e a temática vegetais com 107 projetos, sendo que estas duas temáticas tiveram poucos projetos apresentados nas primeiras edições e um aumento expressivo nas últimas.

Os resultados indicam que foi possível trabalhar de forma significativa com questões ambientais na feira de ciências analisada, e, conforme indicam Ribeiro, Balbino e Talamoni (2024), a recorrência das temáticas ambientais nos projectos desenvolvidos e apresentados reforça a formação de sujeitos críticos e comprometidos com a sustentabilidade, evidenciando que as feiras de ciências não apenas promovem o conhecimento científico, mas também incentivam a reflexão e a busca por soluções para desafios socioambientais locais.

## **7. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

Os principais resultados da pesquisa demonstraram que a comunidade do Semiárido tem manifestado uma preocupação cada vez mais evidente com as questões ambientais. Essa sensibilidade se revela por meio da expressiva quantidade de trabalhos desenvolvidos na região, os quais buscam compreender, mitigar e propor soluções para os impactos socioambientais locais. Observa-se, nesse sentido, um movimento coletivo que ultrapassa o campo científico e alcança a mobilização das comunidades, que passam a se engajar ativamente em práticas e reflexões voltadas à preservação ambiental. Tais iniciativas contribuem para a construção de espaços mais equilibrados, capazes de articular o desenvolvimento social com a conservação dos recursos naturais. Além disso, a adesão a comportamentos sustentáveis evidencia uma mudança cultural significativa, que fortalece o sentimento de pertencimento e de responsabilidade coletiva. Assim, pode-se afirmar que a região caminha no sentido de consolidar sociedades mais ambientalmente conscientes e comprometidas com a sustentabilidade a longo prazo.

Ainda, os anais do evento da Feira de Ciências, desde sua primeira edição até a décima primeira, revelaram que as comunidades escolares do Rio Grande do Norte que participam da Feira têm se preocupado de forma expressiva acerca das questões socioambientais, uma vez que, ao debater sobre o meio ambiente, há uma associação direta a questões sociais. Em todas as edições da feira cujos resumos estão disponíveis nos anais, a quantidade de trabalhos com temáticas ambientais é alta; logo, as temáticas ambientais são uma preocupação local evidente.

Assim, é evidente que a possibilidade de desenvolver projetos científicos e apresentá-los na Feira tem promovido uma cultura escolar de busca pela sustentabilidade e a construção de comunidades mais sustentáveis, já que os estudantes estão em busca de respostas e transformações para a realidade que vivenciam.

Dessa forma, o principal contributo desta investigação foi evidenciar, a partir da análise de um amplo conjunto de dados empíricos, que as temáticas ambientais ocupam um lugar central nas práticas escolares do Semiárido potiguar, refletindo preocupações concretas das comunidades locais. Os resultados demonstraram, ainda, que as feiras de ciências se configuram como espaços formativos relevantes para o desenvolvimento do pensamento crítico, da educação ambiental e da proposição de soluções contextualizadas. Além disso, ao identificar as principais temáticas abordadas ao longo do tempo, foi possível compreender tendências, lacunas e transformações nas preocupações socioambientais dos estudantes, podendo subsidiar futuras práticas pedagógicas, políticas educacionais e novas investigações na área.

Tal como, com base nas análises realizadas acerca dos anais do evento, é evidente que, na feira de ciências do semiárido potiguar, que é uma das maiores feiras de ciência do território nacional, houve a presença de muitos trabalhos que discutiram e pautaram temáticas ambientais. Ou seja, os anais do evento mostraram que as comunidades escolares da região do Semiárido Potiguar têm se preocupado com as questões ambientais, principalmente porque são essas as mais presentes no dia a dia de suas comunidades.

Nota-se também que cada vez mais a feira de ciências do semiárido tem crescido, e isso é resultado da visibilidade que o Programa Ciência para Todos vem adquirindo ao longo dos anos, uma vez que este programa é o responsável pela gestão das atividades da Feira de Ciências, sendo, portanto, o evento parte do Programa. Assim, o Programa e a Feira de Ciências têm fortalecido o debate, nas escolas, acerca da investigação científica. Além de que tem auxiliado alunos e professores do estado do Rio Grande do Norte a construir projetos que busquem melhorias na comunidade em que vivem.

No caso da Feira de Ciências analisada, é evidente que a maioria dos projetos aborda temáticas socioambientais, sendo estas as mais perceptíveis na comunidade em que os jovens habitam. Logo, os projetos foram desenvolvidos para tentar solucionar o que já observam, principalmente associados ao consumo e desperdício de água. Isso porque, ao longo do tempo, é notório destacar que a temática água foi uma das mais investigadas, já que muitos relatos de trabalho discutiram não somente a questão da seca constante, mas como tais questões prejudicam a qualidade de vida da população ali presente, e nos trabalhos desenvolvidos buscaram alternativas ou soluções quanto ao uso da água, como por exemplo, sua reutilização, ou diminuição de consumo para atividades menos essenciais.

Além disso, temáticas voltadas à energia também estiveram bastante presentes nos trabalhos desenvolvidos. Fato é que se faz necessária a construção de comunidades mais sustentáveis, e o uso de energias limpas é uma das bases deste processo, porque o setor energético é um dos que mais crescem, já que a população mundial tem crescido, aumentando os índices de consumo de energia elétrica para as mais diversas funções e atividades do dia a dia, até porque o uso da energia elétrica hoje é um item básico de sobrevivência. Assim, é evidente que se faz necessário buscar produzir energia de forma mais sustentável e que não destrua o meio natural e prejudique a qualidade de vida das populações.

Ainda, pode-se concluir que, ao analisar os anais da feira de ciências do Semiárido Potiguar, por não ter um tema específico para cada edição da feira, os alunos têm liberdade para desenvolver os projetos respondendo a problemáticas que enxergam em suas comunidades, fortalece-se com que se tenha uma integração entre os conhecimentos discutidos em sala de aula e as observações fora dos muros da escola, e que a maioria das preocupações dos estudantes tem se voltado a questões socioambientais.

Na Região Semiárida, a maioria dos problemas enfrentados, conforme indicado pelos anais, são problemas de ordem socioambiental, que afetam a qualidade de vida das populações, e os estudantes, visando estudar e buscar alternativas para tal cenário, se debruçaram sobre este contexto e buscaram melhorias das mais diversas formas, tanto com viés conscientizador, de dialogar com a comunidade e com os jovens sobre as problemáticas ali presentes, bem como desenvolvendo ações práticas que podem trazer melhorias e mudanças consideráveis, seja para a escola, como também para os próprios moradores ao entorno da escola, ou do bairro dos estudantes.

Destarte, isso mostra que, ao desenvolver os projetos científicos para a Feira de Ciências, eles conseguem articular saberes discutidos no dia a dia de sala de aula com questões da própria realidade em que vivem. E cada vez mais tem desejo de buscar mudanças e melhorias. E em relação às questões ambientais, que são pauta desde debates em setores políticos e acadêmicos, também estão presentes no contexto escolar, na formação inicial dos jovens.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, C. W. C. (2019). *A pedagogia da pergunta, o ensino de ciências baseado em investigação e suas contribuições para a educação científica em Pernambuco* (Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Balbino, R. dos S., & Santos Júnior, E. G. S. (2025). Feiras de ciências: Potencializando o pensamento crítico e a alfabetização científica no ensino fundamental. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 1(1), 1–17.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (Edição revista e ampliada). Edições 70. (Obra original publicada em 1977).
- Braga, A.E. (2024). Um instrumento para análise de atividades de livros didáticos de Ciências da Natureza [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório aberto. <https://repositorio.ufmg.br/items/3eb4b9cb-fbff-4a1f-b1dc-73128f1479c0>
- Brasil. (1997). Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) no primeiro e segundo ciclos do Ensino Fundamental*. Brasília: MEC – Secretaria de Educação Fundamental.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a base. Brasília: MEC.
- Cantizane, R. M. C. F. (2023). *Contribuições de uma feira de ciências para estudantes e professores do 9º ano do ensino fundamental de uma escola municipal em Carmésia* (Monografia de especialização, Universidade Federal de Minas Gerais). Universidade Federal de Minas Gerais.
- Carneiro, N. (2023). Educação e Sociedade: os desafios da escola na formação da cidadania. *Revista Educação em contexto*, 2(2), 193-201.
- Carvalho, A. M. P. de. (2013). *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. Cengage Learning.
- Carson, S., Flack, B. & Rock, J. (2025). Revisão do envolvimento da escola e da comunidade em um projeto cidadão de monitoramento ambiental. *New Zealand Journal of Educational Studies*. <https://doi.org/10.1007/s40841-025-00409-y>

- Cavalcante, J. C. O., Avelar, K. E. S., & Dusek, P. M. (2025). Educação ambiental e sustentabilidade no contexto das práticas escolares transdisciplinares: Uma revisão integrativa. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 17(1), e7284. <https://doi.org/10.55905/cuadv17n1-111>
- Da Silva, F. P. (2020). Uma abordagem sobre a importância da interdisciplinaridade no ensino da Educação Ambiental na escola. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 8(4).
- Dinardi, A. J., & Araujo, S. C. (2017). Inserção da temática ambiental nos cursos de graduação da Universidade Federal do Pampa - Uruguaiana/RS. *Debates em Educação*, 9(17)
- Farias, L. A., de Oliveira Borges, B., & Colagrande, E. A. (2024). Educação ambiental crítica: uma reflexão sobre significados e sentidos entre estudantes universitários. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 41(3), 179-202.
- Fevrier, K. (2022). Informal waste recycling economies in the Global South and the chimera of green capitalism. *Antipode*, 54(5), 1585-1606.
- Gallon, M.S., da Silva, J. Z., do Nascimento, S. S., & da Rocha Filho, J. B. (2019). Feiras de Ciências: uma possibilidade à divulgação e comunicação científica no contexto da educação básica. *Revista Insignare Scientia*.
- Hartmann, A. M., & Zimmermann, E. (2009). Feira de ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio. *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.
- Hernández, F., & Ventura, M. (1998). *A organização do currículo por projetos de trabalho: O conhecimento é um caleidoscópio* (5ª ed.). Artes Médicas.
- Lerner, H., & Berg, C. (2015). The concept of health in One Health and some practical implications for research and education: what is One Health?. *Infection ecology & epidemiology*, 5(1), 25300.
- Lima, J. M. S., & et al. (2014). Temáticas ambientais na Escola Municipal Neuza dos Santos Ribeiro, Tarumã-Mirim, Manaus (AM). *Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)*, 9(1), 184-190.
- Maranhão, T. D. (2010). Produção interdisciplinar de conhecimento científico no Brasil: temas ambientais. *Sociedade e estado*, 25, 561-580.
- Oliveira, M. da S., et al. (2012). A importância da educação ambiental na escola e a reciclagem do lixo orgânico. *Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da Eduvale*, 5(7), 1–20.
- Pinheiro, S., et al. (2024). Citizenship education to promote the participation of young people in climate adaptation: crossing curricular boundaries through community profiling. *Curriculum Perspectives*, 44 (4), 501–512. <https://doi.org/10.1007/s41297-024-00231-4>
- Pinheiro, S., Torres, C., & Menezes, I. (2024). Young people and climate action: educational approaches promoting the collective dimension of youth participation in climate adaptation in their communities. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 19 (1), 1-19.
- Pinto, A. M., Oliveira, R. D., & Silva, J. A. L. (2021). Lixo escolar: Reflexões sobre o descarte e reciclagem na Escola Nossa Senhora da Soledade, município de Moju, PA. *Revista Científica ANAP Brasil*, 14(33).
- Ribeiro, J. P. M., Balbino, M. R., & Talamoni, A. C. B. (2024). FEIRAS DE CIÊNCIAS, AS TEMÁTICAS AMBIENTAIS E A INTERDISCIPLINARIDADE: UM ESTADO DA ARTE EM TESES E DISSERTAÇÕES DE 2000 A 2023. *Divers@!*, 17(2), 236–252. <https://doi.org/10.5380/diver.v17i2.97078>
- Roose, S., & Sushama, L. (2025). Quantifying the impacts of large-scale implementation of white roofs on the climate of Montreal Island through integrated super-resolution modeling. *Results in Engineering*, 107572.
- Santos Júnior, J. A., et al. (2013). Uso racional da água: Ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. *Revista Ambiente & Água*, 8, 263–271.
- Scaglioni, C. G., Pereira, B. A. I., Rodrigues, T. de M., Leite Filho, I., & Dorneles, P. F. T. (2020). Estudo de teses e dissertações nacionais sobre feiras de Ciências: mapeamento dos elementos que envolvem uma feira de ciências e suas interligações. *Revista Educar Mais*, 4(3), 738–755.

- Silva, M. B., & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação e Ciências*, 23, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Sousa, A. S., Oliveira, G. S., & Alves, L. H. (2021). A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*, 20(43).
- Valizadeh, A., et al. (2026). A decadal analysis of drinking water quality and nitrate-related health risk assessment in groundwater sources: a case study of Poldasht County, Northwest Iran. *Scientific Reports*.

**OS CONTEÚDOS CORDIAIS PARA UMA BIOLOGIA HUMANIZADA: UMA ANÁLISE  
SOBRE O MATERIAL DIGITAL DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO DE SÃO PAULO**

THE CORDIAL CONTENTS FOR A HUMANIZED BIOLOGY: AN ANALYSIS OF THE DIGITAL MATERIAL  
FOR THE 1ST YEAR OF HIGH SCHOOL IN SÃO PAULO

LOS CONTENIDOS CORDIALES PARA UNA BIOLOGÍA HUMANIZADA: UN ANÁLISIS DEL MATERIAL  
DIGITAL DEL PRIMER AÑO DEL ENSINO MÉDIO DE SÃO PAULO

**Wallace Viana Evangelista<sup>1</sup> & Eliane de Souza Cruz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ensino de Ciências e Matemática - Unifesp-campus Diadema, Brasil  
wvevangelista@unifesp.br

**RESUMO** | Este trabalho é um recorte de uma pesquisa sobre os materiais digitais de 2024 da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP). O estudo prévio realizado sobre o livro de Queiroz, Teixeira e Oliveira (2019) auxiliou na identificação do grau de alinhamento à luz dos princípios da Ética Cívica Cordial de Adela Cortina (2007). A análise dos materiais revelou que 10 das 14 aulas do componente curricular de Biologia do 3º bimestre do 1º ano do ensino médio tiveram algum tipo de alinhamento, seja total ou parcial, evidenciando uma Biologia Humanizada, em contraponto à abordagem tecnicista esperada face às críticas da REPU (2023). Por fim, discute-se a revisão da formação inicial e continuada docente para serem Agentes Socioculturais e Políticos capazes de tomar decisões sobre a integração dos conteúdos cordiais no currículo de Biologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conteúdos Cordiais, Biologia Humanizada, Currículo Paulista, Centro de Mídias, Direitos Humanos.

**ABSTRACT** | This paper is an excerpt from a study on the 2024 digital materials published by the Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP). The previous study conducted on the book by Queiroz, Teixeira, and Oliveira (2019) helped identify the degree of alignment with the principles of Adela Cortina's Cordial Civic Ethics (2007). Analysis of the materials revealed that 10 of the 14 lessons in the Biology curriculum component for the third bimester of the 1st year of ensino médio showed some degree of alignment, whether total or partial, demonstrating a Humanized Biology approach, in contrast to the technician approach expected in light of the criticisms from REPU (2023). Finally, the paper discusses the need to revise initial and continuing teacher education so that teachers can become Sociocultural and Political Agents capable of making decisions regarding the integration of cordial content into the Biology curriculum.

**KEYWORDS:** Cordial Content, Humanized Biology, Currículo Paulista, Centro de Mídias, Human Rights.

**RESUMEN** | Este trabajo es un extracto de una investigación sobre los materiales digitales de 2024 de la Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP). El estudio previo realizado sobre el libro de Queiroz, Teixeira y Oliveira (2019) ayudó a identificar el grado de alineación a la luz de los principios de la Ética Cívica Cordial de Adela Cortina (2007). El análisis de los materiales reveló que 10 de las 14 clases del componente curricular de Biología del tercer bimestre del primer año del ensino médio presentaban algún tipo de alineación, total o parcial, que evidencia una Biología Humanizada, en contraposición al enfoque tecnicista esperado ante las críticas de la REPU (2023). Por último, se debate la revisión de la formación inicial y continua del profesorado para que sean agentes socioculturales y políticos capaces de decidir sobre la integración de los contenidos cordiales en el plan de estudios de Biología.

**PALABRAS CLAVE:** Contenidos cordiales, Biología Humanizada, Currículo Paulista, Centro de Mídias, Derechos humanos.

## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento da Ciência pela sociedade tem se evidenciado, por vezes, como um sistema de verdades incontestáveis distanciadas da realidade do fazer popular e cotidiano, dos processos de construção e da relação Ciência-Sociedade (Alves, Amaral e Simões Neto, 2022). Isso pode parecer contraditório, uma vez que atualmente estamos cercados por diversas tecnologias que se permeiam em diversos setores, como na medicina ou na tecnologia da informação. Entretanto, a sociedade moderna é modelada em uma ótica consumista que afasta da apropriação de letramentos que poderiam romper com essa lógica. Uma visão crítica do papel da Ciência na sociedade possibilita aos indivíduos reivindicar ou apoiar ações através da sua força política, quanto às suas reais necessidades, evitando subjugações quanto à identidade, cultura, religião e soberania política.

A escola é o espaço no qual o ensino de Biologia deveria evidenciar justamente as conexões entre os conteúdos curriculares com o cotidiano e, sobretudo, o contexto da comunidade escolar. Essas premissas são inerentes à proposta do texto constitucional de 1988 quanto à educação para a cidadania, também inseridas na Lei de Diretrizes e Bases (LDB) 9.394/96, no Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos (PNDEH) de 2006, e no Currículo Paulista de 2020. Porém, isso demanda outras dimensões, como o afastamento do viés conteudista centrado numa razão pura, conforme Teixeira, Oliveira & Queiroz (2019), em que o professor deve estar preparado para essas interlocuções por uma formação em Direitos Humanos (Oliveira et al. 2025; Alves et al., 2022; Oliveira & Salgado, 2020; Oliveira & Queiroz, 2016).

O papel dos conteúdos cordiais para uma Biologia Humanizada e Decolonial tem sido investigado pelos autores deste artigo no contexto da educação básica e cursinhos populares para ingresso no ensino superior. Este trabalho resulta de um aprofundamento teórico no contexto do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática e recorte empírico de uma pesquisa concluída no curso de Ciências - Licenciatura da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), campus Diadema.

A questão de partida foi: em que medida os materiais didáticos digitais elaborados pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP) para o Ensino Médio, no componente curricular de Biologia, envolvem questões na Educação em Direitos Humanos para uma Biologia Humanizada?

O objetivo geral foi analisar os materiais didáticos digitais de 2024 do Repositório do Centro de Mídias de São Paulo (CMSP) da SEDUC-SP à luz dos princípios da ética cívica cordial para uma Biologia Humanizada e Decolonial.

Neste artigo, apresentam-se os resultados de um recorte da pesquisa sobre os materiais didáticos digitais incidindo em apenas um dos quatro bimestres do componente curricular de Biologia do 1º ano do ensino médio do CMSP da SEDUC-SP, nomeadamente no 3º bimestre.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Direitos Humanos, Educação, Ciências e Biologia: a explicitação de suas inerências

O grande marco em relação aos Direitos Humanos ocorre com a Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), Resolução ONU 217-A/1948. A partir desse momento, há uma convergência “no respaldo à igualdade, liberdade e integridade psicológica e física dos indivíduos

em diversas dimensões, como a religiosa, sociocultural, do trabalho e política” (Evangelista, 2025, p. 17).

Para Candau (2012), a DUDH, a diversidade e as relações entre sociedade e meio ambiente são urgentes e vão muito além dos direitos individuais, devem ser vistos, portanto, como uma demanda de direitos coletivos. Já Oliveira e Salgado (2020) comentam sobre o viés contraditório da DUDH, uma vez que estabelece parâmetros de dignidade por aqueles que foram e ainda são responsáveis pela maioria das violações a diferentes povos.

O entendimento de que os Direitos Humanos estão muito além de premissas e sim de conceitos como forma de empoderamento e resgate de violações dá-se como reação às contínuas práticas de violação que continuaram a ocorrer durante as ditaduras instauradas durante a Guerra Fria. No Brasil, foram ações com base na educação popular e não formal, explicam Silva e Tavares (2013), que dão início à Educação em Direitos Humanos (EDH). Os reflexos, como políticas na educação, ocorrem somente em meados da década de 1990, motivados sempre pela ação dos movimentos sociais, assim como no lastro da nova constituição de 1988 após o final da ditadura no país.

A LDB de 1996 abrange, no seu texto, a formação para cidadania que considere a ação de movimentos sociais, a diversidade étnico-cultural e ações por temáticas transversais para evitar violências. São traços relevantes que dão respaldo a uma política em Educação em Direitos Humanos (EDH). A partir da criação do Comitê Nacional de Educação em Direitos Humanos, em 2003, através da Portaria SEDH n.º 98, tem-se, em 2003, a criação do PNEDH, com versão atual de 2006 (Silva & Tavares, 2013), que abrange a EDH em diversas dimensões da sociedade brasileira. A proposta é interdisciplinar e transdisciplinar e determina, não somente a abordagem das temáticas na escola, mas também o preparo dos professores pela formação continuada, diretrizes curriculares, assim como dentro do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e, conseqüentemente, os materiais didáticos produzidos, como os analisados neste estudo.

Quanto ao ensino de Ciências, Oliveira e Queiroz (2016) reforçam a importância do professor estar preparado para o rompimento de violências que culturalmente são impostas a partir da validação de outro que não representa a diversidade étnica, religiosa, de gênero e orientação sexual existente em nossa sociedade. Além disso, enfatizam, sobretudo, que essa diversidade se revela nas Ciências, seja no fazer científico ou no entendimento de sua natureza. Nesse ponto, temos que o professor de Ciências e, por conseguinte, de Biologia, está altamente imerso nessas temáticas que não se separam nem são de domínio exclusivo das Ciências Humanas e Sociologia, conforme referem Oliveira e Queiroz (2016). Alves et al. (2022) também afirmam que a formação docente deve presumir as relações humanas no ensino das Ciências.

Há urgência no preparo docente para as temáticas da EDH, de modo que o profissional articule as Ciências e Biologia para além dos conteúdos e possa utilizá-las como ferramentas para os alunos compreenderem criticamente sua própria estrutura social e vivências, seu papel como cidadão, como indivíduo e na coletividade.

## **2.2. A Decolonialidade na formação de sujeitos de direito**

Na década de 1990, pensadores latino-americanos se conectam em uma corrente chamada Modernidade/Colonialidade (MC) por Walsh, Oliveira e Candau (2018), ou Modernidade/Colonialidade/Decolonialidade (MCD) por Oliveira e Salgado (2020). Como

corrente, visam justamente o rompimento dessa lógica aculturada e propõem uma nova ótica emancipadora que permita uma afirmação identitária própria chamada de Decolonialidade.

A perspectiva decolonial visa romper padrões hegemônicos com base na interculturalidade, destacam Oliveira e Salgado (2020). A interculturalidade significa justamente possibilitar a interlocução entre diferentes atores, conforme sua diversidade cultural. No ensino das Ciências e Biologia, é possível o resgate de histórias em que muitos participaram, seja pelas violações através do racismo e questões de gênero, quanto aos saberes tradicionais no entendimento da natureza do espaço e origem da vida.

Para Candau, Paulo, Lucinda, Sacavino e Amorim (2013, citado em Oliveira & Queiroz, 2016, p. 20), o professor deve ser preparado para agir como um Agente Sociocultural e Político (ASCP). Ou seja, aquele que resgata, por meio do currículo escolar e do seu contexto, as violações e demonstra os passos de construção dos direitos através da luta social e da formação de sujeitos de direito, como também explicam Oliveira e Salgado (2020). Segundo os autores, ser sujeito de direito envolve movimentos como se empoderar dos direitos e de uma autoestima positiva, assim como constituir-se um ser político através da construção crítica da cidadania.

Incluir a Educação em Direitos Humanos na formação docente vai além do desenvolvimento individual; impõe à prática pedagógica requisitos que transcendem o domínio de conteúdos. É uma forma de minimizar e combater os juízos de valores naturalizados na sociedade, os quais também fizeram parte da sua construção como pessoa e ser, um agente perpetuador de preconceitos e desigualdades, caso não lhe sejam permitidos outros diálogos com o mundo.

Robles-Piñeros et al. (2023) propõem o Perfil Culturalmente Sensível (PCS) docente como uma articulação não hierárquica entre as dimensões epistemológica, ontológica e ética, visando integrar saberes científicos e tradicionais para promover a justiça social e a diversidade na formação de professores na perspectiva decolonial.

Schultheis et al. (2024) complementam a busca por uma identidade docente positiva por meio de contraestereótipos (*counterstereotypes*). São aspectos como etnia, gênero, saúde mental e *hobbies* que aproximam os graduandos de Biologia da comunidade científica. Os autores argumentam que a inserção estrutural de contraestereótipos em currículos e materiais de STEM (acrônimo para Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática em português) estimula carreiras na área e empodera os estudantes, refletindo-se positivamente na futura prática de cientistas e professores.

O padrão hegemônico estadunidense exporta um modelo de sucesso baseado no consumismo e na heteronormatividade, que vulnerabiliza minorias sociais (Santos et al., 2025). No campo educacional, essa imposição colonial se manifesta na sub-representação desses grupos nos materiais didáticos, os quais priorizam historicamente a imagem do homem branco como o padrão de cientista (Schultheis et al., 2024).

A perspectiva decolonial resgata a autonomia e a identidade do estudante ao transformar o ensino em uma ferramenta voltada ao bem-estar coletivo e à dignidade humana, contrapondo-se à instrução puramente mecânica dos detentores dos meios de produção (Santos et al., 2025).

Mediado pelo professor, o aluno deve construir o seu conhecimento pautado nos saberes ancestrais e culturais do seu povo, compreendendo as estruturas que geram desigualdades e, por conseguinte, escassez, para que, como sujeito de direitos, reivindique a sua existência e

necessidades. Tal cidadania ativa é fundamental para desconstruir vieses científicos — especificamente na Biologia — e compreender o impacto dessas narrativas no seu contexto social.

### **2.3. Os Conteúdos Cordiais no ensino de uma Biologia Humanizada**

Os Conteúdos Cordiais derivam de premissas da Ética Civil Cordial, de Cortina (2007). A autora propõe uma “*ethica cordis*”, ou seja, ética do coração, que busca um alinhamento justamente com emoções, de maneira a ser uma ética plural, dialógica, motivada pela justiça e compaixão, que segundo Evangelista (2025) se dá por construções tanto nas dimensões pessoais como coletiva que levam a um entendimento mútuo. Em relação à humanização da Biologia, proposta pelos autores, esclarecemos que várias áreas de conhecimento estão a ser humanizadas. Um exemplo é a medicina:

Por definição, a medicina é uma atividade humana exercida por seres humanos em seres humanos, ... seguiu um rumo mais técnico, deixando de lado a arte intrínseca. Cada vez mais, o jovem médico é exposto à alta tecnologia e menos ao lado humanístico e filosófico da medicina. (Muccioli et al., 2007, p.1)

A Ética Cívica Cordial de Cortina (2007) está dividida em cinco princípios que buscam delimitar as liberdades dos grupos, conferir-lhes acesso aos recursos que lhes são pertinentes equitativamente, dar-lhes voz, escolha e representação, assim como as posturas humanas face à natureza em geral:

1) Não Instrumentalização: ou seja, não manipular ou coisificar as pessoas no intuito do benefício próprio, em especial quando não há interesse ou benefício a elas;

2) Capacidades: permitir que as pessoas se empoderem das dinâmicas de mundo em que estão inseridas, como os seus direitos e acesso ao conhecimento formal;

3) Justiça distributiva: garante o direito à equidade no acesso a recursos com base nas demandas reais dos indivíduos, rejeitando a lógica utilitarista social e neoliberal. Essa perspectiva se opõe à padronização e subjugação dos aspectos socioculturais, religiosos, políticos, econômicos, étnicos, estéticos, de gênero e sexualidade;

4) Dialógico: todos os que foram e continuam a ser afetados pelas injustiças e violações devem ter o direito de discutir por si pontos de consonância e dissonância em políticas que lhes dizem respeito e tomar as decisões mais plausíveis dentro de suas óticas;

5) Responsabilidade pelos seres indefesos não humanos: a natureza, os animais e o meio ambiente não estão em relação de subserviência às atividades humanas, assim a ação humana deve ser dotada de maior consciência e proteger a natureza mais do que explorá-la.

Além dos princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina (2007), os Conteúdos Cordiais também têm por base o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo teorizado por Shulman (1987), em que o professor apropria-se pedagogicamente de meios e formas de ensinar, pertinentes ao contexto da sala de aula, para que assim articule conteúdo e currículo (Oliveira & Queiroz, 2016; Oliveira, Queiroz, Souza, Cruz & Lopes, 2025; Teixeira, Oliveira & Queiroz, 2019).

Outro ponto é o entendimento dos Conteúdos Cordiais como um movimento (Oliveira et al. 2025), ou seja, não são um método ou um roteiro pedagógico, e sim a disseminação da finalidade da pedagogização dos conteúdos com contextualização sociopolítica e cultural. Entende-se também como um projeto político-pedagógico na perspectiva da EDH, conforme o livro *Conteúdos Cordiais: biologia humanizada para uma escola sem mordada* de Teixeira et al. (2019).

Ter na escola agentes sociopolíticos que considerem as propostas do projeto dos Conteúdos Cordiais para uma *Biologia Humanizada* é uma forma de seguir, através da Decolonialidade, com o rompimento com uma ética monista, de dar chance aos alunos a uma construção sadia e benéfica das diferenças.

## **2.4. O Material Digital**

A partir de 2023, o governo do estado de São Paulo implementou o Material Digital como material pedagógico de substituição dos livros didáticos nas aulas da rede pública de ensino. Esse material consiste em aulas via apresentações em formato aberto, Power Point (.pptx), com possibilidade de edições, assim como em formato fechado, em PDF. No mesmo ano, após severas críticas, o material impresso retorna, porém, com pouca profundidade, o Material Digital segue como principal base dos conteúdos na rede. Seu acesso dá-se pelo Repositório do Centro de Mídias de São Paulo. A relevância do Material Digital, na proposta curricular do estado, deve-se ao fato de os conteúdos disponibilizados nessas aulas serem balizadores para a Prova Paulista, avaliação que ocorre nos três bimestres do ano, exceto no quarto. São cobrados os conteúdos disponibilizados nas apresentações na prova, como régua de verificação de proficiência dos alunos nos componentes curriculares.

## **3. METODOLOGIA**

O trabalho teve como objetivo analisar os materiais didáticos digitais de 2024 do CMSP da SEDUC-SP à luz dos princípios da ética cívica cordial para uma *Biologia Humanizada* e Decolonial. De modo que observou a oferta do ensino da *Biologia Humanizada*, por uma perspectiva dialógica entre o contexto da Decolonialidade e a EDH. Portanto, seguiu-se com uma pesquisa descritiva de natureza qualitativa (Carmo e Ferreira, 1998), sem envolvimento de seres humanos, de modo que foi dispensada a aprovação do Comitê de Ética de Pesquisa.

A coleta de dados foi um estudo documental dos materiais digitais do componente curricular de *Biologia*, 1º ano do ensino médio de 2024. Neste artigo, apresenta-se o recorte da pesquisa incidindo apenas no 3º bimestre do componente curricular de *Biologia* do 1º ano do ensino médio do CMSP da SEDUC-SP. O acesso aos materiais deu-se por meio do Repositório do CMSP, seja por meio do endereço eletrônico direto ao portal ou redirecionado através do acesso à Sala do Futuro.

O método de análise foi de conteúdo categorial com base nos cinco princípios da *Ética Cívica Cordial* de Cortina (2007), que se destacaram, os quais foram testados no estudo prévio dos dez capítulos do livro *Conteúdos cordiais: Biologia Humanizada para uma Escola Sem Mordada*, organizado por Queiroz, Teixeira e Oliveira (2019) e as suas premissas na *Ética Cívica Cordial* de Adela Cortina (2007), assim como na *Decolonialidade e Educação em Direitos Humanos*, conforme Tabela 1.

**Tabela 1 - Nomenclaturas de alinhamento aos princípios da Ética Cívica Cordial e Biologia Humanizada.**

Temas geradores	Capítulos do livro de Teixeira et al. (2019)	Alinhamento com a Ética Cívica Cordial, de Cortina (2007)
Ensino de evolução e crenças religiosas	Capítulo 1 - Ensino de ciências e biologia e a necessidade de uma ética cordial: ensino de evolução, crenças religiosas e estratégias empáticas, por Dorvillé e Teixeira (2019).	Princípio das capacidades e justiça distributiva.
Gênero e sexualidade	Capítulo 2 - Experiências de pessoas trans: corpo, gênero, sexualidade e o ensino de biologia, por Santos e Silva (2019). Capítulo 3 - “Eu fico meio sem saber como eu vou falar isso assim, do nada”: currículo, diversidade sexual e ensino de biologia, por Bastos (2019).	Princípio das capacidades, justiça distributiva e dialógico.
Raça e gênero	Capítulo 4 - A história de Henrietta Lacks como inspiração para o ensino de biologia celular voltado para a formação crítica sobre raça e gênero, por Paiva, Guimarães e Almeida (2019).	Princípio das capacidades, não instrumentalização e justiça distributiva.
Ensino de evolução e tradições culturais	Capítulo 5 - O ensino de evolução: contribuição de tradições culturais africanas e afro-brasileiras para a produção de conteúdos cordiais, por Verrangia e Castro (2019).	Princípio das capacidades e justiça distributiva.
Genética e cotas raciais	Capítulo 6 - Variabilidade humana, raça e o debate sobre cotas raciais em universidades públicas: articulando ensino de genética à educação em direitos humanos, por Sepulveda, Lima, Ribeiro e Sánchez-Arteaga (2019)	Princípio das capacidades e justiça distributiva.
Educação ambiental e Direitos humanos	Capítulo 7 - A colonialidade no ensino de ciências e biologia: reflexões sobre o Brasil e o Timor-Leste para pensar horizontes decoloniais, por Barbosa, Nascimento, Ribeiro e Cassiani (2019) Capítulo 8 - Histórias de vida penduradas em cordel: uma maneira cordial de aprender zoologia com a EJA, por Araújo Jr., Avanzi e Gastal (2019). Capítulo 9 - Luz, câmera, ação e reflexão: o cinema ambiental freiriano para ver e pensar os territórios e as unidades de conservação, por Stortti, Oliveira, Costa e Sanchez (2019). Capítulo 10 - Conteúdos cordiais no currículo de Ciências e Biologia: possibilidades na educação ambiental e direitos humanos, por Ramiarina (2019)	Princípio das capacidades e dialógico. Princípio das capacidades e responsabilidade pelos seres indefesos não humanos.

*Nota: Adaptado do trabalho do autor (Evangelista, 2025)*

Este estudo prévio realizado no livro de Queiroz, Teixeira e Oliveira (2019), sintetizado na tabela 1, auxiliou na identificação do grau de alinhamento descrito a seguir:

Atende (A) - alinhamento total aos princípios da Biologia Humanizada. Aulas que percorrem práticas pedagógicas com base em pelo menos dois princípios da ética cívica cordial.

Parcial (P) - alinhamento parcial aos princípios da Biologia Humanizada. Aulas que percorrem pontualmente as práticas pedagógicas com base em apenas um princípio da ética cívica cordial.

Não (N) - sem alinhamento aos princípios da Biologia Humanizada. Aulas em que não há alinhamento aos princípios da ética cívica cordial, ou seja, há ausência de interlocuções que envolvam a consciência via EDH com desdobramentos da Biologia no fomento à cidadania.

As aulas do Material Digital foram codificadas conforme o seguinte padrão (xbimestre\_yaula\_páginaz).

#### 4. RESULTADOS

Percebeu-se o alinhamento total em quatro aulas e parcial em seis aulas (tabela 2). Assim, os princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina foram proporcionados em 10 das 14 aulas do 3º bimestre no ano de 2024. Esse número correspondeu a 71,43% das aulas. Quanto às aulas que atendem completamente aos princípios, corresponderam a 28,57% das aulas. As 4 aulas que não atendem aos princípios em nenhum momento também corresponderam a 28,57% das aulas do ano de 2024. Quanto às aulas que atendem parcialmente aos princípios, foram seis, com correspondência de 42,86% do total.

**Tabela 2** - Aulas do Material digital do Repositório CMSP do Ensino Médio do componente curricular de Biologia, referentes ao 3º Bimestre de 2024 com alinhamento total, parcial e sem alinhamento.

Aula	Título	Atende (A)	Parcial (P)	Não (N)
1	Fluxo de matéria e energia			N
2	Ciclos da água, do carbono e do oxigênio			N
3	Ciclo do nitrogênio		P	
4	Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos: fertilizantes	A		
5	Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos: defensivos agrícolas	A		
6	Ações mitigatórias da interferência humana nos ciclos biogeoquímicos	A		
7	Eutrofização e maré vermelha		P	
8	Construção de hipóteses e teorias científicas	A		
9	Teorias científicas sobre a origem da vida			N
10	Teorias científicas: experimentos de Redi, Spallanzani e Pasteur		P	
11	Surgimento e evolução da vida			N
12	Teorias científicas sobre evolução		P	
13	Árvores filogenéticas		P	
14	Endossimbiose, analogia e homologia		P	

Nota: Adaptado do trabalho do autor (Evangelista, 2025)

Para facilitar o entendimento, segue um exemplo de material com alinhamento total, parcial e não alinhamento.

#### Aula 4 - Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos: fertilizantes

A aula 4 atende aos seguintes princípios: capacidades e responsabilidade pelos seres indefesos não humanos, conforme excertos a seguir. O slide (3bimestre\_04aula\_página08) utilizou o recurso midiático da plataforma YouTube, um vídeo<sup>1</sup> recorte do programa Hiperconectado (figura 1), apresentado pelo biólogo brasileiro Átila Lamarino da emissora de televisão pública do estado de São Paulo, a TV Cultura.

**Foco no conteúdo**

### Impactos dos fertilizantes em larga escala

Os fertilizantes de origem industrial demandam grande responsabilidade.

O uso **excessivo e indiscriminado** no solo, além de ter um **rendimento** baixo, já que grande parte dos nutrientes não é absorvida pelas plantas, pode resultar em **impactos ambientais** significativos.

O excesso de nitrogênio no solo pode se acumular nos corpos d'água e no ar, afetando os **ciclos biogeoquímicos**.

**Link para vídeo**

**PARTE DESTA FERTILIZANTE, USADO NO PROCESSO AGRÍCOLA, É O PRINCIPAL POLUENTE ATMOSFÉRICO"**

Atila Lamarino

TV CULTURA. Quais são os impactos ambientais dos fertilizantes? Atila Lamarino explica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ki0XgGGXn6o&t=2s>. Acesso em: 13 de junho 2024.

O vídeo com o biólogo Atila Lamarino discute alguns desses impactos.

**Figura 1** Excerto do slide (3bimestre\_04aula\_página08)  
Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p. 58)

#### Aula 7 - Eutrofização e maré vermelha.

A aula 7 atende parcialmente aos princípios: capacidades e responsabilidade pelos seres indefesos não humanos conforme os excertos a seguir.

O slide (3bimestre\_07aula\_página07) utilizou textos de divulgação científica da Agência FAPESP<sup>2</sup>, referência na promoção científica no Brasil, para falar sobre a Eutrofização e suas causas em trechos do rio Tietê (figura 2).

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=ki0XgGGXn6o&t=2s>

<sup>2</sup> <https://agencia.fapesp.br/laboratorio-do-inpe-divulga-nota-sobre-floracoes-de-algas-em-reservatorios-do-rio-tiete/29848>

**Na prática**

**Atividade 1**  
**Leia a matéria e responda à questão.**

Agência **FAPESP**

**Laboratório do Inpe divulga nota sobre florações de algas em reservatórios do rio Tietê**  
 20 de fevereiro de 2019

“[...] Recentemente, foi noticiado que **florações de algas** no sistema de reservatórios em cascata do rio Tietê provocaram a morte de peixes e afastaram turistas no noroeste paulista. Em razão desse problema, o Laboratório de Instrumentação de Sistemas Aquáticos (LabISA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) fez uma análise do local por meio de imagens de satélite e coleta de dados. Os pesquisadores do LabISA concluíram que esses eventos são mais frequentes e intensos durante o verão, porque tanto o aumento da temperatura quanto a maior disponibilização de nutrientes no reservatório estimulam o processo de eutrofização no sistema aquático, o que favorece o desenvolvimento de algas. A eutrofização é o processo pelo qual um corpo de água adquire **níveis altos de nutrientes**, especialmente fosfatos e nitratos.

‘No caso específico dos reservatórios do médio Tietê, esse desenvolvimento está associado ao enriquecimento da água em decorrência da agricultura [cana-de-açúcar, laranja] na bacia de drenagem’, ressalta a nota emitida pelo LabISA.”

(AGÊNCIA FAPESP, 2019)

CONTINUA →

**Figura 2** Excerto do slide (3bimestre\_07aula\_página07)

*Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.73)*

Apesar do slide empoderar o aluno quanto aos conteúdos formais da Biologia com base na pesquisa científica nacional, uma vez que explica sobre as florações de algas que incorre nas questões ambientais, não há interlocuções com os desdobramentos sociais da poluição. Os demais slides da aula também mantêm a mesma lógica, de modo a não fornecer aprofundamentos nas relações entre sociedade e meio ambiente.

### **Aula 9 - Teorias científicas sobre a origem da vida.**

O slide (3bimestre\_09aula\_página05) fala sobre crença e método científico (figura 3).

O slide traz a segmentação entre a Ciência e sociedade, que se repete nos demais slides da aula. Essa separação tende a priorizar o conhecimento científico aos demais saberes tradicionais, sobretudo em um país com grande diversidade étnico-cultural como o Brasil. Esses fatores distanciam a aula dos princípios da não instrumentalização, justiça distributiva e o dialógico.

De referir que mais exemplos concretos das categorias de alinhamentos serão apresentados na próxima seção de forma dialogada com a literatura.

**Foco no conteúdo**

**Retomando..**

Fonte: Efbrazil, MariaCurista, Wikimedia Commons.

Sem **ferramentas avançadas** como microscópios e **experimentos controlados**, pensadores baseavam-se em observações diretas para explicar fenômenos naturais, tornando a geração espontânea uma tentativa racional de entender a origem da vida dentro dos limites do conhecimento desses períodos, indo de encontro com crenças e o senso comum.

**Crença:** ação de crer na verdade ou na possibilidade de uma coisa. Trata-se do ato de acreditar que algo é verdadeiro ou possível, independentemente de provas concretas. É um processo mental em que se aceita algo como verdadeiro.

2024, EM, VI

**Figura 3** Excerto do slide (3bimestre\_09aula\_página05)  
 Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.95)

## 5. DISCUSSÃO

Inicialmente, importa esclarecer que o resultado deste recorte da pesquisa sobre o 3º bimestre é similar à análise dos 4 bimestres, conforme estudo completo em (Evangelista, 2025). Os princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina foram proporcionados em 37 aulas das 56 aulas do ano de 2024. Esse número correspondeu a 66,07% das aulas. Quanto às aulas que atendem completamente aos princípios, corresponderam a 14,29% das aulas. As 19 aulas que não atendem aos princípios em nenhum momento corresponderam a 33,93% das aulas do ano de 2024, ou seja, aproximadamente um terço.

Foram poucas as aulas em que não houve alinhamentos, seja pela ausência de aprofundamento das questões em EDH ou Decolonialidade, devido a um padrão que valoriza a racionalização do conteúdo, ou mesmo pela natureza racional do conteúdo em si, conforme o princípio das capacidades (Evangelista, 2025). É o caso de temáticas voltadas à bioquímica, como o Ciclo de Krebs. São conteúdos que servem de base para o saber científico, ou seja, como base epistemológica. Essa base permite entender outros eventos ou fenômenos, os quais fazem parte de contextos, em que ficam evidentes as relações socioculturais (dimensões ontológica e ética), de jeito a poderem ser proporcionados como Conteúdos Cordiais em busca de uma Biologia Humanizada.

Por exemplo, saber o Ciclo de Krebs possibilita ao aluno o entendimento das relações energéticas do próprio corpo. Pode-se conectar com questões que envolvam os efeitos da poluição do ar e meio ambiente, como as relacionadas à nutrição, atividade física, como formas de possibilitar escolhas alimentares que visem a melhor qualidade de vida, seja pela ótica da EDH, como fomentar espaço de discussão quanto à insegurança alimentar.

### 5.1. Exemplo de aula que atendeu totalmente os princípios da ética cívica cordial de Cortina (2007)

Recorda-se que, para atender totalmente aos princípios da Biologia Humanizada, as aulas devem percorrer práticas pedagógicas com base em pelo menos dois princípios da ética cívica cordial.

#### Aula 5 - Interferência humana nos ciclos biogeoquímicos: defensivos agrícolas

A aula 5 é um ótimo exemplo de alinhamento total aos princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina (2007), assim como à Biologia Humanizada (figura 5). Aborda os conteúdos de Biologia, com direito ao resgate histórico de violações, evidenciando de que maneira as ações humanas derivadas da ausência ou ineficácia do poder público podem ser deletérias à sociedade. Há alinhamentos evidentes relativamente aos princípios da não instrumentalização, capacidades, justiça distributiva e responsabilidade pelos seres indefesos não humanos.

**Para começar**

#### Os “soldados da malária”

O título foi dado aos trabalhadores recrutados nas décadas de 1970 a 1990, no estado do Acre, para combater o mosquito transmissor da malária, usando o DDT, sigla da substância Dicloro-Difenil-Tricloroetano. Apenas com uniforme e um balde de ferro, tiveram contato direto e prolongado com o pesticida. Anos depois, desenvolveram sérios problemas de saúde, culminando em paralisia de órgãos e amputações. O DDT foi proibido em 1985 pelo Ministério da Agricultura do Brasil.

**Como podemos controlar doenças e pragas sem prejudicar o meio ambiente e a saúde das pessoas?**

5 MINUTOS

VIREM E CONVERSEM!

2024, EM, VI

Fonte: Portal Unico

Trabalhadores da extinta Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (Sucam) com cilindros de DDT. Década de 1970.

**Figura 4** Excerto do slide (3bimestre\_05aula\_página03)  
Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.60)

O slide demonstra como o estado foi falho nas implementações de políticas públicas que, ao invés de promover cuidado à saúde pública, acabou por expor os operários e indivíduos em vulnerabilidade social a outros riscos severos, além dos já causados pelas doenças negligenciadas. É um exemplo de resgate de violação que promove a formação de alunos como sujeitos de direito, com intensa interlocução de um PCS, uma vez que há diálogos entre diferentes dimensões na Biologia, sociedade e política que empoderam os alunos. São abordagens que “podem favorecer a construção de uma educação científica e ambiental mais democrática e menos desigual” (Santos et al., 2025, p. 252) e que evitem que os alunos sejam submetidos a situações equivalentes.

## **5.2. Exemplo de aula que atendeu parcialmente os princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina (2007)**

Recorda-se que, para atender parcialmente aos princípios da Biologia Humanizada, as aulas devem percorrer práticas pedagógicas com base em apenas um princípio da ética cívica cordial.

Não (N) - sem alinhamento aos princípios da Biologia Humanizada. Aulas em que não há alinhamento aos princípios da ética cívica cordial, ou seja, há ausência de interlocuções que envolvam a consciência via EDH com desdobramentos da Biologia no fomento à cidadania.

### **Aula 12 - Teorias científicas sobre evolução.**

Entende-se haver parcialmente o atendimento ao princípio das capacidades, o dialógico e também da justiça distributiva pelas relações entre os conteúdos científicos com questões sociais, uma vez que a construção do conteúdo recorre a questões de gênero, como a presença de referenciais em mulheres que fazem a divulgação científica. Entretanto, há fontes de tensão conceituais e sociais que fragilizam a aula.

Primeiro, quanto à imagem utilizada, exemplo recorrente em diversos meios, como na publicidade, carrega erros conceituais importantes quanto à origem e evolução dos seres humanos. Na Biologia, o conceito de evolução não significa progressão de espécies ou mesmo é um processo linear. À primeira vista, pode-se entender que o exemplo utilizado redireciona o aluno à reflexão sobre o conteúdo, o que se alinha ao princípio das capacidades. Entretanto, mesmo que o slide tente explicar justamente o oposto disso, não há um aprofundamento conceitual devido ao próprio exemplo, de modo a possibilitar uma consolidação contrária do conceito.

Outro ponto é que, na imagem, ao trocar o homem pela mulher, há um grave posicionamento da mulher que não alcança de o conceito de interculturalidade, haja vista não promover sua construção identitária positiva, com voz ativa, e sim, reduzir seu papel a um pequeno espaço. É como se bastasse sua representação naquela imagem como símbolo de sua importância na sociedade, em uma perspectiva de igualdade, que, na verdade, não é atingida ou mesmo discutida. Para Schultheis et al. (2024), as formas e conteúdos utilizados para a aproximação eficaz de modelos identitários positivos podem ter resultados opostos, conforme o tratamento das informações. Neste caso, a mulher é reposicionada a um exemplo que pode aprofundar preconceitos ao invés de promover a sua representatividade pelo princípio da justiça distributiva e o dialógico (Evangelista, 2025).

No trabalho de Evangelista (2025), foi proposta uma abordagem com base em Luzia, um homínido descoberto com mais de 12 mil anos em território nacional. A base da abordagem deu-se através do trabalho de Wittmann (2019), que descreve questões importantes como gênero, origem étnica e racismo, além de discussões de conflito de paradigma entre Norte e Sul Global sobre as evidências que sustentam os primeiros homínidos no continente americano. Portanto, oferece diversas temáticas que trabalham a Decolonialidade, a EDH, com melhor interlocução com os princípios das capacidades, justiça distributiva e o dialógico. É o uso da interculturalidade que abarca discussões em diferentes dimensões que refletem aspectos passados e atuais em um PCS, já que dialoga a mulher com protagonismo na formação histórica da ancestralidade humana, conhecimentos científicos e sociedade.

**Para começar**

**Observe a imagem e responda:**

É possível que vocês tenham relacionado a imagem com “evolução”.

Os homínidos em fila, liderados pelo *Homo sapiens*, representam a ideia de evolução progressiva. Dessa forma, o ser humano seria o organismo mais evoluído e o macaco o mais primitivo, sendo o ser humano o ápice da evolução.

**Esta interpretação está incorreta.**



A imagem representa a ideia de transformação de uma espécie em outra de forma linear.

**Figura 5** Excerto do slide (3bimestre\_12aula\_página03)  
 Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.77)

Já em outra parte da aula, foi ofertado ao aluno o empoderamento dos conhecimentos científicos por meio de um *podcast* Vinte Mil Léguas de 2020<sup>3</sup> que pode ser acessado através da plataforma YouTube ou site em que “é apresentado por mulheres escritoras que fazem paralelos entre literatura e a Biologia com base na teoria da evolução das espécies de Darwin.” (Evangelista, 2025, p.80).

Percebe-se nesse momento a promoção da interculturalidade com claros alinhamentos aos princípios das capacidades, justiça distributiva e o dialógico, haja vista a existência de diálogos com dimensões do PCS e o trabalho por contraestereótipos.

**Foco no conteúdo**

**Sugestão de material**

“Vinte mil léguas” – *Podcast* narrativo sobre ciências e livros. Os episódios de agosto a novembro de 2020 narram as trilhas literárias e científicas de Darwin, além das influências e dos bastidores do clássico *A origem das espécies*.

**Link para vídeo**  
 Canal no YouTube:  
[https://youtu.be/Tybc\\_onaLho?si=8TGtqimopBIpD-K0](https://youtu.be/Tybc_onaLho?si=8TGtqimopBIpD-K0)

**Link para áudio**  
 Canal para áudios e textos:  
<https://quatrocinco.com.br/categoria/vinte-mil-leguas/>



**Figura 6** Excerto do slide (3bimestre\_12aula\_página14)  
 Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.79)

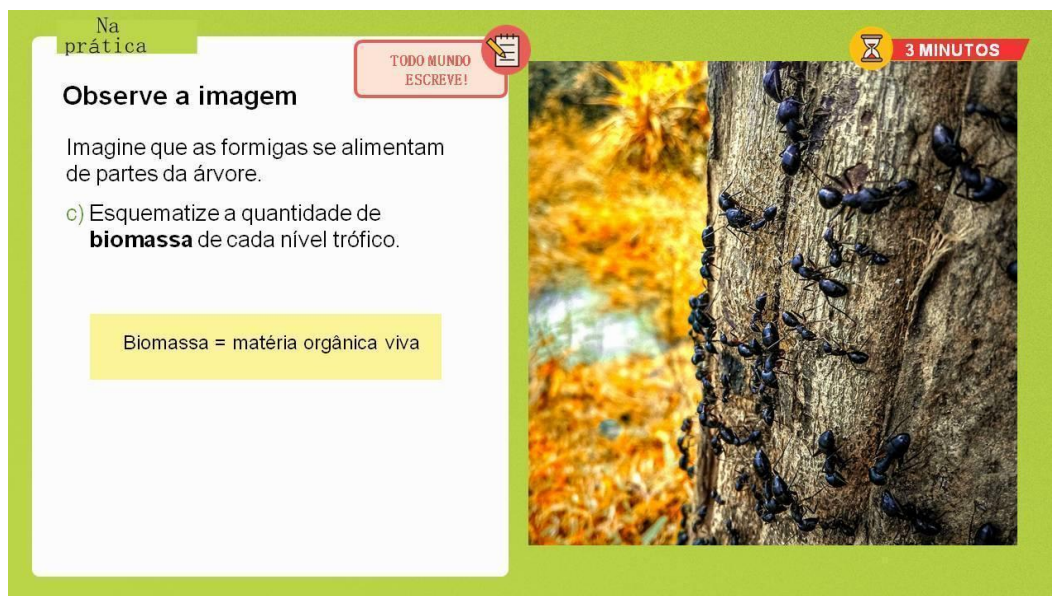
<sup>3</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=Tybc\\_onaLho](https://www.youtube.com/watch?v=Tybc_onaLho)

### 5.3. Exemplo de aula que não atendeu aos princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina (2007)

O não atendimento aos princípios da Ética Cívica Cordial de Cortina (2007) significa justamente que a aula tende a estar centrada no que a própria Cortina (2007) chama de razão pura. Sabe-se haver conteúdos que têm natureza mais técnica, onde há pouco ou nenhum espaço para trabalhar qualquer tipo de questão social. Entretanto, algumas podem ter outros encaminhamentos, como o caso da aula a seguir.

#### Aula 1 - Fluxo de matéria e energia.

A aula poderia conectar essa temática em Biologia com exemplos de comunidades de formigas de espécies brasileiras, o que poderia ter sido uma oportunidade de dialogar os conteúdos além de uma dimensão epistemológica. Sua influência na biodiversidade local, conforme o princípio da responsabilidade pelos seres indefesos não humanos.



Na prática

TODO MUNDO ESCREVE!

3 MINUTOS

#### Observe a imagem

Imagine que as formigas se alimentam de partes da árvore.

c) Esquematize a quantidade de **biomassa** de cada nível trófico.

Biomassa = matéria orgânica viva

**Figura 7** Excerto do slide (3bimestre\_01aula\_página10)  
*Nota: Reproduzido do trabalho do autor (Evangelista, 2025, p.89)*

A imagem sugere uma conexão com conteúdo, entretanto, sem um contexto, sem definir a espécie e a sua relação com o ambiente, a imagem ficou esvaziada, foi um exemplo simples obtido por repositórios de imagem. Além do princípio da responsabilidade pelos seres indefesos não humanos, outros como os das capacidades, justiça distributiva e o dialógico, de Cortina (2007), poderiam ter sido explorados uma vez que “a riqueza da biodiversidade do país é historicamente associada à violação dos direitos humanos, como a escravidão dos povos africanos e indígenas para a exploração dos recursos naturais” (Evangelista, 2025, p.90).

Quanto às abordagens possíveis do conhecimento científico, Evangelista (2025) relata no seu trabalho que, ao realizar uma pesquisa através do Portal de Periódicos da CAPES, relacionada à biomassa e formigas, encontrou outros trabalhos nacionais, inclusive por revisão por pares, que relacionam espécies vegetais e formigas.

Tem-se que a aula trabalhou o conceito de biomassa numa perspectiva internalista das Ciências (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002), em que a dimensão epistemológica não se ampliou nos saberes científicos produzidos no próprio país. Há relações diretas com a educação ambiental. Santos et al. (2025) enfatizam o poder da Educação Ambiental de romper com as premissas da colonialidade, ao promover um entendimento global que relaciona natureza e sociedade na perspectiva intercultural, incorrendo em um PCS (Robles-Piñeros et al., 2023).

Um material pareado com a pesquisa nacional contextualizaria o saber científico aos alunos, com desdobramentos mais eficientes quanto ao debate sobre a preservação ambiental, vinculado também às questões sociopolíticas e culturais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância deste estudo para a comunidade científica reside em um achado surpreendente: embora os materiais digitais sofram críticas de grupos de pesquisa como a Rede Escola Pública e Universidade — REPU (2023), identificou-se que 66,07% das aulas analisadas seguiram os cinco princípios da ética cívica cordial, promovendo uma Biologia Humanizada e Decolonial.

Entretanto, não podemos generalizar esta afirmação, porque foram analisadas apenas as aulas do 3º bimestre do 1º ano do ensino médio no ano letivo de 2024.

Uma das críticas levantadas pela REPU (2023) é o fato de o governo ter deixado de centrar os conteúdos em livros, de modo a concentrá-los no Material Digital. Segundo a REPU, foram encontrados erros conceituais em diversos materiais, os quais não teriam o mesmo rigor técnico em comparação aos livros didáticos do catálogo do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).

Para uma prática pedagógica cordial, a voz dos indivíduos é importante, portanto, questões relacionadas aos materiais didáticos também deveriam ser discutidas entre a escola e a comunidade.

A importância deste estudo para a comunidade escolar deve-se ao fato de evidenciar a possibilidade de adaptação dos materiais para ter mais alinhamentos aos conteúdos cordiais, assim como perceber os alinhamentos para um direcionamento pedagógico mais eficiente na tratativa das temáticas da EDH e Biologia Humanizada.

A Biologia Humanizada e os Conteúdos Cordiais partem do pressuposto de que as ações no espaço escolar, as aulas, devem ser centradas nos alunos. O significado disso é considerar os contextos e não somente os conteúdos. É uma articulação multifatorial na qual os Conteúdos Cordiais como projeto político pedagógico (Oliveira et al., 2025) possam ser refletidos na escola, alunos e comunidade, através do seu desdobramento como práticas pedagógicas cordiais (Evangelista, 2025), de modo a se integrar às premissas da gestão escolar e do Projeto Político Pedagógico Participativo (PPPP).

Relativamente às limitações do estudo, a verificação detalhada que pudesse fazer circular esses erros e destrinchar melhor os materiais foi limitada pelo tempo do estudo. A análise das 56 aulas ocorreu dentro de seis meses, fato que inviabiliza o aprofundamento das aulas de todos os bimestres de 2024, assim como os diversos documentos legais, sobretudo o Currículo Paulista.

Por esta razão, a continuidade do estudo acontecerá no Mestrado em curso sob a orientação da segunda autora do trabalho.

Outra limitação foi a dificuldade em estabelecer conexões diretas entre os conteúdos formais em Biologia e Ciências com as Ciências Humanas e documentos oficiais, assim como a proposta curricular. Haja vista que nem toda temática consegue sempre percorrer eixos como os Conteúdos Cordiais, a Educação em Direitos Humanos e a Decolonialidade

## 7. IMPLICAÇÕES

Retoma-se outro ponto importante quanto à formação docente, no caso, a formação continuada da rede pública de ensino do estado de São Paulo. Se comparado o período de 2023 até 2026, foram realizadas muitas mudanças, porém com pouca imersão em questões que trabalhem as dinâmicas de sala de aula, que considerem ações dentro da Decolonialidade e EDH. A formação se baseia em vídeos realizados por professores formadores da Escola de Formação e Aperfeiçoamento dos Profissionais da Educação – Paulo Renato Costa Souza (EFAPE) via portal AVA-EFAPE. Até 2024, assistiam-se os vídeos de formação, com conteúdos diferentes a cada semana e com questões que deveriam ser respondidas sobre o conteúdo assistido durante sua trilha do tempo. Em 2025, os vídeos foram intercalados por questões do conteúdo e, algumas vezes, quanto à prática pedagógica, como um breve estudo de caso que, ao final, continha questões objetivas sobre a assimilação do conteúdo da aula pelos alunos, conforme a estratégia didática apontada.

Atualmente, em 2026, o vídeo com perguntas durante a trilha do tempo retornou, há algum estudo de caso, porém sem diálogos com questões em EDH, ou contextuais, novamente somente em relação aos conteúdos. Além disso, o professor não é mais guiado a respostas certas ou erradas, após a escolha aparece uma pequena janela que explica as possíveis implicações de cada resposta. Isso pode parecer interessante, por possibilitar uma reflexão da prática pedagógica do professor em relação aos caminhos possíveis para aprendizado do aluno, mas é realizada desarticuladamente com os demais professores da unidade escolar. No estado de São Paulo, os professores precisam ter ao menos 20 aulas atribuídas e, para isso ser viável, muitas vezes têm que distribuir sua carga de aulas em mais de uma escola. Às vezes trabalham em até mais de três escolas ao mesmo tempo, durante a semana. Portanto, a proposta passa a ser cada vez mais fragmentada, uma vez que cada escola tem sua característica, seja quanto às posturas da gestão escolar e pedagógica, assim como as características dos alunos.

Após responder às questões, deve-se elaborar um planejamento de aula, pré-preenchido numa ferramenta de edição de textos do próprio portal. Nessa perspectiva, o professor faz escolhas de planejamento e formação que podem não permitir ao menos uma interlocução com todos os espaços em que trabalha.

O Material Digital é composto de slides com todas as aulas planejadas bimestralmente pela SEDUC. Entretanto, os vídeos publicados semanalmente não contemplam todas essas aulas.

A SEDUC escolhe uma das aulas que possivelmente o professor tratará na semana seguinte à formação, conforme o calendário das SEDUC e não das escolas e dos professores. Muitas vezes, o professor já deu o conteúdo, já tem o planejamento pronto há algum tempo e acaba por ter que assistir o conteúdo sobre a aula e preencher um planejamento que não irá fazer

na prática. Apesar de haver questões que buscam guiar o processo de ensino-aprendizagem, o viés se dá por meio da racionalização dos conteúdos. As temáticas não tendem a ser transdisciplinares ou interdisciplinares no componente curricular, como sugerido no PNEDH (2006). As abordagens em EDH ocorrem separadamente, em que no portal há uma seção intitulada como temas transversais, em que são ofertadas formações chamadas de Educação Antirracista. O professor deve escolher esses vídeos além dos que é obrigado a ver, sobre seu componente curricular. Ou seja, isso é redirecionado ao interesse pessoal do professor e não a um projeto de educação em EDH com fluidez nos demais componentes curriculares.

Ainda há ajustes que devem ser urgentemente sanados para não haver somente retrocessos, mas também a naturalização promovida por políticas governamentais de perspectiva neoliberal que diz percorrer uma perspectiva intercultural que na realidade não se cumpre. Entende-se que não é suficiente, ou tampouco razoável, disponibilizar temáticas em EDH como a Educação Antirracista optativamente às temáticas dos conteúdos das aulas e interlocuções nas pautas formativas nas reuniões entre docentes e gestão pedagógica. O governo acaba por privilegiar o conteúdo e não os alunos. O professor acaba por não conseguir subsidiá-los criticamente para suas vivências na sociedade.

Não obstante esse cenário, os resultados da pesquisa, de maneira geral, foram positivos. O material digital analisado demonstrou possuir intenções pedagógicas, nas suas aulas, alinhadas a um projeto de Conteúdos Cordiais, que possibilite a pedagogização dos conteúdos que envolvam o saber científico via premissas na Decolonialidade e Educação em Direitos Humanos que resulte numa Biologia Humanizada. Contudo, é importante salientar a importância da formação inicial e continuada docente na Educação em Direitos Humanos para o professor conseguir, através do material, perceber interlocuções entre os contextos, conteúdos e comunidade.

O professor que não teve em sua formação inicial premissas formativas pedagógicas na interculturalidade, diversidade sociocultural e EDH com a valorização identitária positiva por contraestereótipos, dificilmente conseguirá identificar esses caminhos no material disponibilizado. A formação continuada proposta pela SEDUC não é suficiente por privilegiar as verificações de ensino e aprendizagem, sempre dentro da dimensão epistemológica e segmentar mais ao invés de dialogar com um PCS, que implicaria em uma formação para cidadania.

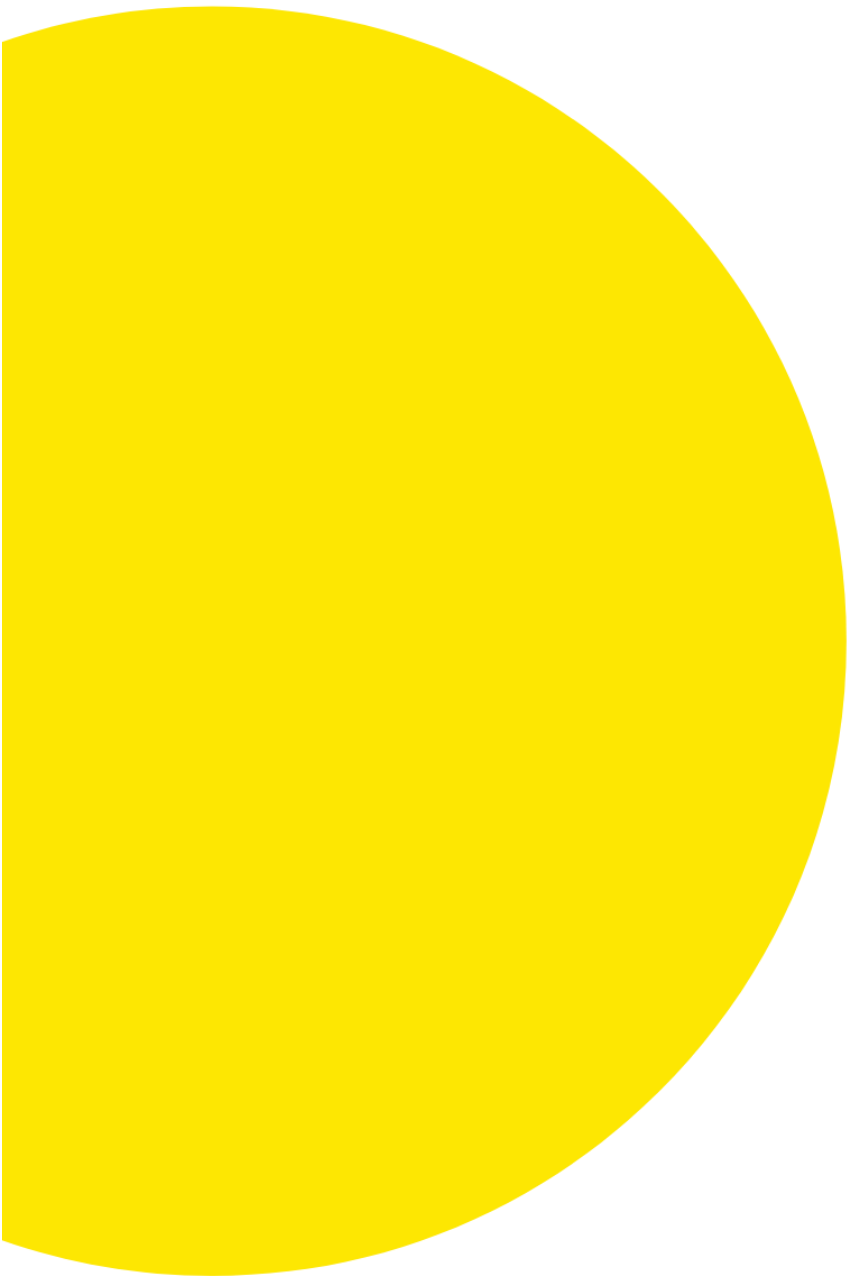
Ainda há um problema em relação às formações iniciais e continuadas que deve ser sanado para que realmente as perspectivas defendidas se traduzam nos contextos do espaço escolar e na vida dos alunos. O alinhamento entre a formação docente e essas perspectivas viabiliza uma prática pedagógica humanizada. Nela, o professor atua como Agente Sociocultural e Político, fomentando o pensamento crítico, a afirmação identitária e o protagonismo cidadão dos estudantes sob a ótica intercultural.

## REFERÊNCIAS

Alves, C. T. da S., do Amaral, E. M. R., & Simões Neto, J. E. (2022). Decolonialidade e conteúdos cordiais: Caminhos possíveis para estabelecer relações entre ensino de ciências e educação em direitos humanos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, 1–27. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u10011027>

- Asamblea General de las Naciones Unidas. (1948, 10 de diciembre). Declaración Universal de Derechos Humanos (A/RES/217 A). [https://docs.un.org/es/A/RES/217\(III\)](https://docs.un.org/es/A/RES/217(III))
- Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)
- Brasil. (1996, 20 de dezembro). Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm)
- Brasil, Secretaria Especial dos Direitos Humanos; Ministério da Educação; Ministério da Justiça. (2006). Plano nacional de educação em direitos humanos. <https://bibliotecadigital.gestao.gov.br/handle/123456789/1020>
- Brasil, Secretaria Especial de Direitos Humanos. (2003, 9 de julho). Portaria nº 98, de 9 de julho de 2003: Institui o Comitê Nacional de Educação em Direitos Humanos. Diário Oficial da União. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=10/07/2003&jornal=1&pagina=16&totalArquivos=88>
- Cachapuz, A, Praia, J. e Jorge, M. (2002). Contributos para uma Fundamentação Teórica (Capítulo 2, p.61-95) in *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Ministério da Educação, Lisboa.
- Candau, V. M. F. (2012). Direito à educação, diversidade e educação em direitos humanos. *Educação & Sociedade*, 33(120), 715–726. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302012000300004>
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da investigação*. Universidade Aberta.
- Cortina, A. (2007). *Ética de la razón cordial: Educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Nobel.
- Evangelista, W. (2025). Os conteúdos cordiais para uma Biologia humanizada - Um olhar sobre o material digital do Centro de Mídias de São Paulo do 1º ano do ensino médio. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências) - Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2025.
- Oliveira, R. D. V. L., & Queiroz, G. R. P. C. (2016). Professores de ciência como agentes socioculturais e políticos: A articulação valores sociais e a elaboração de conteúdos cordiais. *Revista Debates em Ensino de Química*, 2(2), 14–31. <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1312>
- Muccioli, C., Campos, M. S. Q., Dantas, P. E. C., Goldchmit, M., Bechara, S. J., Costa, V. P., & Matayoshi, S. (2007). A humanização da medicina. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 70(6), 897–897. <https://doi.org/10.1590/s0004-27492007000600001>
- Oliveira, R. D. V. L., & Salgado, S. C. (2020). A educação em direitos humanos no ensino de ciências em interface com a teoria do giro decolonial: Uma análise. *Ensino em Re-Vista*, 27(2), 698–726. <https://doi.org/10.14393/ER-v27n2a2020-14>
- Oliveira, R., Queiroz, G. R., de Souza Júnior, E. V., de Souza Cruz, E., & Lopes, J. B. (2025). Articulação da investigação-prática sobre os conteúdos cordiais na educação em ciências: Dez anos trilhando caminhos para formar professores como agentes socioculturais. *APeDuC Revista: Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 6(2), 221–251. <https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.652>
- Rede Escola Pública e Universidade (REPU). (2023, 15 de agosto). Substituição de livros do PNLD por slides digitais na rede estadual de São Paulo [Nota técnica]. <https://www.repu.com.br/notas-tecnicas>
- Robles-Piñeros, J., Baptista, G. C. S., & Molina-Andrade, A. (2023). Caracterizando um Perfil Culturalmente Sensível (PCS) no Ensino de Biologia: Subsídios na Formação Continuada de Professoras de Ciências para uma Educação Científica Intercultural (ECI). *Investigações em Ensino de Ciências*, 28(1), 39-55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2023v28n1p39>
- Santos, B. M., Rezende, F., & Ostermann, F. (2025). Colonialidade e Decolonialidade na Pesquisa em Educação em Ciências e em Educação Ambiental: possibilidades de luta por igualdade social, racial e educacional. *Investigações em Ensino de Ciências*, 30(3), 230-257. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n3p230>

- São Paulo (Estado), Secretaria da Educação. (2020). Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio. [https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio\\_ISBN.pdf](https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2023/02/CURR%C3%8DCULO-PAULISTA-etapa-Ensino-M%C3%A9dio_ISBN.pdf)
- Schultheis, E. H., Zemenick, A. T., Youngblood, R. M., Costello, R. A., Driessen, E. P., Kjellvik, M. K., Weber, M. G., & Ballen, C. J. (2024). "Scientists are People too": Biology Students Relate More to Scientists When They are Humanized in Course Materials. *CBE—Life Sciences Education*, 23(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.24-02-0045>
- Silva, A. M. M., & Tavares, C. (2013). Educação em direitos humanos no Brasil: Contexto, processo de desenvolvimento, conquistas e limites. *Educação*, 36(1), 50–58. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/faced/article/view/12315>
- Teixeira, P. P., de Oliveira, R. D. V. L., & de Queiroz, G. R. P. C. (Orgs.). (2019). Conteúdos cordiais: Biologia humanizada para uma escola sem mordaza. Livraria da Física.
- Walsh, C., de Oliveira, L. F., & Candau, V. M. (2018). Colonialidade e pedagogia decolonial: Para pensar uma educação outra. *Arquivos Analíticos de Políticas Educativas*, 26, Artigo 83. <https://doi.org/10.14507/epaa.26.3874>
- Wittmann, M. A. S. (2019). Implodindo Luzia: Traçando a Construção de Raça, Etnicidade e Nacionalidade na Arqueologia Brasileira. *Revista Habitus - Revista Do Instituto Goiano De Pré-História E Antropologia*, 16(2), 373–392. <https://doi.org/10.18224/hab.v16i2.5792>



**PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E  
TECNOLOGIA**

**S2**

—

**PRACTICES IN SCIENCE,  
MATHEMATICS AND  
TECHNOLOGY EDUCATION**

# S2

Nesta secção serão apresentados relatos e caracterizações de práticas educativas ou apresentação de inovações ou projetos educativos em curso ou terminados em/sobre contextos formais ou não formais de Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

---

In this section will be presented papers reporting and characterizing educational practices, or presenting innovations, or ongoing, or completed educational projects in/about formal or non-formal contexts of Science, Mathematics and Technology Education.

---

En esta sección se presentarán reportes y caracterización de prácticas educativas o presentación de innovaciones o proyectos educativos en curso o terminados en/acerca de contextos formales o no formales de Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

## CRIAÇÃO DE RECURSOS EDUCATIVOS FÍSICOS INTERDISCIPLINARES NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

CREATION OF INTERDISCIPLINARY HANDS-ON EDUCATIONAL RESOURCES IN TEACHERS' INITIAL TRAINING

CREACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS FÍSICOS INTERDISCIPLINARIOS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES

**Bento Cavadas<sup>1</sup>, Ana Carina Carvalho<sup>2</sup>, Bárbara Martins<sup>2</sup>, Camila Oliveira<sup>2</sup>, Joana Lopes<sup>2</sup>, Juliana Antunes<sup>2</sup> & Neusa Branco<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal

<sup>2</sup>Escola Superior de Educação de Santarém, Portugal

bento.cavadas@ua.pt

**RESUMO** | A capacidade de seleção e elaboração de recursos educativos fazem parte das competências a desenvolver na formação inicial de professores. Este relato de práticas educativas apresenta os resultados do desenvolvimento de recursos educativos físicos interdisciplinares por futuras professoras, para o 2.º ciclo, em aulas de didática das ciências e de matemática, lecionadas em co-docência. Trabalhando colaborativamente em grupos, as futuras professoras seguiram as etapas do processo de design de engenharia para a criação dos recursos. Desse trabalho resultou a elaboração de dois recursos interdisciplinares: um visa a exploração de rótulos de alimentos através de representações gráficas e o outro articula a medição de ângulos com as porções da roda dos alimentos. Foi aplicado um *focus group* após o trabalho. Os dados, sujeitos a análise interpretativa, mostram que as futuras professoras destacaram a importância da estrutura do processo de design de engenharia como uma mais-valia para a organização e criação desses recursos, assim como o contributo do trabalho colaborativo para o desenvolvimento de competências de planificação e de criação de recursos interdisciplinares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Formação de professores, Inovação, Interdisciplinaridade, Processo de design de engenharia.

**ABSTRACT** | The capacity to select and create educational resources is part of the skills to be developed in teachers' initial training. These educational practices report presents the results of creating interdisciplinary physical educational resources by prospective teachers, for grades 5-6, in science didactics and mathematics classes, taught through co-teaching. Working collaboratively in groups, they followed the steps of the engineering design process to create the resources. Two interdisciplinary resources were developed: one aimed at exploring food labels through graphical representations, and the other combining the measurement of angles with portion sizes from the food wheel. A focus group was conducted after the work. The data, subjected to interpretive analysis, showed that future teachers highlighted the importance of the structure of the engineering design process to organize the creation of these resources and the contribution of collaborative work to the development of planning skills and interdisciplinary resource creation.

**KEYWORDS:** Teacher education, Innovation, Interdisciplinary approach, Engineering design process.

**RESUMEN** | La capacidad de seleccionar y desarrollar recursos educativos forma parte de las habilidades que deben ser adquiridas en la formación inicial de los docentes. Este informe de prácticas educativas presenta los resultados de la creación de recursos educativos físicos interdisciplinares por parte de futuras profesoras, para la educación primaria, en clases de didáctica de las ciencias y matemáticas, impartidas mediante co-docencia. Trabajando de manera colaborativa en grupos, siguieron las etapas del proceso de diseño de ingeniería para crear los recursos. Se desarrollaron dos recursos interdisciplinares: uno destinado a explorar etiquetas de alimentos mediante representaciones gráficas y otro que combina la medición de ángulos con las porciones de la rueda de alimentos. Después de la actividad, se realizó un grupo focal. Los datos, sometidos a un análisis interpretativo, muestran que las futuras maestras destacaron la importancia de la estructura del proceso de diseño de ingeniería para organizar la creación de estos recursos y la contribución del trabajo colaborativo al desarrollo de competencias de planificación y creación de recursos interdisciplinarios.

**PALABRAS CLAVE:** Formación de profesores, Innovación, Interdisciplinariedad, Proceso de diseño de ingeniería.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um relato de prática de uma proposta didática, concretizada na formação inicial de professores, de criação de recursos educativos físicos para uma abordagem interdisciplinar de matemática e ciências. Os recursos foram elaborados por estudantes do 2.º ano do curso de Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, da Escola Superior de Educação de Santarém, em colaboração com os docentes de Didática da Matemática e de Didática das Ciências Físicas e Naturais. Este trabalho de criação de recursos educativos interdisciplinares dá continuidade aos trabalhos realizados em anos letivos anteriores, no mesmo contexto de formação, com foco na promoção da interdisciplinaridade em Matemática e Ciências Naturais (Cavadas et al., 2024).

A proposta didática interdisciplinar foi apresentada pelos docentes e desenvolvida em aulas que decorreram em co-docência. A co-docência consistiu num trabalho em equipa entre os dois professores que planificaram e lecionaram as aulas em conjunto para o mesmo grupo de estudantes, seguindo uma das tipologias de co-docência caracterizada em Friend et al. (2010). As futuras professoras foram organizadas em dois grupos para, seguindo um processo de *design* de engenharia, criarem um recurso educativo físico interdisciplinar para o desenvolvimento de práticas educativas de natureza interdisciplinar nas disciplinas de Matemática e de Ciências Naturais do 2.º CEB. A criação do recurso orientou-se pelas seguintes indicações:

- O recurso educativo deve contribuir para a exploração de aprendizagens essenciais do 2.º ciclo de Matemática e de Ciências Naturais;
- O recurso deve ser elaborado preferencialmente a partir de materiais reutilizados;
- A elaboração do recurso é guiada pelas etapas do processo de design de engenharia;
- Um guião didático deve ser elaborado para apoiar a exploração do recurso educativo, de modo a fomentar aprendizagens em Matemática e Ciências Naturais.

Esta proposta didática teve como objetivos de formação capacitar as futuras professoras para criarem e saberem analisar recursos didáticos originais e específicos, promotores de aprendizagens de Ciências Naturais e Matemática. Outro objetivo foi fomentar a sua reflexão sobre formas de aplicação pedagógica desses recursos e a sua adequação ao processo educativo, no âmbito de uma abordagem interdisciplinar.

O processo de *design* de engenharia foi mobilizado para o desenvolvimento dos recursos educativos físicos. A investigação mostra que o envolvimento dos futuros professores em desafios relacionados com o *design* de engenharia na sua formação inicial os ajuda a compreender esse processo e capacita para a sua aplicação com os seus próprios alunos (e.g. Coppola, 2021; Ojeogwu & Mumba, 2025). A utilização do processo de *design* de engenharia com enfoque no desenvolvimento de recursos educativos físicos constitui uma abordagem diferenciadora na formação inicial de professores. Além disso, um aspeto inovador da proposta consiste na criação de recursos educativos físicos com um foco interdisciplinar, pelos futuros professores. O trabalho realizado por Swist et al. (2025) mostra que a criação e o uso de artefatos que proporcionam um foco na aprendizagem profissional interdisciplinar e tornam as atividades práticas, tangíveis e incorporadas pode fomentar a compreensão das práticas interdisciplinares pelos professores.

Nas secções seguintes apresenta-se a fundamentação, o contexto da proposta de trabalho e descreve-se, em detalhe, a prática educativa realizada, resultados e principais implicações para a formação inicial de professores.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

### 2.1 Recursos educativos: caracterização, formas de utilização e impacto na aprendizagem

Os recursos educativos são materiais e ferramentas usados para apoiar ou facilitar o processo educativo, utilizados pelo professor ou pelo aluno (Morales, 2012; Ramsingh & Renwick, 2025). Podem incluir manuais escolares, materiais manipuláveis, sistemas de gestão de aprendizagem, recursos multimédia, como aplicações, entre outros, essenciais para um ensino eficaz e o envolvimento dos alunos (Mousavinasab, 2020; Ramsingh & Renwick, 2025). Os materiais didáticos devem promover a cooperação e a colaboração entre os alunos, bem como competências associadas à resolução de problemas e tomada de decisões (Sesma & Fontes, 2016). Os recursos educativos podem ser físicos ou digitais. O presente trabalho foca-se nos recursos físicos – materiais tangíveis que podem ser vistos, tocados ou manipulados durante o processo educativo, procurando facilitar a compreensão de conteúdos, promover a interação entre os alunos e os professores e enriquecer as experiências de aprendizagem (Ojating & Ojating, 2022). Os materiais concretos estruturados e não estruturados (Teles & Grisa, 2018), modelos (Justi, 2006), flashcards (Ojating & Ojating, 2022), livros e materiais impressos, jogos e brinquedos educativos, equipamentos e materiais de laboratório, são exemplos de recursos educativos físicos.

A criação de recursos educativos é uma dimensão fundamental do trabalho interdisciplinar do professor (Mosely et al., 2025), e reveste-se de particular importância para os professores de ciências e de matemática, por apoiar a integração curricular e o design de atividades conjuntas (Cavadas et al., 2024). Embora muitos recursos educativos físicos possam ser adquiridos em diferentes plataformas, por vezes é necessário usar a criatividade para criar um recurso educativo físico adaptado a um trabalho específico a desenvolver com o aluno. O impacto da utilização dos recursos educativos na aprendizagem dos alunos e o modo como os professores utilizam esses recursos na planificação e implementação nas aulas têm sido alvo de larga investigação, como aponta Potari (2023), que destaca ainda que a eficácia dos recursos e os resultados de aprendizagem “dependem muito das condições contextuais e culturais das atividades de ensino e de formação de professores” (p. 125).

Em relação à forma como os professores usam os recursos educativos, os resultados do estudo realizado por Campos (2012) mostram que combinam recursos físicos com recursos digitais na sua prática educativa, mas não alteram significativamente as suas estratégias pedagógicas ao utilizar recursos digitais. Nesse sentido, os professores devem desenvolver a competência de utilização e adaptação dos recursos aos diferentes contextos educativos (Pino-Fan et al., 2023). No caso específico dos professores de matemática, estes autores apresentam duas competências para a sua atividade profissional: (i) competência matemática; (ii) competência de análise e de intervenção didática, que inclui como sub-competência, o uso e a gestão de recursos. Segundo os autores, isso envolve “conhecer, utilizar e refletir sobre as possibilidades, os desafios e as complexas sobreposições que os recursos didáticos implicam” (p. 1422). Apresentam, ainda, quatro níveis de desenvolvimento para esta sub-competência, em que o mais simples envolve a perceção dos recursos materiais como objetos a utilizar, sem o foco no apoio à construção da aprendizagem dos alunos, e a relevância atribuída à relação entre a gestão do tempo e a gestão dos recursos e dos procedimentos. Por sua vez, no nível de desenvolvimento mais elevado, entre outros aspetos, os professores são capazes de considerar a pertinência do

uso dos recursos para a consecução dos objetivos de aprendizagem e das características dos alunos e do contexto educativo, utilizam os materiais para introduzir ideias, representações ou processos matemáticos. Neste nível, na concepção e implementação da aula, os professores têm em conta a dimensão da turma, o horário e as condições da sala de aula e analisam o tempo necessário para o ensino ou tutoria, para a aprendizagem individual, para a compreensão de uma tarefa e para a institucionalização dos conceitos.

Outras investigações dedicaram-se a mostrar como a quantidade e a qualidade dos recursos educativos podem impactar a educação (e. g. Partey et al., 2024; Kalolo, 2025). Utilizando os indicadores do *Multidimensional Educational Resource Deprivation Index*, Partey et al., 2024 aferiram que ocorreu uma deterioração nos recursos educativos das escolas do Gana, principalmente nas regiões mais pobres, o que condiciona o objetivo desse país de proporcionar uma educação de qualidade, a todas as escolas, até 2030. Por seu lado, Kalolo (2015), num estudo sobre as características da educação em ciências de qualidade identificou que tanto os professores de ensino das ciências, como os estudantes, consideram que essa qualidade resultava de investimentos em recursos educativos físicos, ou instalações, e também de investimentos em recursos humanos qualificados.

No que diz respeito ao contexto curricular, o presente trabalho foi influenciado pelas orientações do currículo do 2.º ciclo que contempla várias oportunidades de utilização de recursos educativos físicos. Destaca-se, no currículo das Ciências Naturais, uma aprendizagem essencial transversal que implica “Construir, usar, discutir e avaliar modelos que representam estruturas e sistemas” (ME-DGE, 2018, p. 5), e no currículo de Matemática a utilização de materiais manipuláveis é recomendada em relação aos diversos temas e capacidades matemáticas sempre que favoreça “a compreensão de conhecimentos matemáticos e a conexão entre diferentes representações matemáticas” (Canavarro et al., 2021a, p. 6).

## **2.2 Integração das ciências e matemática: formação e competências**

Apesar da integração ser um objetivo importante, embora difícil, da educação em ciências e matemática (Koirala & Bowman, 2003), a literatura sugere que uma educação em ciências e em matemática eficaz e integrada poderia ajudar a melhorar a preparação de professores em formação (Czerniak & Johnson, 2014) e proporcionar oportunidades para um conhecimento menos fragmentado e experiências de aprendizagem mais relevantes e estimulantes (Frykholm & Glasson, 2005). Para alcançar uma integração bem-sucedida, os cursos de formação de professores devem proporcionar oportunidades para desenvolverem os conhecimentos e competências necessários à integração eficaz de conteúdos, quer no âmbito da formação inicial (Berlin & White, 2010; Koirala & Bowman, 2003), quer no contexto da sua formação contínua (Aguirre-Muñoz et al., 2021).

A revisão da literatura realizada por Mosely et al. (2025) identifica as competências que os professores precisam para desenvolver práticas de ensino interdisciplinares. Estes autores reconhecem que os conceitos subjacentes à competência pedagógica interdisciplinar envolvem três dimensões, que incluem tanto aspetos pessoais como de partilha de práticas: discursivo-cognitiva (competências relativa ao conteúdo, integração, pedagogia e construção de significado interdisciplinar), social-afetiva (referente a disposições interdisciplinares e competências relacionais) e material-corporal (competências de design de planos de aula e tarefas, proficiência sobre recursos, tecnologias digitais e infraestruturas). Em relação a esta última dimensão, o

acesso limitado a recursos que podem ser mobilizados para práticas interdisciplinares pode contribuir para a criação de barreiras, nomeadamente à educação STEM (Chai, 2018). Nesse sentido, a criação de recursos educativos físicos proposta neste trabalho e o design de tarefas com um foco interdisciplinar enquadra-se nas competências que o professor deve ter para a promoção de práticas interdisciplinares entre as ciências e a matemática, tal como indicado por Mosely et al. (2025).

### 3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

O trabalho de criação dos recursos educativos físicos ocorreu no 1.º semestre do ano letivo 2024/25. Foram organizados dois grupos de trabalho (G1 e G2), um com três estudantes e outro com duas estudantes. Cada grupo de trabalho criou um recurso seguindo uma adaptação do processo de *design* de engenharia sugerido pela NASA (2012), organizado num guião. Os recursos educativos físicos foram elaborados com o intuito de facilitarem uma abordagem interdisciplinar para promover a aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática, no 2.º ciclo. As etapas são descritas de seguida e exemplificadas no guião preenchido pelo grupo 1 (Figura 1). Foram recolhidos dados de cada uma das etapas através de observação participante dos docentes, complementados por registos fotográficos e notas de campo.

Na etapa **questionar**, as futuras professoras foram interrogadas sobre quais as aprendizagens essenciais das disciplinas de Matemática e Ciências Naturais do 2.º CEB potenciadoras de articulação entre as duas áreas e orientadoras do desenvolvimento do recurso educativo físico. Essa questão foi o mote para a discussão entre as estudantes, centrando-se no currículo 6.º ano por ser o nível de ensino em que estavam a realizar o estágio, mas envolveu também a identificação de aprendizagens essenciais anteriores, do 5.º ano, a mobilizar. De seguida, no momento **imaginar**, pensaram em possíveis recursos educativos físicos, tendo discutido com os professores das didáticas aquele a selecionar e as suas características, em conformidade com as aprendizagens essenciais que relacionaram na etapa anterior. Posteriormente, na etapa **planificar**, elaboraram um design do recurso, identificaram possíveis desafios associados à sua construção e definiram um procedimento para a sua criação, relacionando as suas características e materiais a usar com as aprendizagens pretendidas. Sempre que possível, privilegiaram o uso de materiais reutilizáveis, numa lógica de sustentabilidade. Após essa etapa, seguiu-se o momento **criar**, no qual construíram o recurso educativo e testaram-no. Posteriormente, cada grupo discutiu pormenorizadamente esse recurso, a utilização prevista para a aprendizagem da Matemática e das Ciências Naturais e constrangimentos já identificados, em conjunto com os professores e o outro grupo. Da testagem e da discussão surgiram várias ideias para aperfeiçoamento do recurso, as quais foram mobilizadas na etapa **melhorar**, na qual reconstruíram partes do recurso e ajustaram os materiais a usar.

Após concluído o processo de *design* de engenharia, elaboraram um guião com ideias para explorar didaticamente os recursos, com o intuito de tornar a aprendizagem mais significativa, relacionando conceitos de matemática e conceitos de ciências. Nesse momento, os docentes das didáticas também apoiaram a discussão, visando a adequação das propostas e dos recursos construídos à abordagem interdisciplinar pretendida e à consecução de objetivos de aprendizagem de Matemática e de Ciências Naturais.

Nas secções seguintes descrevem-se os produtos do trabalho dos dois grupos de futuras professoras em detalhe, designados “Gráfico físico” e “Círculo interdisciplinar”, evidenciando cada etapa do processo de *design* de engenharia e a reflexão realizada.

### 3.1 Gráfico físico

O trabalho realizado pelo grupo 1 no processo de design de engenharia está representado na figura 1.

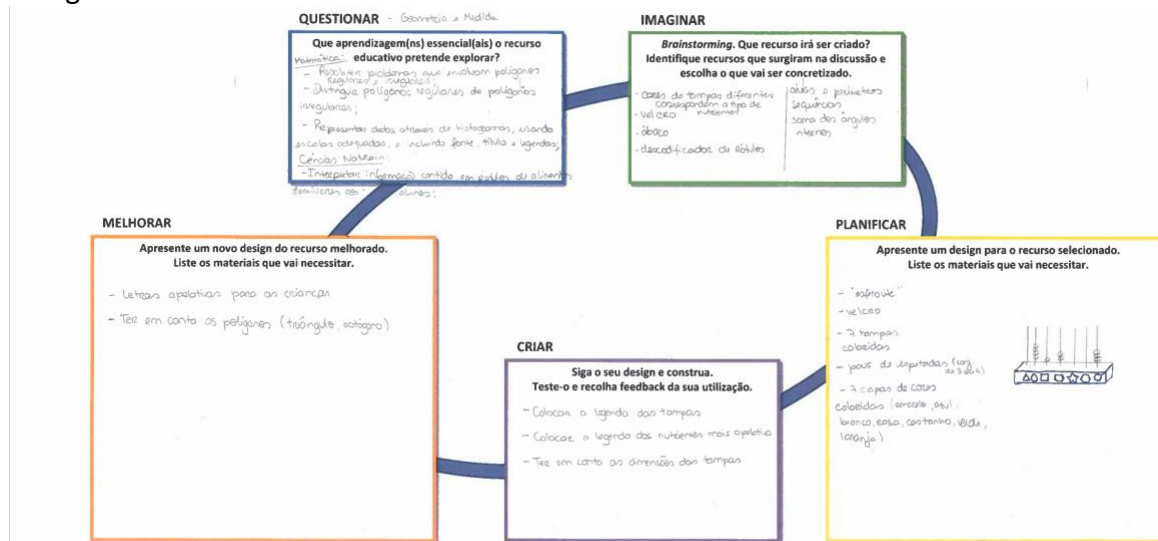


Figura 1 Guião para a criação de recursos educativos físicos para Matemática e Ciências Naturais (G1).

#### 3.1.1 Questionar

Dando resposta à questão-orientadora desta fase, as estudantes do G1 selecionaram as aprendizagens essenciais do 2.º CEB apresentadas no quadro 1.

**Quadro 1-** Aprendizagens essenciais selecionadas para serem promovidas com o recurso físico interdisciplinar de Matemática e Ciências Naturais (G1).

Disciplina	Conteúdos programáticos	Aprendizagens essenciais
Matemática (6.º ano)	<b>Tema</b>   Dados <b>Tópico</b>   Representações gráficas	Representar dados através de histogramas, usando escalas adequadas, e incluindo fonte, título e legendas. (Canavarro et al., 2021b)
	<b>Tema</b>   Geometria e medida <b>Tópico</b>   Figuras planas	Distinguir polígonos regulares de polígonos irregulares; Resolver problemas que envolvam polígonos regulares e irregulares. (Canavarro et al., 2021b)
Ciências Naturais (6.º ano)	<b>Tema</b>   Processos vitais comuns aos seres vivos	Interpretar informação contida em rótulos de alimentos familiares aos alunos. (ME/DGE, 2018)

A abordagem interdisciplinar que procuraram concretizar através das aprendizagens essenciais selecionadas visou a interpretação de rótulos, em particular a análise da quantidade de nutrientes presentes num alimento (Ciências Naturais), em articulação com o uso de representações gráficas (Matemática). A utilização de polígonos regulares e irregulares (Matemática) surge associada à identificação do tipo de nutriente (Ciências Naturais).

### 3.1.2 Imaginar

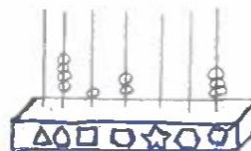
Nesta etapa, as futuras professoras pensaram criar um gráfico físico para representar a quantidade de nutrientes indicada em rótulos de alimentos selecionados com o intuito de discutir aspetos relativos a uma alimentação saudável. Decidiram que o recurso seria baseado na adaptação de um ábaco, concebido para funcionar como um gráfico de pontos físico. A partir daí, os alunos também poderiam fazer uma representação gráfica com barras, em papel. A identificação dos nutrientes no gráfico seria concretizada através de polígonos regulares e irregulares, associando uma figura geométrica a cada nutriente. Por exemplo, o hexágono foi a figura geométrica escolhida para representar os glícidos, por se assemelhar à representação estereoquímica dos monossacarídeos. Para representar a quantidade de cada nutriente, inicialmente pensaram na reutilização de tampas de plástico de diferentes cores. Cada cor iria corresponder a um tipo de nutriente. Quanto ao guião, pensaram em criar diferentes tarefas para os alunos explorarem o recurso, em pequenos grupos, para a fomentar o trabalho colaborativo. Após a análise dos nutrientes do alimento com o apoio do gráfico físico foram idealizadas tarefas adicionais, de utilização do decodificador dos rótulos, com o intuito de proporcionar aos alunos um momento de reflexão sobre o valor nutricional do alimento respetivo.

### 3.1.3 Planificar

No momento da planificação, criaram um design do recurso físico e identificaram materiais a usar (Figura 2). Começaram por tomar as seguintes decisões:

- usar esferovite para criar o suporte do ábaco;
- usar tampas de plástico, de sete cores diferentes, para representar a quantidade, em gramas, de cada nutriente (cada tampa representa uma grama);
- utilizar paus de espetada para apoiar a colocação e alinhamento das tampas, construindo assim o gráfico de pontos físico;
- reutilizar micas ou cartolinas coloridas para a construção de polígonos regulares e irregulares, para legendar cada nutriente.

- "esferovite"  
- velcro  
- 7 tampas  
  coloridas  
- paus de espetadas (conj.  
  de 3 ou 4)  
- 7 capas de cores  
  coloridas (amarelo, azul,  
  branco, rosa, castanho, verde,  
  laranja)



**Figura 2** Materiais e aspeto inicial do recurso, planificado pelo G1.

### 3.1.4 Criar

Nesta fase, criaram a secção do recurso físico necessária para elaborar o gráfico de pontos e organizaram os materiais adequados para representar a quantidade de nutrientes de um alimento (Figura 3). No que respeita à forma dos polígonos, apenas foram elaborados polígonos convexos, com diferente número de lados, para representar os nutrientes.



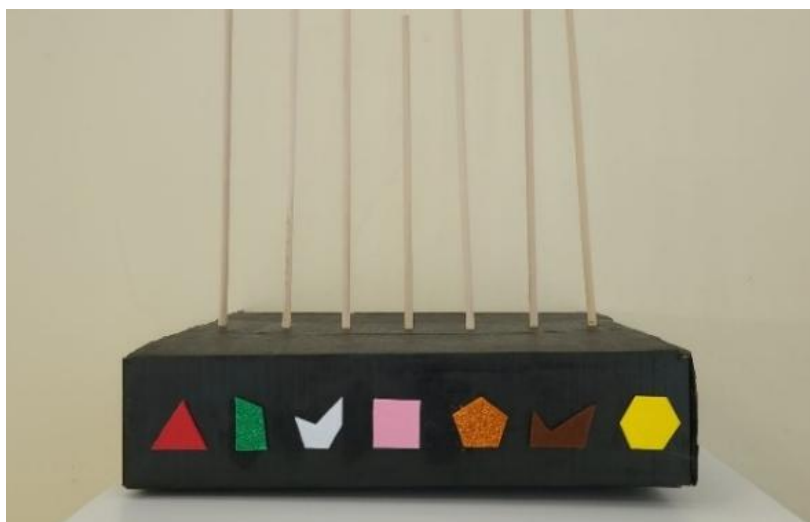
**Figura 3** Recursos físico criado pelo G1 e simulação da quantidade de nutrientes de um alimento.

### 3.1.5 Melhorar

A análise do recurso criado e da sua intencionalidade educativa, numa reflexão conjunta com os professores das didáticas, proporcionou a identificação de oportunidades de melhoria:

- arredondar as quantidades de nutrientes indicadas no rótulo alimentar e identificar cada tampa como representando uma grama de nutriente;
- usar tampas com a mesma dimensão, para a sua disposição assegurar uma representação visual adequada;
- garantir que existe a quantidade de tampas necessária para representar cada nutriente;
- redefinir as cores associadas a cada nutriente e as formas dos polígonos, incluindo agora também polígonos côncavos. Por exemplo, na discussão sugeriu-se que o sal deve ser legendado com um quadrado de cor rosa, com intuito de representar a cor associada ao sal dos Himalaias;
- reorganizar a posição das figuras representativas dos nutrientes, em conformidade com a ordem habitual em surgem nos rótulos dos alimentos.

As propostas anteriores deram origem a uma nova versão do recurso educativo (figura 4).



**Figura 4** Recurso criado na fase de melhoria, pelo G1.

### 3.1.6 Ideias para a exploração interdisciplinar do recurso educativo

Nesta fase, e após a criação, testagem e melhoria do recurso educativo físico, verificou-se a necessidade de rever os objetivos de aprendizagem de matemática. A consecução da aprendizagem essencial inicialmente prevista de representação de dados através de histogramas verificou-se não poder ser devidamente alcançada devido à representação em causa envolver categorias relativas ao nutriente presente no alimento e não uma variável quantitativa para definir classes. O G1 pretendia que o recurso educativo fosse utilizado para os alunos realizarem tarefas relacionadas com a interpretação e recolha de informações presentes nos rótulos de diferentes alimentos, representar num gráfico físico a composição nutricional de cada alimento e identificar os nutrientes existentes em maior ou menor quantidade. A indicação dos nutrientes no eixo horizontal da representação gráfica visava também a articulação entre as duas áreas, sendo utilizadas formas poligonais para representar nutrientes. Ainda na disciplina de Ciências Naturais, a partir deste trabalho pretendia-se que os alunos discutissem, a partir da análise dos diferentes gráficos, elaborados a partir de rótulos de alimentos diversificados, se o alimento poderia ser promotor ou prejudicial à saúde.

### 3.2 Círculo interdisciplinar

O trabalho realizado pelo grupo 2 no processo de *design* de engenharia está representado na figura 5.

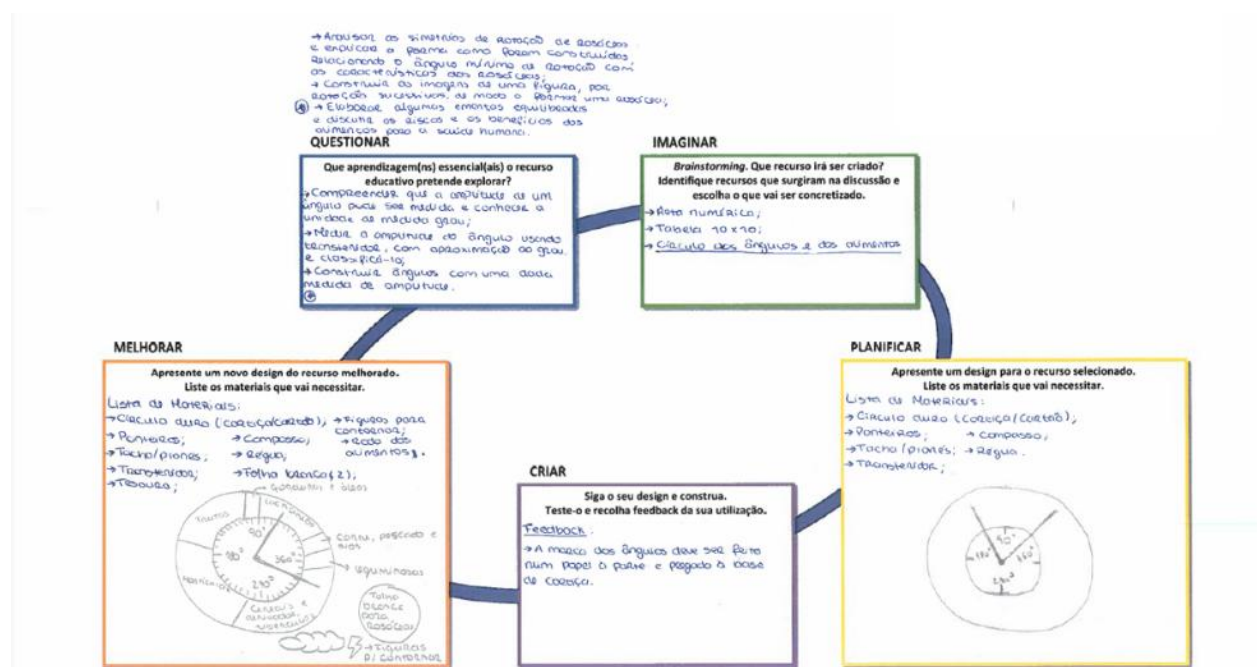


Figura 5 Guião para a criação de recursos educativos físicos para Matemática e Ciências Naturais (G2).

#### 3.2.1 Questionar

Após reflexão sobre a questão orientadora desta fase, foram selecionados objetivos de aprendizagem do 5.º ano de Matemática sobre os ângulos. Esses objetivos foram relacionados com a roda dos alimentos, temática de Ciências Naturais do currículo do 6.º ano. A forma da roda dos alimentos e a análise das secções de alimentos inspiraram a articulação com a Matemática. As aprendizagens essenciais do 2.º CEB selecionadas pelo G2 são apresentadas no quadro 2.

**Quadro 2- Aprendizagens essenciais selecionadas para serem promovidas com o recurso físico interdisciplinar de Matemática e Ciências Naturais (G2).**

Disciplina	Conteúdos programáticos	Aprendizagens essenciais
Matemática (5.º ano)	<b>Tema</b>   Geometria e Medida <b>Tópico</b>   Figuras Planas (revisão)	Compreender que a amplitude de um ângulo pode ser medida e conhecer a unidade de medida grau. (Canavarro et al.,2021a) Medir a amplitude do ângulo usando transferidor, com aproximação ao grau, e classificá-lo. (Canavarro et al.,2021a) Construir ângulos com uma dada medida de amplitude. (Canavarro et al., 2021a)
Matemática (6.º ano)	<b>Tema</b>   Geometria e Medida <b>Tópico</b>   Operações com figuras	Analisar as simetrias de rotação de rosáceas e explicar a forma como foram construídas, relacionando o ângulo mínimo de rotação com as características das rosáceas. (Canavarro et al., 2021b) Construir as imagens de uma figura, por rotações sucessivas, de modo a formar uma rosácea. (Canavarro et al., 2021b)
Ciências Naturais (6.º ano)	<b>Tema</b>   Processos vitais comuns aos seres vivos	Elaborar algumas ementas equilibradas e discutir os riscos e os benefícios dos alimentos para a saúde humana. (ME, 2018)

### 3.2.2 Imaginar

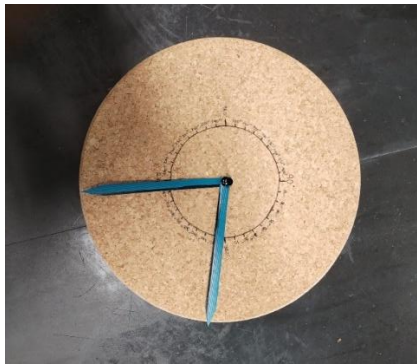
O processo de idealização do recurso educativo iniciou-se com um *brainstorming*, no qual as futuras professoras exploraram diferentes possibilidades. As ideias foram registadas num quadro branco, o que permitiu uma melhor análise da concretização das ligações pretendidas entre os temas do currículo. Focaram-se no desenvolvimento um círculo interdisciplinar para a exploração dos ângulos da roda dos alimentos, levando os alunos a quantificar, de outra forma, as secções da roda dos alimentos. Nesta etapa também emergiu a possibilidade de fazer a ligação entre os números racionais, o trabalho com frações e a sua representação em forma de fração, na reta numérica e no modelo de área, aspeto já trabalhado no 5.º ano. Contudo, optou-se por centrar o trabalho na Geometria e focar as aprendizagens essenciais do 6.º ano, assegurando a compreensão da base da rotação de um ponto e de uma figura. A orientação dos professores das didáticas ajudou a estruturar as ideias iniciais e a orientar a discussão da viabilidade dessas ideias, contribuindo para definir um recurso mais coeso, funcional e eficaz na consecução das aprendizagens essenciais das duas áreas.

### 3.2.3 Planificar

Na fase de planificação do recurso educativo foi realizado um *design* inicial, delineando-se as suas principais funcionalidades, a forma como seria utilizado pelos alunos e os materiais necessários, como se pode verificar na figura 6. Para a base circular do recurso as futuras professoras decidiram usar cortiça, por ser um material sustentável.

### 3.2.4 Criar

Nesta etapa, reuniram os materiais listados e iniciaram a construção do recurso, o que se revelou relativamente simples e rápido. No centro da base de cortiça representaram um transferidor com 360°, marcando as medidas diretamente na cortiça, e prenderam com um piónés dois ponteiros criados a partir de plástico reutilizado. Em cada ponteiro foi delineada uma linha preta para assinalar os lados dos ângulos a considerar (Figura 6).

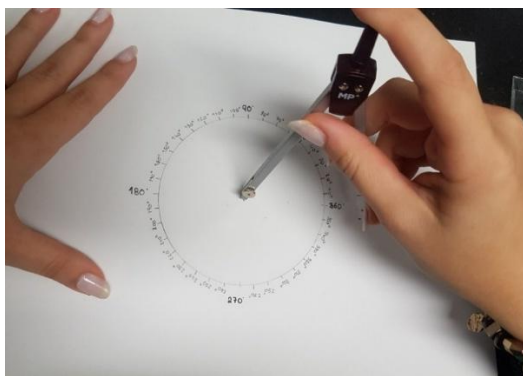


**Figura 6** Versão inicial do “círculo interdisciplinar” criado pelo G2.

A seguir, imprimiram uma roda dos alimentos com diâmetro igual ao da base de cortiça para sobrepor e usarem os ponteiros para determinar a medida da amplitude de cada setor de alimentos. No entanto, ao testarem a funcionalidade do recurso, verificaram que aquando da sobreposição da folha com a roda dos alimentos, as medidas do transferidor deixavam de estar visíveis, impossibilitando a medição da amplitude de cada secção. Tornou-se de imediato evidente a necessidade de melhorar o recurso, o que se concretizou na etapa seguinte.

### 3.2.5 Melhorar

Nesta fase, após a construção inicial do recurso, teste e *feedback* dos professores, a solução de melhoria encontrada passou pela utilização de um círculo de papel de dimensões menores ao da base de cortiça, no qual foi desenhada uma nova circunferência, com ajuda de um compasso, e registadas as medidas das amplitudes de dez em dez graus, usando um transferidor (Figura 7A). Esta folha foi, então, sobreposta à roda dos alimentos, e esta, por sua vez, foi sobreposta à base de cortiça. Este ajuste facilitou a leitura dos graus durante a representação dos ângulos pelos lados dos ponteiros (Figura 7B). Além disso, considerou-se que esta adaptação aumentaria a facilidade de manipulação do recurso pelos alunos do 2.º ciclo.



**7A**



**7B**

**Figura 7** Recurso construído na fase de melhoria, pelo G2.

### 3.2.6 Ideias para a exploração do recurso educativo

As futuras professoras identificaram três momentos de exploração do recurso. Num primeiro momento, ainda sem usar a roda dos alimentos, pretendiam que os alunos medissem ângulos para que compreendessem o funcionamento do recurso e aplicassem os diferentes conceitos associados ao tópico. Desse modo, a manipulação do recurso possibilitaria uma melhor observação da amplitude de um ângulo e facilitaria a medida de ângulos.

No segundo momento, pretendia-se que sobrepusessem uma roda de alimentos à base da cortiça. Depois, deviam medir as amplitudes das secções da roda, quantificando-as. O objetivo é que relacionassem essa quantificação com o consumo de cada grupo alimentar nas refeições diárias. Com estas tarefas, pretendia-se que reforçassem a compreensão da quantidade de cada grupo alimentar da roda dos alimentos, a qual é representada comumente em proporção.

O terceiro momento seria dedicado à construção de rosáceas. Para a realização desta tarefa, devia ser sobreposto uma folha branca na base e a figura de rotação sobre o ponteiro, contornando-a na posição inicial. De seguida, escolhendo a amplitude de rotação, fariam a rotação da figura e desenhariam novamente a figura. O objetivo é que os alunos fizessem a rotação da figura, para construírem uma rosácea. Com esta atividade pretendia-se que consolidassem a compreensão dos ângulos e das rotações, explorar padrões geométricos e desenvolvendo seu o pensamento espacial.

#### **4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS**

A investigação mostra que as discussões em grupos focais melhoram significativamente as percepções de autoeficácia dos professores em formação inicial em relação às experiências e práticas de ensino (Memduhoğlu et al., 2017). Nesse sentido, para avaliar o contributo desta proposta de trabalho para a formação inicial das futuras professoras foi realizado um *focus group* sobre o processo de criação de recursos educativos físicos interdisciplinares, com as cinco estudantes participantes (E1 a E5). Os entrevistadores foram os docentes das didáticas. De seguida, apresentam-se e discutem-se os principais resultados do *focus group*.

##### **4.1 A importância da estrutura do processo de design de engenharia para o desenvolvimento dos recursos físicos**

Uma das questões abordadas no *focus group* foi o papel do processo de design de engenharia na criação dos recursos educativos físicos interdisciplinares. Algumas participantes referiram que a utilização de um guião orientador foi crucial para garantir que o processo fosse eficiente e que se mantivessem focadas nos objetivos de aprendizagem, como refere E1: “No geral, eu acho que ao termos uma estrutura já pré-definida por etapas, ajuda-nos a organizar, de forma a não dispersarmos quanto ao foco que queremos ter e também para não perdermos tempo”. Enfatizaram a relevância do planeamento detalhado, com etapas claramente definidas, existente no processo de *design* de engenharia. Esta estrutura organizada por etapas favoreceu a antecipação de potenciais problemas, como referiu a E1: “se nós não passássemos pela etapa de planificar e não fizéssemos um desenho do que pretendemos, se calhar na construção não preveríamos possíveis desafios”, o que conferiu alguma segurança ao desenvolvimento do trabalho dada a sua inexperiência na criação de recursos com a natureza proposta.

Todas as participantes reconheceram dificuldades no momento “Questionar”, ao terem de identificar aprendizagens essenciais capazes de proporcionar oportunidades de interdisciplinaridade entre a Matemática e as Ciências Naturais. Outro momento exigente foi o de “Imaginar”, associado à idealização de um *design* de um recurso educativo físico que permitisse explorar essas aprendizagens essenciais, numa lógica interdisciplinar. Uma estratégia para ultrapassar esse desafio foi mobilizar outros recursos, como o ábaco, reconstruindo-o para responder às aprendizagens e abordagem definidas.

## 4.2 A colaboração como pilar do trabalho realizado

Durante o *focus group* foi dedicada uma parte significativa da discussão à importância da colaboração, que se verificou ter impacto na criatividade, na eficiência e na qualidade final dos recursos. As participantes concordaram que a colaboração no grupo, entre grupos e com os docentes, foi um fator essencial para o sucesso do trabalho realizado, como indicado pela E2: “até mesmo entre grupos houve um trabalho colaborativo . . . e com os professores também”. A troca de conhecimentos e a discussão de diferentes abordagens permitiram que os grupos superassem obstáculos e encontrassem soluções criativas, as quais poderiam não surgir individualmente, como refere a E3: “o trabalho colaborativo . . . acaba por se tornar mais abrangente porque foram várias pessoas a pensar, com ideias diferentes, que se conseguem ligar”. Além disso, evidenciou-se a perspectiva crítica dos elementos do grupo e o *feedback* colaborativo como contributos para a melhoria da qualidade dos recursos finais. Perspetivando o trabalho colaborativo entre professores na sua prática profissional futura, a E5 apresenta como exemplo o contexto em que está a realizar estágio: “Na escola em que estamos agora, há uma hora específica para articulação [que pode ser usada] para construir estes materiais”.

## 4.3 As principais competências desenvolvidas enquanto futuras professoras

As futuras professoras foram questionadas quanto às competências que consideraram ter desenvolvido a partir do trabalho realizado. Algumas focaram a sua resposta na capacidade de planificação e criação de recursos educativos para a aprendizagem dos alunos. Por seu lado, a E1 referiu que sua capacidade de pensar de modo interdisciplinar foi desenvolvida com este trabalho: “a nível de competências é o facto de nós criarmos interdisciplinaridade, o que é bastante importante . . . partimos de um tema das ciências e exploramos esse tema com a matemática ou partimos de um tema da matemática e exploramos esse tema com as ciências”. Algumas participantes também indicaram que a sua criatividade foi desenvolvida ao terem de imaginar um recurso e pensar em materiais reutilizados para a sua criação.

## 4.4 A relevância de um guião para a exploração do recurso educativo físico

No *focus group* também foi discutida a relevância da existência de outros recursos didáticos, como um guião para o aluno para a promoção das aprendizagens específicas com o apoio da exploração do recurso físico. A maioria manifestou considerar importante a existência de um guião bem estruturado que fornecesse uma orientação clara aos alunos para a exploração do recurso para a aprendizagem integrada das duas áreas, tal como sintetizou a E2: “o recurso não vive sem o guião e o guião não vive sem o recurso”. O guião também foi considerado como muito relevante para o próprio professor organizar a sequência didática da aula.

## 4.5 Desafios e reflexões sobre a viabilidade e a aplicação futura dos recursos

Os entrevistadores também solicitaram que partilhassem os desafios encontrados durante a criação e testagem dos recursos e as estratégias implementadas para os superar, bem como reflexões sobre a viabilidade de aplicações futuras dos mesmos em sala de aula. Os principais desafios identificados incluíram:

- a) Dificuldade em encontrar aprendizagens essenciais de Matemática e Ciências Naturais do mesmo ano que permitissem oportunidades de interdisciplinaridade: por vezes, as

futuras professoras verificaram ser mais fácil recorrer a conexões entre as aprendizagens essenciais do 5.º ano de uma área e as do 6.º ano de outra.

- b) Tempo necessário para a criação de um recurso desta natureza: A criação de recursos físicos exige tempo e dedicação, especialmente os de carácter interdisciplinar e elaborados numa perspetiva colaborativa, o que pode limitar a criação de recursos na sua prática futura, como salientou a E4: “por muito que queiramos sempre inovar a trazer coisas diferentes, que sejam mais apelativas para eles [alunos], acho difícil [com o tempo que vamos ter disponível]”. Outro aspeto referido é que seria uma mais-valia se fossem os alunos a criarem os recursos, mas também traria constrangimentos ligados ao tempo necessário para tal trabalho.
- c) Acessibilidade de recursos: A disponibilidade de materiais adequados foi também identificada como uma barreira potencial à criação de recursos, principalmente se for proposta a sua criação pelos próprios alunos.
- d) Avaliação do impacto: A medição do impacto dos recursos na aprendizagem dos alunos e a definição de critérios de avaliação foram consideradas desafiantes, mas essenciais na implementação futura.

As participantes expressaram confiança na viabilidade e na aplicação futura dos recursos físicos com alunos do 2.º ciclo. Aspetos como a possibilidade de adaptação dos recursos a diferentes contextos e necessidades, o facto de poderem ser usados mais do que uma vez e a sua capacidade de estimular a criatividade e a resolução de problemas foram apresentados como pontos fortes que validam a utilização na sua prática futura.

Além disso, concordaram com a necessidade de investir na formação de professores em oportunidades de criação de recursos e do seu uso na prática letiva para a aprendizagem de Matemática e Ciências Naturais, a par do estudo do seu impacto na aprendizagem.

## 5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Este relato sugere que a criação de recursos educativos físicos interdisciplinares, através do processo de *design* de engenharia, pode ser uma abordagem relevante para a formação de futuros professores, devido ao seu potencial de capacitação para o desenvolvimento de recursos didáticos inovadores e de promoção de reflexão pedagógica sobre a respetiva aplicação em sala de aula, num contexto interdisciplinar entre a Matemática e as Ciências Naturais.

O processo colaborativo entre as futuras professoras e os docentes das didáticas, que cruzou a planificação, a criação e a melhoria dos recursos físicos e a reflexão sobre propostas de trabalho para os alunos, que envolviam a exploração dos recursos para a aprendizagem das duas áreas, foi considerado pelas futuras professoras como muito relevante para a sua formação inicial. Os momentos de reflexão, a partilha de ideias e a discussão de decisões cuidadosamente pensadas para cumprir os objetivos do trabalho, foram considerados como enriquecedores para o seu desenvolvimento profissional.

As limitações deste estudo prendem-se com o reduzido número de participantes. Embora o trabalho tenha proporcionado *feedback* relevante sobre a utilidade do processo de *design* de engenharia na criação de recursos educativos físicos em contexto de formação inicial de professores, não é possível fazer generalizações.

Esta proposta de trabalho, integrada na formação inicial de futuros professores de Matemática e de Ciências Naturais no 2.º ciclo, ao proporcionar um contexto de reflexão sobre a exploração de aprendizagens essenciais de ambas as disciplinas através do desenvolvimento de recursos educativos físicos, pode contribuir para o desenvolvimento de competências essenciais para práticas interdisciplinares, como as referidas por Mosely et al. (2025).

## REFERÊNCIAS

- Aguirre-Muñoz, Z., Yeter, I. H., S. Loria Garro, E., & Koca, F. (2021). Building teachers' capacity to integrate science and math content: Implications for professional development and learning. *Journal of Science Teacher Education*, 32(1), 62–84. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1789814>
- Berlin, D. F., & White, A. L. (2010). Preservice mathematics and science teachers in an integrated teacher preparation program for grades 7-12: A 3-year study of attitudes and perceptions related to integration. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 97–115. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9164-0>
- Campos, F. R. P. (2012). *Os professores como autores e editores de recursos educativos digitais: uma investigação-ação na escola* [Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal]. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/8743>
- Canavarro, A.P., Mestre, C., Gomes, D., Santos, E., Santos, L., Brunheira, L., Vicente, M., Gouveia, M. J., Correia, P., Marques, P., & Espadeiro, R.G. (2021a). *Aprendizagens Essenciais de Matemática. 5.º ano. 2.º Ciclo do Ensino Básico*. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.
- Canavarro, A.P., Mestre, C., Gomes, D., Santos, E., Santos, L., Brunheira, L., Vicente, M., Gouveia, M. J., Correia, P., Marques, P., & Espadeiro, R.G. (2021b). *Aprendizagens Essenciais de Matemática. 6.º ano. 2.º Ciclo do Ensino Básico*. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.
- Cavadas, B., Antunes, A., Leonardo, A., Santos, J. V., Fernandes, M., Anselmo, M., & Branco, Neusa (2024). Desafio da água: Um jogo de tabuleiro para explorar o objetivo de desenvolvimento sustentável 6 – Água potável e saneamento. *APeDuC Revista*, 5(2), 59-76. <https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.510>
- Chai, C. S. (2019). Teacher professional development for science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A review from the perspectives of technological pedagogical content (TPACK). *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 5-13. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0400-7>
- Coppola, M. P. (2021). Learning through doing: Preservice elementary teacher reflections on the Engineering Design Process (Fundamental). In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Czerniak, C. M., & Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education. Vol. 2* (pp. 395–411). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Friend, M., Cook, L., Hurley-Chamberlain, D., & Shamberger, C. (2010). Co-Teaching: an illustration of the complexity of collaboration in special education. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, 20(1), 9-27. <https://doi.org/10.1080/10474410903535380>
- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127-141. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2005.tb18047.x>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, 24(2), 173-184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3798>
- Kalolo, J. F. (2015). Addressing the tensions and controversies towards quality science education: A pragmatic approach. *Issues in Social Science*, 3(1), 97-119. <https://doi.org/10.5296/iss.v3i1.7345>
- Koirala, H. P., & Bowman, J. K. (2003). Preparing middle level preservice teachers to integrate mathematics and science: Problems and possibilities. *School Science and Mathematics*, 103(3), 145-154. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2003.tb18231.x>

- Memduhoğlu, H. B., Kotluk, N., & Yayla, A. (2017). The effect of focus group discussions on pre-service teachers' teaching experiences and practices: A mixed methods study. *International Journal of Instruction*, 10(4), 273-292. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.10416a>
- Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação [ME/DGE] (2018). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 6.º ano. 2.º Ciclo do Ensino Básico. Ciências Naturais*. ME/DGE.
- Morales, P. (2012). *Elaboración de material didáctico*. Red Tercer Milenio S.C.
- Mosely, G., Markauskaite, L., Wigley, C., Swist, T., & Goodyear, P. (2025). Understanding teachers' expertise for interdisciplinary teaching practices: A scoping review. *Teaching and Teacher Education*, 168, Article 105223. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105223>
- Mousavinasab, E. S., Kalhori, S. R. N., Zarifsanaiy, N., Rakhshan, M., & Ghazisaeedi, M. (2020). Nursing process education: A review of methods and characteristics. *Nurse Education in Practice*, 48 (102886), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102886>
- National Aeronautics and Space Administration (2012). *NASA's best students. Beginning engineering, science, and technology. An educator's guide to the engineering design process. Grades 6-8*. NASA. <https://archive.org/details/nasabeststudent0000nati>
- Ojating, H., & Ojating, J. H. (2022). Incorporating tangible instructional materials in teaching and learning: Implications for educational assessment and evaluation. *International Journal of Quantitative and Qualitative Research Methods*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.37745/ijqarm.13/vol10n116>
- Ojeogwu, J., & Mumba, F. (2025). Preparing pre-service teachers in engineering design integrated science teaching: A systematic review. *Journal of Science Education and Technology*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10247-8>
- Partey, P. A., Annim, S. K., Yidana, M. B., & Sebu, J. (2024). Estimating the extent of educational resource deprivation among basic schools and its effect on quality education in Ghana. *International Journal of Educational Development*, 109, Article 103077. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2024.103077>
- Pino-Fan, L. R., Castro, W. F., & Moll, V. F. (2023). A macro tool to characterize and develop key: Competencies for the mathematics teacher' practice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1407–1432. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10301-6>
- Potari, D. (2023). Tools and resources for mathematics teaching and mathematics teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 26(2), 125–127. <https://doi.org/10.1007/s10857-023-09576-5>
- Ramsingh, D., & Renwick, S. (2025). Teaching and Learning Resources. In D. Baker & L. Ellis (eds.), *Encyclopedia of Libraries, Librarianship, and Information Science* (1st ed.) (pp. 572-592). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95689-5.00211-X>
- Sesma, M. G. F., & Fontes, G. F. L. (2016). Principles for the use, adaptation, and development of didactic material. *MEXTESOL Journal*, 40(3), 1-6. <https://www.mextesol.net/journal/public/files/0f25e654cd0b4f53b163160a9c7604c3.pdf>
- Swist, T., Markauskaite, L., Mosely, G., Goodyear, P., & Wrigley, C. (2025). Approaches to strengthening teachers' interdisciplinary expertise: From configurative review to design patterns. *Review of Education*, 13, Article e70113. <https://doi.org/10.1002/rev3.70113>
- Telles, F. S., & Grisa, G. D. (2018). *O uso de materiais concretos no ensino da matemática nos anos iniciais* [Trabalho de conclusão e de especialização, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil]. Repositório Institucional do IFRS. <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/376>

**PRÁTICAS DE ENSINO EXPLORATÓRIO E A PLATAFORMA HYPATIAMAT:  
APRENDIZAGENS SOBRE A ÁREA DO RETÂNGULO NO 4.º ANO DE ESCOLARIDADE**

EXPLORATORY TEACHING PRACTICES AND THE HYPATIAMAT PLATFORM: LEARNING ABOUT THE  
AREA OF A RECTANGLE IN THE 4TH-GRADE PRIMARY SCHOOL

PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA EXPLORATORIA Y LA PLATAFORMA HYPATIAMAT: APRENDIZAJE  
SOBRE EL ÁREA DEL RECTÁNGULO EN 4.º AÑO DE ESCOLARIDAD DE LA EDUCACIÓN PRIMARIA

**Daniela Dias<sup>1</sup>, Patrícia Luís<sup>1</sup>, Rita Freire<sup>1</sup>, Rita Neves Rodrigues<sup>1,2,3</sup>, Fernando Martins<sup>1,3,4,5</sup> &  
Filipa Pinto<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra, Portugal

<sup>2</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal

<sup>3</sup>inED - Centro de Investigação e Inovação em Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

<sup>4</sup>Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Portugal

<sup>5</sup>SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Portugal  
danielamdias90@gmail.com

**RESUMO** | O conceito de área, introduzido no 1.º Ciclo do Ensino Básico, apresenta uma complexidade que exige um desenvolvimento gradual. Este artigo descreve uma prática implementada numa turma do 4.º ano de escolaridade, na qual foram observadas dificuldades no tema Geometria e Medida, nomeadamente no conceito de área. A Prática de Ensino Exploratório (PEE), realizada em duas sessões, integrou o uso da Plataforma *Hypatiamat* para promover a compreensão de conceitos subjacentes à noção de área de um retângulo. Os resultados sugerem que esta ferramenta digital contribuiu para aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre o significado da unidade de medida metro quadrado e a generalização da expressão de cálculo da área do retângulo e para desenvolver a capacidade de explicitar e justificar as suas resoluções. Assim, a presente prática educativa demonstra que a articulação entre PEE e as ferramentas digitais potencia a compreensão do conceito de área, constituindo-se como uma proposta didática adequada para a promoção da aprendizagem deste conceito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área, Artefactos Digitais, Práticas de Ensino Exploratório, Geometria, Resolução de Problemas.

**ABSTRACT** | The concept of area, introduced in the Primary School, presents a complexity that requires gradual development. This article describes a practice that was implemented in a 4th-grade, where difficulties were observed in the content of Geometry and Measurement, more specifically in the concept of area. The Exploratory Teaching Practices (ETP), carried out in two sessions, integrated the use of the *Hypatiamat* Platform to promote understanding of concepts underlying the area of the rectangle. The results suggest that this digital tool contributed to deepening students' understanding of the meaning of the "square meter" as a unit of measurement and of the generalization of the formula for calculating the area of a rectangle, as well as to developing their ability to explicate and justify their solutions. Thus, this educational practice demonstrates that the articulation between ETP and digital tools enhances the understanding of the concept of area, constituting an appropriate didactic approach for promoting the learning of this concept.

**KEYWORDS:** Area, Digital Artefacts, Exploratory Teaching Practices, Geometry, Problems Solving.

**RESUMEN** | El concepto de área, introducido en la Escuela Primaria, presenta una complejidad que exige un desarrollo gradual. Este artículo describe una práctica implementada en una clase de 4.º año, donde se observaron dificultades del tema Geometría y Medida, a saber en el concepto de área. La Práctica de Enseñanza Exploratoria (PEE), realizada en dos sesiones, integró el uso de la Plataforma *Hypatiamat* para promover la comprensión de los conceptos subyacentes al área del rectángulo. Los resultados sugieren que esta herramienta digital contribuyó a profundizar los conocimientos de los alumnos sobre el significado de la unidad de medida metro cuadrado y la generalización de la expresión para el cálculo del área del rectángulo, así como al desarrollo de la capacidad para explicitar y justificar sus resoluciones. Así, la presente práctica educativa demuestra que la articulación entre las PEE y las herramientas digitales potencia la comprensión del concepto de área, constituyéndose como una propuesta didáctica adecuada para promover el aprendizaje de este concepto.

**PALABRAS CLAVE:** Área, Artefactos Digitales, Práctica de Enseñanza Exploratoria, Geometría, Resolución de problemas.

## 1. INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, a escola deve responder aos desafios da globalização, do desenvolvimento científico e tecnológico e das questões ambientais, dos quais emergem as diferentes áreas do conhecimento (Carvalho, 2019; Teixeira et al., 2021). Neste sentido, e com o objetivo de fomentar aprendizagens significativas, os professores devem relacionar as suas práticas letivas com as características dos alunos (Pinto, 2014). O desafio de promover aprendizagens significativas torna-se pertinente quando aplicado a conceitos matemáticos complexos, como a Geometria e Medida, sendo esta uma área reconhecida como problemática na definição de conceitos (Gomes et al., 2013).

Neste contexto, a integração de recursos tecnológicos em sala de aula desempenha um papel fundamental na construção de conhecimento e no desenvolvimento de competências essenciais (Lee et al., 2022; Romero-Tena et al., 2023), abrindo perspectivas inovadoras para os processos de ensino e aprendizagem do século XXI (Souza et al., 2025). As ferramentas tecnológicas são consideradas recursos incontornáveis e potentes para o ensino e aprendizagem da Matemática (Ministério da Educação, 2021). Contudo, a implementação destes recursos exige uma utilização intencional e pedagogicamente fundamentada (Rodrigues, 2018). A investigação demonstra que a simples utilização de artefactos digitais não gera, por si só, aprendizagem, sendo necessário que os alunos consigam refletir e construir significado durante a sua manipulação (Freitas, 2024; Lopes & Costa, 2019). Os artefactos digitais devem ser empregues como ferramentas epistémicas, capazes de levar os alunos a “pensar e experienciar a matemática de outro modo e para construir conhecimento matemático novo na perspetiva dos alunos” (Costa et al., 2021, p.30). A Plataforma *Hypatiamat* (PH) apresenta potencialidades nos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática (Pinto et al., 2022; Verdasca et al., 2020). Sendo um projeto de referência na promoção de aprendizagens matemáticas, a PH disponibiliza recursos que fomentam a compreensão de conteúdos específicos (Freitas, 2024; Guiomar, 2024), como o de área de figuras.

Neste sentido, a prática educativa aqui apresentada foi realizada numa turma constituída por treze alunos do 4.º ano de escolaridade do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), que evidenciava dificuldades na compreensão do cálculo da medida da área. Foi a partir deste problema didático que a prática educativa aqui descrita foi planeada e implementada em duas sessões por três Professoras Estagiárias (PE). A prática educativa fundamentou-se no modelo de Práticas de Ensino Exploratório (PEE) de Canavarro et al. (2012) e nos documentos normativos vigentes para o 1.º CEB (Ministério da Educação, 2021). Por conseguinte, com base na problemática identificada, emerge a seguinte questão orientadora: De que forma a utilização da *applet* “Áreas III – Retângulo” da PH, em sala de aula, contribui para a compreensão do cálculo da medida da área do retângulo? Para responder a esta questão, define-se como objetivo da prática educativa: compreender de que forma a utilização da *applet* “Áreas III – Retângulo”, da PH, pode promover o aprofundamento dos conhecimentos dos alunos sobre o cálculo da medida da área do retângulo em alunos do 4.º ano de escolaridade do 1.º CEB. A prática desenvolvida distingue-se pela articulação das PEE, estruturadas em quatro fases de Canavarro et al. (2012), com a utilização de uma *applet* da PH para promover o ensino do conceito de área do retângulo. Tratando-se de um conceito reconhecidamente desafiante neste nível de escolaridade, procurou-se promover a sua exploração através de artefactos digitais em contexto de sala de aula. Este exemplo prático apresenta uma forma de transformar o artefacto digital PH numa ferramenta epistémica através

da mediação docente, bem como a utilização de guiões de exploração para desenvolver a capacidade de explicitar e justificar as suas resoluções.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

No 1.º CEB, uma prática matemática deve assegurar o desenvolvimento pessoal e cognitivo dos alunos, munindo-os de “(...) ferramentas intelectuais relevantes para melhor conhecer, compreender e atuar no mundo (...)” (Ministério da Educação, 2021, p. 2), recorrendo para isso a tarefas ricas e desafiantes capazes de os cativar e de impulsionar as suas aprendizagens (Canavarro et al., 2012).

### 2.1 Práticas de Ensino Exploratório

Na construção ativa do conhecimento, o aluno assume um papel central no processo de aprendizagem. Neste sentido, é fundamental garantir oportunidades e tempo para que os alunos possam pensar, partilhar e discutir as suas produções matemáticas durante a exploração das tarefas, um processo que deve culminar na sistematização coletiva das aprendizagens matemáticas emergentes (Costa, 2024; Ministério da Educação, 2021).

As PEE afirmam-se como uma prática pedagógica eficaz, facilitando a planificação e a implementação das aulas, tal como corroborado por diversos estudos (Carvalho et al., 2024; Ferreira et al., 2024; Freitas et al., 2023; Pinto et al., 2023). Geralmente, as PEE são organizadas em três ou quatro fases interligadas que estruturam a ação em sala de aula (Stein et al., 2008). De acordo com Canavarro et al. (2012), a aula desenvolve-se em quatro fases: (i) Introdução da Tarefa, momento em que o professor apresenta as tarefas, explica o contexto, os objetivos e as ferramentas que serão utilizadas, garantindo que os alunos compreendem o que é esperado, mas também se sintam desafiados para a resolução da tarefa (Guiomar et al., 2025); (ii) Realização da Tarefa, onde os alunos trabalham autonomamente e o professor monitoriza e apoia através de questões, sem validar respostas, preservando a exigência cognitiva e selecionando estrategicamente as resoluções para a fase seguinte (Rodrigues et al., 2025a); (iii) Discussão da Tarefa, onde ocorre, em grande grupo, a partilha das diferentes resoluções selecionadas (Rodrigues et al., 2025b); (iv) Sistematização das Aprendizagens, onde é feita uma sistematização dos conteúdos trabalhados na aula, que emergiram da discussão (Francisco et al., 2025).

### 2.2 Área do retângulo

Segundo o *National Council of Teachers of Mathematics* (2000), os conceitos geométricos são cruciais na representação e resolução de problemas, dado que a Geometria proporciona um contexto natural, para desenvolver capacidades de raciocínio e argumentação nos alunos.

A compreensão da área, especificamente, exige a sua articulação com o conceito de Medida, unindo o domínio da Geometria ao dos Números, processo que deve ocorrer de forma gradual dada a sua complexidade. Neste contexto, define-se área como a quantidade de superfície bidimensional contida dentro de uma fronteira e a medição através da atribuição de um valor numérico a uma grandeza em relação a uma unidade pré-estabelecida (Clements & Sarama, 2014). Em primeiro lugar, os alunos devem desenvolver a noção de área, passando da compreensão de que a decomposição e a reconfiguração das figuras geométricas não alteram a

sua área (Miranda, 2017). Neste sentido, medir é essencialmente comparar duas grandezas da mesma espécie, sendo importante distinguir a área (grandeza geométrica) da medida da área, que é o número real positivo resultante da comparação entre a figura a medir e a sua unidade (Breda et al., 2011; Caraça, 1984).

Para o estudo desta grandeza, destaca-se o retângulo, definido por Soares et al. (2025) como um polígono quadrilátero plano com lados opostos paralelos e quatro ângulos internos retos, o qual, segundo Haylock (2010), pode apresentar todos os lados iguais (quadrado) ou apenas dois pares de lados iguais. No Sistema Internacional, utilizam-se unidades convencionais como o metro quadrado ( $m^2$ ) e o centímetro quadrado ( $cm^2$ ), que correspondem, respetivamente, a quadrados com lados de 1 metro e 1 centímetro (Bennett et al., 2012; Figueira et al., 2006). A determinação da área de uma figura implica imaginar o seu interior preenchido por estas unidades quadradas, evoluindo-se da contagem unitária para processos multiplicativos onde, considerando “a” o comprimento e “b” a largura, se obtém a expressão Área =  $a \times b$ , ou, no caso de um quadrado de lado “s”,  $A = s^2$  (Alonso et al., 2025; Bennett et al., 2012; Musser et al., 2011; Soares et al., 2025). Embora as Aprendizagens Essenciais preconizem a generalização da expressão para o cálculo da área do retângulo a partir da contagem estruturada (Ministério da Educação, 2021), Menino e Farinha (2025) alertam que a introdução precoce de fórmulas abstratas pode comprometer a compreensão conceptual da área e dificultar aprendizagens posteriores, como o volume. Neste sentido, os autores defendem a importância de envolver os alunos em tarefas de pavimentação e contagem de unidades quadradas, promovendo a compreensão da relação multiplicativa entre as dimensões do retângulo. A utilização de representações dinâmicas e interativas que permitam visualizar o preenchimento de figuras com unidades quadradas revela-se pertinente para a compreensão da área enquanto grandeza, favorecendo a construção progressiva do significado conceptual da expressão de cálculo a partir da pavimentação (Menino & Farinha, 2025; Alonso et al., 2025).

### 2.3 Artefactos Digitais e a Plataforma *Hypatiamat*

A utilização e a exploração de múltiplas representações, de forma eficaz demonstram-se benéficas para a aprendizagem da matemática (Ministério da Educação, 2021; *National Council of Teachers of Mathematics*, 2014). As ferramentas tecnológicas são um exemplo disso, sendo consideradas “(...) recursos incontornáveis e potentes para o ensino e a aprendizagem da Matemática” (Ministério da Educação, 2021, p.6). A integração destes recursos, que devem fazer parte da literacia digital dos alunos, podem promover aprendizagens significativas, fomentando a persistência e o gosto pela disciplina através de contextos distintos dos tradicionais (Martins et al., 2019; Moorhouse & Wong, 2022). No entanto, a simples presença de artefactos digitais e *applets* em sala de aula não gera, por si só, aprendizagem, sendo necessário que, ao manipular, os alunos sejam capazes de refletir e de construir significado (Costa et al., 2021; Lopes & Costa, 2019). É neste processo de atribuição de sentido que o artefacto se converte numa verdadeira ferramenta (Freitas, 2024), explorada numa dimensão epistémica para “(...) pensar e experienciar a matemática de outro modo (...)” (Costa et al., 2021, p.30).

Neste contexto, a PH destaca-se como um dos projetos mais populares na área da Matemática, disponibilizando artefactos digitais divididos entre aplicações baseadas no currículo e jogos sérios, que fornecem *feedback* imediato ao aluno, estimulando a autorregulação e a conclusão autónoma de tarefas (Pinto et al., 2022; Verdasca et al., 2020). Diversos estudos

corroboram que o uso dos artefactos digitais da PH atua como um elemento motivador para a aprendizagem, capaz de captar a atenção dos alunos e promover aprendizagens matemáticas (Escaroupa, 2023; Gomes, 2023; Guiomar, 2024; Pires, 2021).

### 3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Os dados recolhidos e apresentados no presente artigo foram utilizados exclusivamente para a descrição da prática educativa. Para o efeito, foi obtido o consentimento informado de todos os Encarregados de Educação, bem como a autorização do Agrupamento de Escolas, assegurando-se integralmente a confidencialidade e o anonimato dos alunos envolvidos. Esta prática enquadra-se no projeto aprovado pelo Comité de Ética do Instituto Politécnico de Coimbra (101\_CEIPC/2022, aprovado a 24 junho 2022).

A prática apresentada decorreu numa escola pública localizada na periferia de Coimbra envolvendo uma turma do 4.º ano de escolaridade do 1.º CEB. O grupo de participantes era constituído por treze alunos, com idades compreendidas entre os nove e os dez anos, todos de nacionalidade portuguesa. Adicionalmente, a turma integrava uma aluna sinalizada ao abrigo do Decreto-lei n.º 54/2018. A constituição dos grupos baseou-se na análise das características cognitivas e emocionais dos alunos, definindo-se a formação de cinco pares e um trio. Esta organização considerou, simultaneamente, as condições da Zona de Desenvolvimento Proximal preconizadas por Vygotsky (1980), tendo-se procurado equilibrar os níveis de desenvolvimento ao agrupar elementos com competências semelhantes, mas não iguais.

A prática educativa centrou-se na exploração do conceito de “Área do Retângulo” e desenvolveu-se em duas sessões, estruturadas nas quatro fases de uma PEE (Canavarro et al., 2012). Para a implementação desta prática foi usada a *applet* “Áreas III – Retângulo” da Plataforma *Hypatiamat*, uma ferramenta digital desenhada para a exploração dinâmica do conceito de área. No Quadro 1 indicam-se os *frames* explorados em cada uma das sessões.

**Quadro 1-** *Frames* explorados nas duas sessões.

<b>Sessões</b>	<b>Applet</b>	<b>Frames</b>
1	“Áreas III - Retângulo”	15, 16, 19
2		35, 40

Fonte: Elaboração Própria.

Com o objetivo de mediar a aprendizagem dos alunos e a exploração da PH, foram construídos guiões de exploração (Figura 1). Estes guiões indicavam os *frames* a explorar e forneciam as instruções necessárias para efetuarem as resoluções das diversas tarefas promovendo a sua explicação detalhada.

Lê com atenção as seguintes questões. **Responde** mostrando como pensaste.

1. **Acede** ao *frame* 15, da *applet* "Áreas III – Retângulo". **Resolve-o** no teu computador portátil, consoante o que te é pedido, e **completa** no *frame* abaixo.



Clica neste ícone para teres acesso a uma pista, para a resolução da tarefa.

Clica no espaço e utiliza o teclado que aparece em baixo para responder.

Clica nas setas para encontrares a seguinte representação.

Clica na seta para apagares.

Clica para validar a resposta.

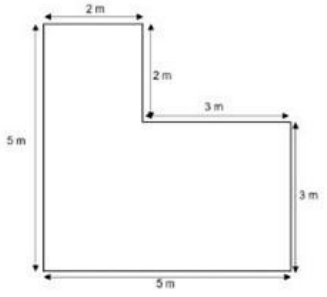
Mostra como pensaste, usando cálculos, esquemas, desenhos ou palavras.

**Figura 1** Exemplo de um excerto de um dos guiões de exploração das sessões (Fonte: Elaboração Própria)

Antes da implementação das sessões, foi aplicada uma tarefa inicial (Figura 2) com o objetivo de analisar as dificuldades e mapear os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conceito de área do retângulo e o metro quadrado como unidade de medida.

Lê com atenção a seguinte questão. **Responde** mostrando como pensaste.

1. A mãe do Pedro decidiu substituir o pavimento do quarto do Pedro. Para isso, mediu o quarto, obtendo o seguinte esquema:



1.1. Para comprar o pavimento, a mãe do Pedro precisa de saber a área que este vai ocupar. Consegues ajudá-la? Mostra como pensaste utilizando esquemas, desenhos, palavras.

**Figura 2** Enunciado da tarefa inicial (Fonte: Elaboração Própria)

Na fase de introdução da tarefa, os alunos, organizados nos grupos pré-definidos, foram informados sobre as tarefas a realizar e a gestão do tempo, procedendo-se à distribuição dos guiões de exploração e à demonstração em grande grupo do acesso à PH, no ecrã interativo, com apoio das PE. Seguiu-se a realização da tarefa, durante a qual as PE assumiram o papel de facilitadoras, monitorizando o trabalho dos alunos e orientando as aprendizagens, enquanto estes interagiam com a *applet* e resolviam as tarefas presentes nos guiões de exploração.

Posteriormente, na fase de discussão da tarefa, foram selecionadas estrategicamente resoluções de diferentes grupos para a apresentação à turma, o que permitiu que os alunos explicitassem as suas estratégias e as resoluções efetuadas. Cada sessão culminou com a fase de sistematização, caracterizada pela síntese das aprendizagens, seguida da realização de uma Tarefa de Avaliação Formativa (TAF) (Figura 3).

Hoje, durante a aula, aprendi:
Hoje, durante a aula, não compreendi:
Uma questão que tenho sobre a aula de hoje é:
(Fonte: Adaptado de Lopes & Silva, 2020)

**Figura 3** TAF da 1.ª sessão (Fonte: Adaptado de Lopes & Silva, 2020)

Relativamente aos objetivos de aprendizagem, a primeira sessão focou-se no reconhecimento do metro quadrado ( $m^2$ ) como unidade convencional e na generalização da expressão para o cálculo da área do retângulo, incluindo ainda a estimativa de áreas e a resolução de problemas envolvendo a comparação crítica de estratégias. A segunda sessão deu continuidade aos objetivos anteriores, introduziu a relação entre o cálculo da área e a contagem estruturada de unidades, o que culminou na generalização da expressão para o cálculo da área do retângulo.

No final das sessões implementadas, os alunos realizaram uma tarefa final (Figura 4), estruturalmente semelhante à inicial, que visou analisar a evolução das aprendizagens e verificar a superação das dificuldades diagnosticadas, inicialmente.

Lê com atenção a seguinte questão. Responde mostrando como pensaste.

1. O pai do Manuel decidiu substituir o pavimento do quarto do Manuel. Para isso, mediu o quarto, obtendo o seguinte esquema:

1.1. Para comprar o pavimento, o pai do Manuel precisa de saber a área que este vai ocupar. Consegues ajudá-lo? Mostra como pensaste utilizando esquemas, desenhos, palavras.

**Figura 4** Enunciado da tarefa final (Fonte: Elaboração Própria)

#### 4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A apresentação e discussão de resultados será efetuada iniciando-se pelas evidências do desenvolvimento dos conhecimentos matemáticos dos alunos, através das suas resoluções antes e depois da intervenção, sendo discutidas as evidências das dificuldades e dos conhecimentos dos mesmos nos dois momentos. Os excertos e as resoluções apresentados foram selecionados com critérios de representatividade e de diversidade, os quais ilustram, de forma mais clara, as dificuldades identificadas antes da intervenção e a sua superação após a mesma.

Inicialmente, os alunos demonstraram dificuldades no conceito de área, que transcenderam a mera aplicação da fórmula e se manifestaram, sobretudo, no reconhecimento do metro quadrado ( $m^2$ ) enquanto unidade de medida. Observou-se que a generalização da expressão para o cálculo da área era, frequentemente, reduzida ao produto entre a medida do comprimento e da largura. Verificaram-se dificuldades na compreensão do significado da unidade de medida enquanto representação do espaço efetivamente ocupado por  $1m^2$ , uma dificuldade já apontada por Alonso et al. (2025). Adicionalmente, os alunos demonstraram dificuldades em explicitar as resoluções efetuadas e em formular respostas contextualizadas face à situação problemática apresentada (Bennett et al., 2012; Figueira et al., 2006; Musser et al., 2011), conforme se verifica na resolução presente na Figura 5, onde o aluno B não apresenta uma resposta.

1.1. Para comprar o pavimento, a mãe do Pedro precisa de saber a área que este vai ocupar. Consegues ajudá-la? Mostra como pensaste utilizando esquemas, desenhos, palavras.

Handwritten work showing calculations for area:

$$5\text{ m} \times 5\text{ m} = 25\text{ m}$$

$$2\text{ m} \times 3\text{ m} = 6\text{ m}$$

$$25\text{ m} - 6\text{ m} = 19\text{ m}$$

**Figura 5** Resolução do Aluno B antes da intervenção

Nas tarefas realizadas após a implementação da prática educativa, a resolução apresentada pelo Aluno B evidencia uma melhoria na compreensão da unidade de medida  $\text{m}^2$  e na correta generalização da expressão para o cálculo da área. Na Figura 6, observa-se que o aluno explicita as resoluções efetuadas e apresenta uma resposta contextualizada face à situação problemática. Estes resultados corroboram os estudos de Menino e Farinha (2025) e Alonso et al. (2025), que destacam a importância de práticas que promovam a explicitação das resoluções dos alunos e a construção progressiva do significado conceptual da unidade de medida.

1.1. Para comprar o pavimento, o pai do Manuel precisa de saber a área que este vai ocupar. Consegues ajudá-lo? Mostra como pensaste utilizando esquemas, desenhos, palavras.

Handwritten work showing calculations for area:

$$6\text{ m} \times 6\text{ m}$$

$$7\text{ m} \times 7\text{ m} \times 1\text{ m}^2 = 49\text{ m}^2$$

$$3\text{ m} \times 4\text{ m} \times 1\text{ m}^2 = 12\text{ m}^2$$

$$49\text{ m}^2 - 12\text{ m}^2 = 37\text{ m}^2$$

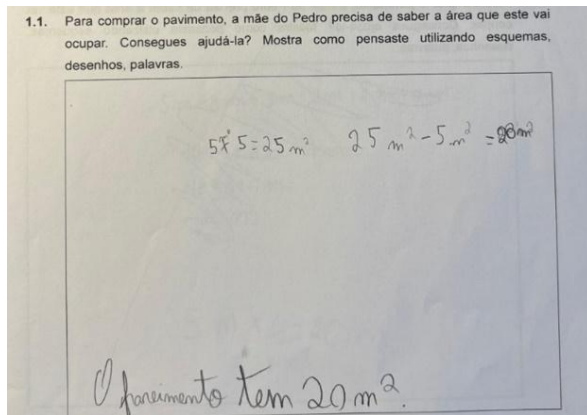
largura comprimento  $\text{m}^2$   
 ou seja largura  $\times$  comprimento  $\times$   $\text{m}^2$

$12\text{ m}^2$  quadrado e a área que não é o quarto  
 porque  $49\text{ m}^2$  não é o quarto então  
 então temos de fazer  $49\text{ m}^2 - 12\text{ m}^2 = 37\text{ m}^2$   
 que é a área do quarto.

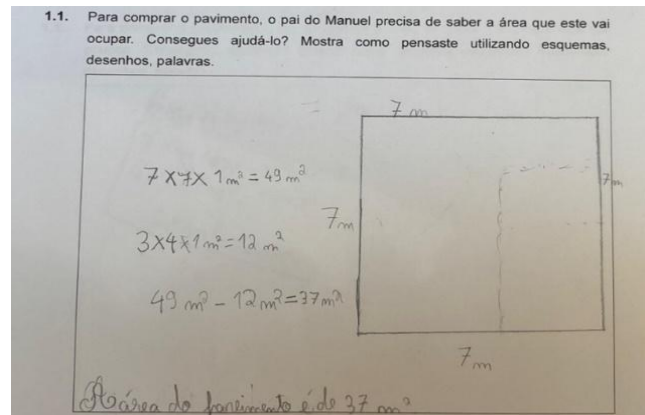
**Figura 6** Resolução do Aluno B depois da intervenção

De forma semelhante ao Aluno B, também a resolução do Aluno C, anterior à implementação da prática educativa (Figura 7), evidencia uma aplicação direta da fórmula  $axb$ , sem explicitação da resolução ou elementos que permitam inferir a compreensão do aluno sobre o conceito de área. Após a implementação da prática educativa (Figura 8), o aluno registou a expressão  $7 \times 7 \times 1\text{m}^2$ , evidenciando a compreensão de que o cálculo da área envolve a multiplicação da unidade padrão, o metro quadrado (Bennett et al., 2012; Figueira et al., 2006). Em vez da aplicação exclusiva da fórmula (Área =  $s^2$ ), a resolução apresentada sugere uma associação entre a determinação da área e o preenchimento da figura por unidades de medida

quadradas (Alonso et al., 2025; Soares et al., 2025). Estes resultados vão ao encontro do estudo de Menino e Farinha (2025) ao evidenciarem que abordagens centradas na pavimentação podem favorecer a superação da aplicação mecânica de fórmulas e contribuir para a construção progressiva do significado conceptual da área.



**Figura 7** Resolução do Aluno C na tarefa inicial



**Figura 8** Resolução do Aluno C na tarefa final

Face às dificuldades inicialmente identificadas na explicitação dos procedimentos de resolução e na utilização adequada da unidade de medida, os guiões de exploração foram estruturados de modo a incentivar o registo escrito das resoluções dos alunos. A Figura 9 ilustra os registos elaborados pelo Grupo 6 no guião de exploração durante a 1.ª sessão da intervenção. Importa destacar que, na fase de resolução da tarefa, o grupo registou uma resolução incompleta (registos realizados a lápis de carvão), apesar das indicações do guião de exploração solicitarem expressamente a explicitação das resoluções efetuadas. Os alunos registaram apenas a operação aritmética, sem referência à unidade de medida nem formulação de uma resposta contextualizada à situação proposta. Após a discussão da tarefa, observou-se uma reformulação dos registos, com a inclusão da unidade de medida metro quadrado ( $m^2$ ), do registo da expressão do cálculo da área e da formulação de uma resposta contextualizada (elementos acrescentados a caneta verde e assinalados na figura pelo retângulo verde), aspetos que estavam ausentes na resolução inicial. Esta evolução nas produções escritas sugere que a discussão das tarefas contribuiu para a elaboração de resoluções mais completas e contextualizadas e para uma maior explicitação das mesmas, corroborando a perspetiva de Canavarro et al. (2012) relativamente ao papel da discussão coletiva na apropriação das aprendizagens matemáticas pelos alunos.

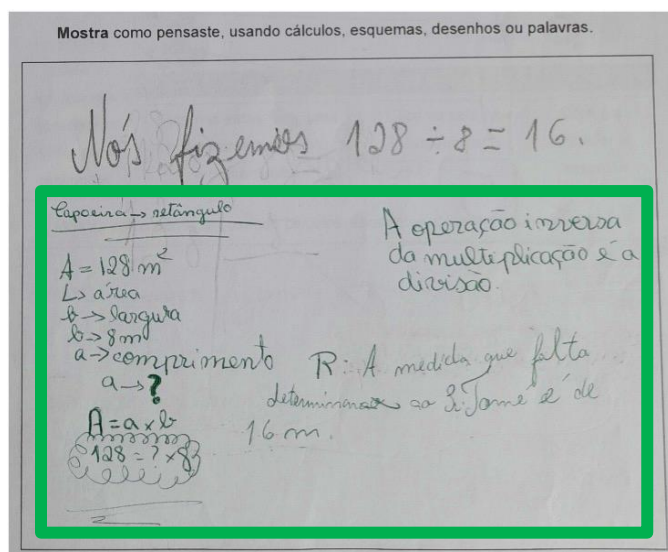


Figura 9 Resoluções elaboradas pelo Grupo 6 no guião de exploração.

Outro aspeto que foi importante na implementação desta prática, está relacionado com a orquestração das discussões coletivas durante a fase de três da PEE – discussão das tarefas. Esta fase da aula contribuiu para que fossem ultrapassadas as dificuldades inicialmente observadas na mobilização da unidade de medida e na interpretação da área enquanto pavimentação, tal como se observa no excerto seguinte.

**Professora estagiária C:** Onze vezes dezoito é igual a dezoito vezes onze metros quadrados (pausa) qué qué isto? O onze vezes dezoito é igual a dezoito vezes onze.

**Aluno B (grupo 3):** Área.

**Aluno C (grupo 3):** Onze vezes dezoito vezes...

**Aluno B (grupo 3):** Tá mal, tá mal professora.

**Aluno C (grupo 3):** (continuando a frase) ... um metro quadrado.

**Aluno B (grupo 3):** É onze vezes dezoito vezes um metro quadrado.

**Professora estagiária C:** Porque é que tu dizes que aqui falta “o vezes” um metro quadrado? (durante 4 segundos, o Aluno B pensa e alguns alunos tentam responder)

**Aluno B (grupo 3):** (...) Porque senão era só no cento e noventa e oito e não tinha os metros quadrados.

**Professora estagiária C:** Temos que aqui acrescentar vezes um metro quadrado.

**Aluna J (grupo 2):** Ao pé do cento e noventa e oito não podia estar metros quadrados.

**Professora estagiária C:** E agora, isto (anotações no ecrã interativo) mesmo assim tá completo?

**Aluno K (grupo 1):** Não.

**Professora estagiária C:** O que é que é isto? (apontando para uma parte da resolução) O dezoito vezes onze vezes um metro quadrado ou o onze vezes dezoito vezes um metro quadrado.

(...)

**Aluno E (grupo 1):** Comprimento vezes largura.

**Professora estagiária C:** Comprimento vezes largura que é o quê?

**Aluno A (grupo 2):** A área!

**Professora estagiária C:** A área do quê?

**Alguns alunos:** Do retângulo.

Excerto de transcrição 1. Fonte: Elaboração Própria.

No excerto de transcrição 1, discutia-se a resolução do *frame* 40, cujo enunciado solicitava a determinação da área de um retângulo dividido em sete quadrados de vários tamanhos, sendo os três menores de  $1 \text{ m}^2$  cada. O Aluno B, menciona que faltava multiplicar por um metro quadrado, explicitando a necessidade de considerar a unidade de medida no processo de determinação da área. Esta intervenção contrasta com as produções iniciais centradas exclusivamente na aplicação da fórmula e sugere uma associação entre a área e o preenchimento da figura por unidades quadradas, em consonância com Alonso et al. (2025), Menino e Farinha (2025) e Bennett et al. (2012). Este resultado reforça a importância da discussão coletiva e da orquestração das interações no desenvolvimento das aprendizagens matemáticas, tal como mencionado por Freitas et al. (2025).

Ainda durante esta fase de discussão, observou-se no Grupo 1 uma dinâmica colaborativa na explicitação dos procedimentos de resolução. Considerando o excerto de transcrição 2 como exemplo, observa-se que o Aluno E descreveu o procedimento utilizado para determinar a área e o Aluno K complementou a explicação com referências às propriedades geométricas da figura, sendo ambas as intervenções validadas pela PE. Esta interação evidencia a relevância da discussão coletiva e da mediação das PE na explicitação e refinamento das resoluções apresentadas pelos alunos. Simultaneamente, a participação articulada dos elementos do grupo sugere que a prática educativa implementada promoveu a partilha de ideias, o trabalho autónomo e a construção conjunta de estratégias de resolução, em consonância com Costa (2024), Klein e Vosgerau (2018) e Barkley et al. (2014).

---

**Professora estagiária C:** Aqui escreveram o um.

**Aluno E (grupo 1):** Depois escrevemos um mais em cima do um (pausa) e depois o três que é a figura ao lado, que dava quatro.

**Aluno K (grupo 1):** E como é um quadrado, ahm, é quatro em todos os lados.

**Professora estagiária C:** Ok.

**Aluno E (grupo 1):** E depois, nesse quadrado que tá em cima desses dois, fizemos assim, lá em cima, três mais quatro, (pausa de 2 segundos enquanto o Aluno E aguarda que a Professora estagiária C registre o que vai dizendo) que dava sete.

**Aluno K (grupo 1):** E como é um quadrado, é sete em todos os lados, também.

---

Excerto de transcrição 2. Fonte: Elaboração Própria.

A implementação desta PEE evidenciou a importância da mediação das PE para que o artefacto digital se transformasse numa ferramenta epistémica (Martins et al., 2019). Ao longo a PEE, na interação das PE com os alunos em sala de aula, observou-se que estes tinham a expectativa de que através da pista da PH (opção da plataforma que lhes dá uma pista para a resolução) lhes fosse dada a resposta imediata às tarefas.

No excerto de transcrição 3, referente à resolução do *frame* 40 da segunda sessão, observa-se que a intervenção da PE se revelou crucial para orientar os alunos, clarificando que o objetivo da pista da PH não era dar logo a resposta final, mas sim auxiliar na compreensão do processo de resolução. A influência desta mediação das PE evidencia-se na intervenção do Aluno I, que, ao antecipar a questão da PE, demonstra ter compreendido a necessidade de explicitar a resolução da tarefa, revelando assim o desenvolvimento do pensamento crítico (Verdasca et al., 2020).

---

**Aluno A (grupo 2):** Mas a professora ontem disse que a pista ajudava e nós...

**Professora estagiária C:** E a pista ajuda, vocês têm é de perceber a pista, não é só olhar para a pista, ok é isto, perceber como é que chegam a esses valores, porque eu aqui não tenho esses valores. (pausa de 2 segundos) Aluna M, como é que vocês fizeram?

**Aluna M (grupo 6):** Ahm, (pausa de 2 segundos) nós fizemos onze vezes dezoito.

**Aluno I (grupo 6):** E agora ela vai perguntar assim, de onde veio o onze e o dezoito? (referindo-se à Professora estagiária C)

---

Excerto de transcrição 3. Fonte: Elaboração Própria.

## 5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Esta PEE evidencia que a integração da *applet* “Áreas III – Retângulo”, da PH, em contexto de sala de aula, contribuiu para a compreensão conceptual do cálculo da medida de área do retângulo. A análise das produções dos alunos permitiu observar uma melhoria na generalização da expressão de cálculo e na apropriação do significado da unidade de medida, o metro quadrado ( $m^2$ ). Inicialmente, uma grande parte dos alunos revelava dificuldades no reconhecimento do  $m^2$ , na generalização da expressão do produto entre o comprimento e a largura e na compreensão do espaço efetivamente ocupado. Após a implementação desta prática educativa, as produções dos alunos revelaram a aplicação correta da unidade de medida e a generalização da expressão de cálculo. Os alunos evidenciaram a compreensão da noção de medida como o preenchimento de superfícies por uma unidade de medida padrão ( $1m^2$ ). Acrescenta-se que os alunos mobilizaram diferentes estratégias de resolução, nomeadamente a decomposição de figuras geométricas e o cálculo de área através da adição das áreas das partes da figura decomposta. Verificou-se, também uma melhoria na forma de estruturar e explicar as resoluções das diversas tarefas.

A mediação intencional das PE foi determinante para que o artefacto digital se transformasse numa ferramenta epistémica ao longo do PEE. Acrescenta-se que o papel das PE foi determinante para fomentar o pensamento crítico e o trabalho autónomo nos alunos. Os resultados desta prática educativa sugerem a pertinência da integração articulada de artefactos digitais e guiões de exploração em PEE orientadas para a promoção de aprendizagens matemáticas. Em particular, a utilização da PH associada a tarefas estruturadas e à explicitação escrita das resoluções favorece o uso da unidade de medida, a reformulação das resoluções e a utilização progressivamente mais adequada da linguagem matemática pelos alunos. Os resultados obtidos reforçam igualmente a importância da orquestração das discussões coletivas enquanto componente estruturante das PEE. Os momentos de discussão em grande grupo revelaram-se particularmente relevantes para a reformulação das produções dos alunos, permitindo a integração de elementos inicialmente ausentes, como a referência à unidade de medida, a contextualização das respostas e a explicitação dos procedimentos de resolução. Neste sentido, o estudo aponta para a pertinência de práticas futuras que valorizem a mediação pedagógica, a aprendizagem colaborativa e a discussão coletiva das estratégias utilizadas, enquanto oportunidades para apoiar o desenvolvimento do significado conceptual da área e das unidades de medida.

Acrescenta-se que esta prática educativa foi circunscrita a uma turma de 13 alunos, o que inviabiliza a generalização dos resultados, ainda que este não fosse o seu objetivo. Contudo, os dados recolhidos oferecem indícios relevantes sobre o potencial didático da *applet* “Áreas III –

Retângulo”, quando integrada numa abordagem exploratória. Em suma, os resultados obtidos sublinham a pertinência das metodologias ativas em contexto de sala de aula, uma vez que fomentam aprendizagens significativas e capacitam os alunos com as competências exigidas pelos desafios do século XXI. Recomenda-se, assim, a replicação desta prática educativa, envolvendo a implementação da PH em contexto de sala de aula, em diferentes anos de escolaridade e contextos educativos.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, UID/50008/2025 – Instituto de Telecomunicações (IT), com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/50008/2025>, UID/06185/2025 – SPRINT (Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/06185/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026 e da Bolsa de Investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

## REFERÊNCIAS

- Alonso, B., Zanella, S. & Gomes, L. (2025). Da Multiplicação ao Conceito de Área: Teoremas-em-Ação mobilizados por estudantes do Ensino Fundamental. *Revista de Educação Matemática*, 24(2025), 01-25. <https://doi.org/10.37001/remat25269062v24id564>
- Barkley, E., Cross, K., & Major, C. (2014). *Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty*. (2.ª ed.). Jossey-Bass.
- Bennett, A., Burton, L., & Nelson, L. (2012). *Mathematics for elementary teachers: a conceptual approach*. (9.ª ed.). McGraw-Hill.
- Breda, A., Serrazina, L., Menezes, L., Sousa, H., & Oliveira, P. (2011). *Geometria e medida no Ensino Básico*. Ministério da Educação.
- Canavarro, A., Oliveira, H., & Menezes, L. (2012). Práticas de ensino exploratório da matemática: o caso de Célia. In L. Santos, A. Canavarro, A. Boavida, H. Oliveira, L. Menezes, & S. Carreira (Eds.), *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática: Práticas de ensino da matemática* (pp. 255–266). Sociedade Portuguesa de Investigação em Educação Matemática.
- Caraça, B. (1984). *Conceitos fundamentais da matemática*. Livraria Sá da Costa Editora.
- Carvalho, J., Couceiro, T., Gomes, T., Neves, R., Sacramento, J., Pereira, R., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. (2024). Desenvolver o Pensamento Computacional através do Ensino Exploratório numa Aula de Matemática do 4.º Ano de Escolaridade. *DEDICA Revista De Educação E Humanidades (dreh)*, (22), 259–292. <https://doi.org/10.30827/dreh.22.2024.30107>
- Carvalho, N. (2019). *Literacia estatística e aprendizagem de domínios específicos das ciências naturais: contributo de uma prática integrada no 2.º Ciclo do Ensino Básico* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. [https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/31115/1/BRUNA\\_CARVALHO.pdf](https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/31115/1/BRUNA_CARVALHO.pdf)
- Clements, D., & Sarama, J. (2014). *Learning and Teaching Early Math: The Learning Trajectories Approach*. (2.ª ed.). Routledge.

- Costa, C., Cabrita, I., Martins, F., Oliveira, R., & Lopes, B. (2021). Qual o papel dos artefactos digitais no ensino e na aprendizagem de matemática? In V. Santos, I. Cabrita, T. Neto, M. Pinheiro, & B. Lopes (Orgs.), *Matemática com vida, Diferentes olhares sobre a tecnologia* (pp. 29–44). Universidade de Aveiro.
- Costa, L. (2024, novembro, 29-30). *Comunicação Assertiva e Habilidades Sociais: A Chave para Relacionamentos Interpessoais Eficazes*. [Congresso]. Congresso Nacional de Estudantes e Profissionais de Administração, Fortaleza, Ceará, Região Nordeste. <https://grcmlesydpdcd.objectstorage.sa-saopaulo-1.oci.customer-oci.com/p/OQwcvnO-c63O08Gc2Kv4OTbJttj5ik60dguiDlvyQ0wuo5SWn-jHOLW9wNbylNql/n/grcmlesydpdcd/b/dtysppobjmntbtkp01/o/media/doity/submissoes/artigo-Ofd73bd137d69c2c1e0fe9bed225e8d9e5e00235afca599c06966bc7-arquivo.pdf>
- Decreto-Lei n.º 54/2018 do Ministério da Educação e Ciência. (2018). Diário da República: I Série, n.º 129/2018. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/54-2018-115652961>
- Escaroupa, A. (2023). *O uso da applet CalcRapid da plataforma Hypatiamat na promoção do cálculo mental* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/44515>
- Ferreira, R., Silva, A., Freitas, Y., Costa, S., & Martins, F. (2024). Símbolos nacionais e representações de números racionais em práticas STEAM. *Revista APEDuC*, 5(1), 48-64. <https://doi.org/10.58152/APEDuCJournal.440>
- Figueira, C., Gomes, F., Castro, J. P., Rabaça, M. J., Oliveira, M. J. C., Neves, M. P., & Almeida, P. (2006). *Cadeia de tarefas para o ensino das Grandezas e Medidas*. Escola Superior de Educação de Lisboa.
- Francisco, L., Menaia, R., Quadrada, S., Rodrigues, R. N., Freitas, Y., Costa, C., & Martins, F. (2025). Pensamento computacional e práticas de ensino exploratório: Uma experiência didática no 1.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico. *Revista APEDuC*, 6(1), 143-160. <https://doi.org/10.58152/APEDuCJournal.560>
- Freitas, Y. (2024). *A applet multiplicação da Plataforma Hypatiamat na compreensão dos sentidos da operação aritmética multiplicação* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/50434>
- Freitas, Y., Martins, F., Moral-Sánchez, S., & Ruiz-Rey, F. (2025). Actions of a Trainee Teacher in Orchestrating Mathematical Discussions. *Educational Process: International Journal*, 14, e2025038. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.38>
- Freitas, Y., Pinto, R., Rato, V., Gomes, A., & Martins, F. (2023). Sentido da multiplicação e a applet multiplicação da plataforma hypatiamat. *Revista APEDuC*, 4(1), 119-137. <https://doi.org/10.58152/APEDuCJournal.401>
- Gomes, A. (2023). *Desenvolvimento da aritmética mental utilizando o jogo SAM da plataforma Hypatiamat* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/47549>
- Gomes, A., Ribeiro, C. M., Pinto, H., & Martins, F. (2013). Early Years' Trainee Teachers' Geometric Knowledge: the case of defining a rectangle. *Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 23(1), 282-291.
- Guiomar, B. M. (2024). *Serious Games da plataforma Hypatiamat para promover a aritmética mental usando a adição* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/51451>
- Guiomar, B., Freitas, Y. A., Pinto, R., Pinto, E., Rato, V., & Martins, F. (2025). Desenvolver a aritmética mental através do ensino exploratório com serious games. *Revista APEDuC*, 6(1), 88-105. <https://doi.org/10.58152/APEDuCJournal.535>
- Haylock, D. (2010). *Mathematics explained for primary teacher* (4.ª ed.). Sage.
- Klein, E., & Vosgerau, D. (2018). Possibilidades e desafios da prática de aprendizagem colaborativa no ensino superior. *Educação*, 43(4), 667-698. <https://doi.org/10.5902/1984644429300>
- Lee, J., Joswick, C., Pole, K., & Jocius, R. (2022). Algorithm design for young children. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 23(2), 198–202. <https://doi.org/10.1177/14639491211033663>
- Lopes, J., & Costa, C. (2019). Digital resources in science, mathematics and technology teaching – How to convert them into tools to learn. In M. Tsitouridou, J. A. Diniz, & T. Mikropoulos (Eds.), *Technology and innovation in learning, teaching and education* (pp. 243–255). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_18)

- Lopes, J., & Silva, H. (2020). *50 Técnicas de Avaliação Formativa* (2.ª ed.). PACTOR.
- Martins, N., Martins, F., Lopes, B., Cravino, J., & Costa, C. (2019). The Use of Applets in Understanding Fundamental Mathematical Concepts in Initial Teacher's Training. In Tsitouridou, M., A. Diniz, J., & Mikropoulos, T. (Eds.), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education* (pp. 307-318). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_23)
- Menino, H., & Farinha, S. (2025). Aprendizagem compreensiva da medida de área de um retângulo no 3.º ano do ensino primário. *Educación Matemática*, 37(1), 221-240. <https://doi.org/10.24844/EM3701.08>
- Mestre, C. (2022). A Planificação de uma Tarefa centrada no Desenvolvimento do Raciocínio Matemático. In Instituto Politécnico de Setúbal (Ed.), *Desenvolver o Raciocínio Matemático dos Alunos: Práticas e Desafios* (pp. 75-90). Instituto Politécnico de Setúbal. <https://share.google/WTaH0Vbfn0JuP4Hos>
- Ministério da Educação (2021). *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 4.º ano*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens Essenciais/1 ciclo/ae mat 4.o ano.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens%20Essenciais/1%20ciclo/ae%20mat%204.0%20ano.pdf)
- Miranda, R. (2017). *Uma Abordagem sobre Cálculo de Áreas com base na Decomposição de Figuras* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei]. Repositório da Universidade Federal de São João del-Rei. [https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/profmat/TCC/2015/ROBSON\\_RESENDE\\_DE\\_MIRANDA.pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/profmat/TCC/2015/ROBSON_RESENDE_DE_MIRANDA.pdf)
- Moorhouse, B., & Wong, K. (2022). Blending asynchronous and synchronous digital technologies and instructional approaches to facilitate remote learning. *Journal of Computers in Education*, 9(1), 51–70. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00195-8>
- Musser, G., Burger, W., & Peterson, B. (2011). *Mathematics for Elementary Teachers: a contemporary approach* (9.ª ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. (2.ª Ed.). National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. (1.ª Ed.). National Council of Teachers of Mathematics.
- Pinto, F., Silva, I., Freitas, Y., Simões, A., & Martins, F. (2023). Prática STEAM na promoção da criatividade e do relacionamento interpessoal. *Revista APEDUC*, 4(2), 181-194. <https://doi.org/10.58152/APeducJournal.459>
- Pinto, R. (2014). *As aplicações hipermédia podem promover o sucesso escolar e a autorregulação da aprendizagem? Análise da eficácia de uma aplicação hipermédia* [Tese de doutoramento, Universidade do Minho]. Reportório da Universidade do Minho. <https://hdl.handle.net/1822/35846>
- Pinto, R., Martins, J., & Martins, F. (2022). Projeto Hypatiamat, artefactos digitais para ensinar e aprender matemática. In F. Martins, R. Pinto, & C. Costa (Eds.), *Artefactos digitais, Aprendizagens e Conhecimentos didático* (pp. 10–30). Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra. [https://www.researchgate.net/publication/366894527 Artefactos Digitais Aprendizagens e Conhecimento o Didatico - Contributos para Promover a Compreensao da Matematica](https://www.researchgate.net/publication/366894527_Artefactos_Digitais_Aprendizagens_e_Conhecimento_Didatico_-_Contributos_para_Promover_a_Compreensao_da_Matematica)
- Pires, D. (2021). *Adição de números naturais usando a plataforma Hypatiamat* [Relatório Final, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/36494>
- Rodrigues, A. (2018). Dificuldades e desafios na integração das tecnologias digitais na formação de professores - estudos de caso em Portugal. *Revista Contrapontos*, 18(4), 354-373. [https://periodicos.univali.br/index.php/rc/article/view/13016\\_10.14210/contrapontos.v18n4.p354-373](https://periodicos.univali.br/index.php/rc/article/view/13016_10.14210/contrapontos.v18n4.p354-373)
- Rodrigues, R. N., Almiro, M., Rato, V., Pinto, R., Costa, C., & Martins, F. (2025a). Desenvolvendo o pensamento computacional e a literacia estatística através da Plataforma Hypatiamat. *Revista APEDUC*, 6(1), 122–142. <https://doi.org/10.58152/APeducJournal.554>
- Rodrigues, R. N., Costa, C., Freitas, Y., Sacramento, J., Rato, V., Brito-Costa, S., & Martins, F. (2025b). *Pensamento computacional e práticas de ensino exploratório em matemática elementar: Propostas didáticas para o 1.º*

*Ciclo do Ensino Básico*. inED - Centro de Investigação e Inovação em Educação, Escola Superior de Educação do Politécnico do Porto. <http://hdl.handle.net/10400.22/30579.2>

- Romero-Tena, R., Martínez-Pérez, S., & Martínez-Navarro, S. (2023). Experiencias tecnológicas de estudiantes en el Pácticum II de Educación Infantil. *Revista Practicum*, 8(1), 53–68. <https://doi.org/10.24310/RevPracticumrep.v8i1.16809>
- Soares, C. J. F., Fernandes, N. G., Oliveira, L. F. S., & Salazar, J. G. (2025). Explorando áreas de retângulos por meio de investigações geométricas. In A. C. de Oliveira, & N. O. Scheffer (Eds.), *Tecendo saberes na Amazônia: Experiências com projetos PCE em Tefé no Amazonas* (pp. 42-55). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.242252207>
- Souza, M., Caletti, L., Coelho, A., Lima, L., & Azevedo, A. (2025). Tecnologias digitais na educação: desafios e perspectivas para a aprendizagem do século XXI. *Missioneira*, 27(9), 529-541. <https://doi.org/10.46550/g4rzcv13>
- Stein, M., Engle, R., Smith, M., & Hughes, E. (2008). Orchestrating Productive Mathematical Discussions: Five Practices for Helping Teachers Move Beyond Show and Tell. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(4), 313–340. <https://doi.org/10.1080/10986060802229675>
- Teixeira, F., Silveira, S., Vaz, D., Santiago, A., & Cruz, C. (2021). O meio co(n)vida: relato de uma prática integrada de ciências naturais e matemática na formação docente. In F. Teixeira, F. Paixão, A. Frias, A. Silveira, D. Vaz, & J. Morgado (Coords.), *Educação em ciências: interações e desafios* (pp. 150-153). Escola Superior de Educação de Coimbra e Associação Portuguesa de Educação em Ciências. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/47350>
- Verdasca, A., Neves, A., Fonseca, H., Fateixa, J., Procópio, M., & Magro-C, T. (2020). *Melhorar aprendizagens em matemática pelo uso intencional de recursos digitais*. PNPSE. <http://hdl.handle.net/10174/28899>
- Vygotsky, L. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.

## REPRESENTAÇÕES VISUAIS DIGITAIS COMO MEDIADORES EPISTÉMICOS EM TAREFAS DE FÍSICA E QUÍMICA

DIGITAL VISUAL REPRESENTATIONS AS EPISTEMIC MEDIATORS IN TASKS IN PHYSICS AND  
CHEMISTRY

REPRESENTACIONES VISUALES DIGITALES COMO MEDIADORES EPISTÉMICOS EN TAREAS DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

**Carla Vilela Alves<sup>1</sup>, Ana Edite Cunha<sup>1</sup>, Isabel Cristina Sousa<sup>1</sup> & Maria Fátima Moura<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola Secundaria São Pedro, Vila Real, Portugal

carlavilelaalves@gmail.com

**RESUMO** | Este estudo analisa o papel das representações visuais digitais como mediadores epistémicos na aprendizagem de Física e Química no ensino secundário. Parte da ideia de que estas representações não são apenas ilustrativas, mas instrumentos essenciais para a construção e validação do conhecimento científico. Foram implementadas tarefas com simulações PhET em três turmas, promovendo exploração e interpretação de fenómenos científicos, no âmbito de uma formação sobre abordagens investigativas. A análise baseia-se em Saraiva (2017) e numa tipologia das funções das representações visuais. Os dados incluíram fichas dos alunos, registos escritos e pré e pós-testes. Os resultados mostram que, com tarefas estruturadas e mediação docente intencional, as representações podem assumir estatuto epistémico, melhorando a interpretação, a articulação simbólica e o uso de evidências. Conclui-se que esse estatuto depende da articulação entre tarefa, mediação docente e ação dos alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Práticas epistémicas, Representações visuais digitais, Mediação do Professor, Construção conceptual, simulações PhET.

**ABSTRACT** | This study examines digital visual representations as epistemic mediators in secondary school Physics and Chemistry learning. It is based on the view that these representations are not merely illustrative, but essential tools for constructing and validating scientific knowledge. Tasks using PhET simulations were implemented in three classes, promoting exploration and interpretation of scientific phenomena within a teacher training context on inquiry-based approaches. The analysis draws on Saraiva (2017) and a typology of visual representation functions. Data included students' worksheets, written records, and pre- and post-tests. Results show that, when embedded in structured tasks with intentional teacher mediation, representations can acquire epistemic status, improving students' interpretation, symbolic integration, and use of evidence. It is concluded that this status depends on the interaction between task design, teacher mediation, and students' interpretative activity.

**KEYWORDS:** Epistemic practices, Digital visual representations, Teacher mediation, Conceptual construction, PhET simulations.

**RESUMEN** | Este estudio analiza las representaciones visuales digitales como mediadores epistémicos en el aprendizaje de Física y Química en secundaria. Parte de la idea de que no son solo ilustraciones, sino herramientas fundamentales para construir y validar conocimiento científico. Se aplicaron tareas con simulaciones PhET en tres clases, promoviendo la exploración e interpretación de fenómenos científicos en el marco de una formación sobre enfoques de indagación. El análisis se basa en Saraiva (2017) y en una tipología de funciones de las representaciones visuales. Los datos incluyeron fichas del alumnado, registros escritos y pruebas iniciales y finales. Los resultados muestran que, con tareas estructuradas y mediación docente intencional, las representaciones pueden adquirir estatuto epistémico, mejorando la interpretación, la integración simbólica y el uso de evidencias. Se concluye que este estatuto depende de la interacción entre tarea, mediación docente y actividad del alumnado.

**PALABRAS CLAVE:** Prácticas epistémicas, Representaciones visuales digitales, Mediación del profesorado, Construcción conceptual, Simulaciones PhET.

## 1. INTRODUÇÃO

No ensino das ciências, a aprendizagem de conceitos abstratos requer frequentemente o uso de representações que tornem visíveis fenómenos e relações não diretamente observáveis. Em Física e Química, modelos, esquemas, gráficos, animações e simulações apoiam a compreensão de fenómenos como a estrutura da matéria, mudanças de estado ou circuitos elétricos. No entanto, estas representações não geram compreensão por si só, dependendo do modo como são introduzidas e exploradas em tarefas que envolvem observação, comparação, inferência e justificação. Neste contexto, as representações visuais podem assumir um estatuto epistémico, funcionando como instrumentos de construção, transformação e validação do conhecimento, para além de recursos ilustrativos. O seu uso promove competências como explicação, argumentação e comunicação científica (Sandoval et al., 2000; Saraiva et al., 2015), apoiando também a mediação docente nos processos de orientação e regulação da aprendizagem (Saraiva, 2017; Saraiva, Lopes, & Cravino, 2018).

O modo como estas representações são introduzidas influencia diretamente o trabalho epistémico dos alunos (Reveles, Cordova, & Kelly, 2004), exigindo decisões pedagógicas informadas sobre a sua utilização (Saraiva, 2017; Kapon, Laherto, & Levrini, 2023).

A integração de tecnologias digitais ampliou o acesso a representações interativas, como simulações PhET, que permitem manipular variáveis e observar efeitos em tempo real. Quando usadas em tarefas estruturadas, estas simulações favorecem a exploração conceptual e o raciocínio visual (Rahmawati et al., 2022; Wieman, Adams, & Perkins, 2020). Contudo, o seu potencial depende da mediação pedagógica, uma vez que o uso não orientado pode não melhorar a aprendizagem e até reforçar conceções alternativas (Finkelstein et al., 2005; Rau, 2018). Estudos recentes reforçam que as simulações digitais têm maior potencial educativo quando usadas para construção de sentido, resolução de problemas e modelação, e não apenas como demonstrações visuais, promovendo compreensão epistémica e investigação produtiva (McLaughlin, 2025; Tong et al., 2024).

É neste enquadramento que se insere o presente estudo, desenvolvido em aulas de Física e Química do ensino secundário com recurso a simulações computacionais, no âmbito da ação de formação “Simulações Interativas do PhET nas Práticas de Ensino de Física por Abordagens Investigativas”, realizada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e inspirado nos resultados da investigação desenvolvida por Saraiva (2017). O estudo visa compreender de que forma as representações visuais digitais, articuladas com a mediação docente e a participação ativa dos alunos, podem assumir um papel de mediadores epistémicos na construção do conhecimento conceptual. Neste sentido, o estudo orienta-se pelas seguintes questões:

- 1) De que modo as práticas de mediação apoiadas em representações visuais promovem a aprendizagem conceptual dos alunos em Ciências?
- 2) Que estatuto assumem as representações visuais no contexto da sala de aula de Física e Química quando integradas em tarefas de exploração com recurso a simulações?

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

No presente estudo, este enquadramento orientou a planificação de tarefas de Física e Química no ensino secundário, alinhadas com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (DGE, 2017). As atividades integraram representações visuais digitais como ferramentas de construção conceptual, articulando exploração em simulação, registo escrito, discussão orientada e, nos circuitos elétricos, confronto com a montagem experimental. A análise centra-se não na presença de imagens digitais, mas nas condições pedagógicas do seu estatuto epistémico: intencionalidade da tarefa, mediação docente e ação interpretativa dos alunos.

A literacia visual envolve reconhecer códigos gráficos, selecionar informação e interpretar convenções disciplinares (Avgerinou, 2009; Felten, 2008; Yore & Hand, 2010), sendo essencial em Física e Química devido à natureza não observável de muitos conceitos.

As representações visuais não são neutras, pois incorporam escolhas que influenciam a interpretação (Kress & van Leeuwen, 1996; Lemke, 2000). A falta de literacia visual pode gerar leituras superficiais, sobretudo entre níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003).

Estas representações apoiam a aprendizagem ao permitir acesso a fenómenos não observáveis, organização da informação e articulação entre linguagens (Prain & Waldrip, 2006; Ainsworth & Scheiter, 2018), mas dependem do modo de exploração. Podem ser ilustrativas ou epistémicas quando mobilizadas para formular hipóteses, analisar dados e justificar explicações (Sandoval et al., 2000; Saraiva, Lopes, & Cravino, 2018).

A integração digital amplia estas possibilidades, mas exige enquadramento pedagógico. As simulações permitem manipular variáveis e visualizar processos, mas não garantem aprendizagem sem tarefas estruturadas (Finkelstein et al., 2005; Rau, 2018). A sua eficácia depende da articulação entre problema, ação e discussão, com mediação docente intencional (Ainsworth et al., 2011; Saraiva, 2017; Wieman et al., 2020).

As simulações PhET, desenvolvidas pela University of Colorado Boulder, permitem explorar modelos dinâmicos e múltiplas representações (PhET Interactive Simulations, 2024; Wieman, Adams, & Perkins, 2020), representando processos não observáveis como fenómenos microscópicos ou circuitos elétricos. O seu potencial depende de objetivos conceptuais claros, transformação de observações em evidências e discussão fundamentada, podendo apoiar modelação, inferência e validação quando bem integradas.

## 3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

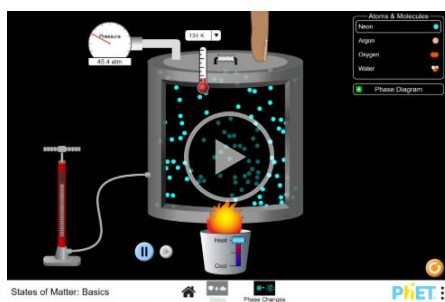
As práticas educativas desenvolvidas neste estudo foram implementadas no ensino secundário da disciplina de Física e Química, envolvendo uma turma do 2.º ano de um curso profissional e duas turmas do 10.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Ambas as intervenções foram concebidas à luz do enquadramento teórico apresentado, assumindo as representações visuais digitais como mediadores do trabalho epistémico dos alunos e integrando-as em tarefas estruturadas de exploração.

No 2.º ano do curso profissional, a atividade incidiu sobre as mudanças de estado da matéria, partindo da questão-problema:

“O sol brilhava intensamente numa tarde de verão. Nas mãos de Maria, o gelado começou a derreter-se rapidamente. De que depende o decorrer dos diferentes estados físicos do gelado da Maria?”

Esta situação inicial procurou promover a necessidade de explicação científica e a mobilização de representações visuais como instrumentos de construção conceptual.

Recorreu-se à simulação States of Matter: Basics (PhET Interactive Simulations, 2024), cuja interface pode ser observada na Figura 1, que ilustra o ambiente digital explorado pelos alunos.



**Figura 1** Interface simulação States of Matter (PhET, 2024)

Após um momento inicial de exploração livre, os alunos manipularam a variável temperatura e observaram as transformações ao nível microscópico. A representação visual apresentada na Figura 1 foi utilizada como objeto de análise, permitindo interpretar, comparar e traduzir os fenómenos observados em linguagem científica. O guião de trabalho (ficha experimental) orientou o registo de observações, capturas de ecrã e justificações escritas, enquanto a mediação docente incidiu na clarificação conceptual e na sustentação argumentativa.

No 10.º ano do Curso Científico-Humanístico, a atividade centrou-se nos circuitos elétricos, iniciando-se com duas questões-problema:

“Quando se carrega no interruptor, acendem-se várias lâmpadas. Se uma fundir, as outras continuam acesas?” e “Construa um circuito com uma bateria, um interruptor e uma resistência. Qual a expressão da diferença de potencial em função das grandezas elétricas?”

A exploração conceptual foi realizada com recurso à simulação Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab (PhET Interactive Simulations, 2024), cuja interface é apresentada na Figura 2, representando o ambiente de modelação dos circuitos elétricos.

Os alunos formularam hipóteses, manipularam variáveis no ambiente virtual e analisaram as representações esquemáticas do circuito, visíveis na Figura 2, incluindo o fluxo de carga, o brilho das lâmpadas e os valores das grandezas elétricas. Estas representações funcionaram como mediadores simbólicos e operacionais, permitindo inferir, testar previsões e validar relações conceptuais. A posterior montagem de circuitos reais reforçou o confronto entre representação e evidência empírica, consolidando a construção conceptual.



**Figura 2** Interface simulação Circuit Construction Kit: DC – Virtual Lab (PhET, 2024)

As simulações assumiram um estatuto epistémico claro, integradas numa sequência estruturada que incluiu diagnóstico inicial, exploração, registo, discussão de evidências e avaliação final. As tarefas promoveram práticas epistémicas como questionar, interpretar, conceptualizar, justificar e validar ideias com base em representações, em coerência com o enquadramento teórico do estudo.

### **3.1 Estatuto atribuído às representações visuais digitais usadas pelos alunos**

A avaliação da implementação centrou-se na análise do estatuto assumido pelas representações visuais digitais no desenvolvimento das tarefas de física e química e na evolução conceptual evidenciada pelos alunos. Para orientar esta análise, mobilizou-se a tipologia de funções das representações visuais proposta por Saraiva (2017), sistematizada na Tabela 1. Esta foi construída como instrumento de análise, permitindo relacionar cada função da representação com o seu propósito didático e com o respetivo impacto cognitivo e pedagógico. Assim, as funções referencial, comunicacional, de transmutação intersemiótica, infográfica e epistémica foram assumidas como categorias para interpretar os episódios observados na prática letiva.

Numa fase inicial, as simulações assumiram função predominantemente referencial, ao representarem fenómenos não diretamente observáveis. Tal verificou-se na exploração da organização microscópica da matéria com a simulação *States of Matter: Basics* e na análise de circuitos elétricos com *Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab*. À medida que as tarefas exigiram interpretação e justificação, as representações passaram a desempenhar função de transmutação intersemiótica, traduzindo constructos teóricos em visualizações manipuláveis. Quando os alunos relacionaram temperatura e comportamento das partículas ou inferiram relações entre resistência, corrente e diferença de potencial, as representações sustentaram inferências e validação conceptual, assumindo estatuto epistémico como mediadores simbólicos e, nos circuitos, também operacionais.

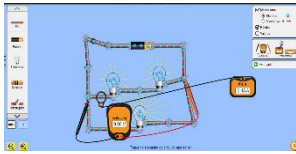
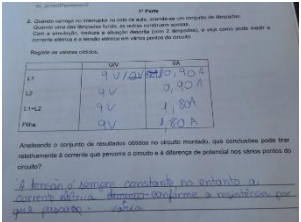
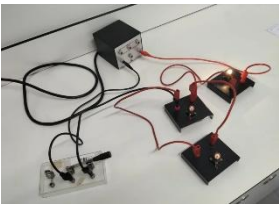
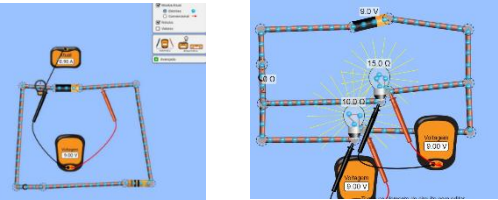
**Tabela 1- Funções das representações visuais associadas às intenções do emissor (adaptado de Saraiva, 2017).**


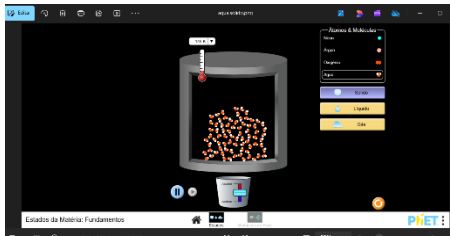
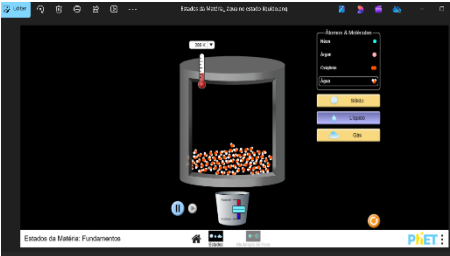
<b>Função</b>	<b>Definição e Propósito</b>	<b>Impacto Cognitivo e Pedagógico</b>
<b>Comunicacional</b>	Mobilização da atenção através de recursos estéticos, afetivos ou de impacto visual.	Potencia o <i>engagement</i> e direciona o foco do observador para aspetos específicos da mensagem.
<b>Referencial</b>	Substituição da realidade física por representações (fotos, ilustrações) para suprir a ausência do objeto real.	Otimiza recursos e tempo, mantendo a proximidade visual com o referente e facilitando a contextualização.
<b>Infográfica</b>	Organização simbólica de dados e factos em sistemas multimodais (gráficos, diagramas).	Promove a economia percetiva e a memorização através de uma leitura global e não-linear da informação.
<b>Intersemiótica</b>	Transmutação de conceitos teóricos para linguagens visuais (esquemas, modelos).	Auxilia a inteligibilidade e a conceptualização ao converter abstrações em estruturas espaciais organizadas.
<b>Epistémica<sup>1</sup></b>	Utilização da imagem como ferramenta mediadora para a construção e exploração de novo saber.	Permite a interação e a realização de operações mentais sobre o conhecimento, agindo como artefacto cognitivo.

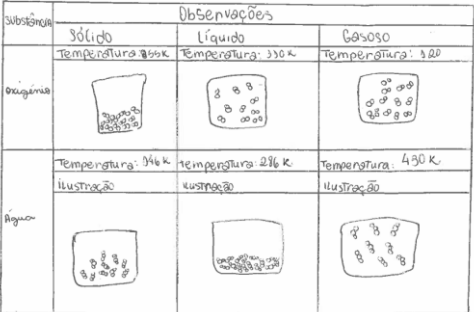
<sup>1A</sup> função epistémica pode acumular com qualquer das anteriores, tendo em conta o modo como uma dada representação é usada.

Para aprofundar esta análise, a Tabela 2 apresenta situações didáticas selecionadas a partir de excertos dos registos nas fichas experimentais, nas quais foram mobilizadas representações visuais digitais e registos produzidos pelos alunos. A seleção das situações teve como critério a diversidade de usos das representações: organização de dados, manipulação de variáveis, comparação entre simulação e experiência real, comunicação de resultados e construção de inferências. Assim, não se pretende apenas descrever episódios, mas evidenciar como uma mesma representação pode assumir diferentes funções didáticas consoante a intencionalidade da tarefa, a mediação docente e a ação dos alunos. A análise foi realizada com base na tipologia apresentada na Tabela 1, em particular nas funções infográfica, intersemiótica, comunicacional e epistémica.

**Tabela 2- Função Epistémica das Representações Visuais no Ensino da Física: Análise de Contextos Didáticos (adaptado de Saraiva, 2017).**

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>10º Ano Turma A:</b> A Professora inseriu a tarefa colocando a questão: Há outro tipo de circuitos em que se fundir uma lâmpada todas as outras funcionam. Com a simulação repita o procedimento da questão anterior. Registe os dados obtidos numa tabela e relacione-os.</p>   <p>Construíram o circuito elétrico real e comparam os dados entre o real e o simulado [...]</p> 	<p>Utilização de tabela para organização de dados provenientes de simulação de circuitos elétricos, seguida de validação experimental com circuito real, permitindo estabelecer relações entre d.d.p. e intensidade da corrente.</p>	<p>Organização, comparação e validação de dados; suporte à inferência causal.</p>	<p>Evolução de mediador simbólico → operacional → epistémico</p>
<p><b>10º Ano Turmas A e D:</b> [...] “Este grupo está a ir bem? – Questiona a professora ao grupo. A Aluna disse que sim e mostrou os <i>print screens</i> do seu grupo. Figuras da simulação:</p> 	<p>Exploração de simulações com representações esquemáticas de circuitos, permitindo manipulação de variáveis (R, d.d.p., corrente) e análise de efeitos decorrentes de diferentes configurações.</p>	<p>Exploração de variáveis, interpretação simbólica e construção de relações conceptuais.</p>	<p>Mediador simbólico e operacional com progressão para epistémico</p>

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>2º Ano Ensino Profissional:</b></p> <p>A Professora propôs tarefa desafio utilizando a simulação PhET.</p> <p>Seguidamente pede aos alunos para relacionarem os dados obtidos e, assim construírem conhecimento científico.</p>	<p>Utilização de representação visual e tabelas para análise da entropia e da Segunda Lei da Termodinâmica, com base em dados simulados e interpretação de fenómenos físicos.</p>	<p>Organização de dados e suporte à construção de inferências sobre espontaneidade de processos.</p>	<p>Mediador simbólico com transição para epistémico</p>
<p>Atividade prática:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crie um documento digital de modo a guardar as capturas do ecrã.</li> <li>2. Utilize o simulador indicado e explore a simulação.</li> </ol>		<p><a href="https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics">https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics</a></p>	
			
			
<p>Porque é que um cubo de gelo derrete espontaneamente à temperatura ambiente, mas a água líquida não se congela espontaneamente? (Use os conceitos de entropia e Segunda Lei da Termodinâmica na sua resposta).</p> <p><i>Apesar de haver igualmente conservação de energia, a Segunda Lei da Termodinâmica seria violada, uma vez que a entropia iria diminuir (quando a temperatura diminui as partículas ficam menos agitadas, diminuindo a desordem). Assim, verifica-se que a energia mais quente transita do corpo para o mais frio.</i></p> <p><i>Os Fundos Europeus mais próximos de si até ao atingido o equilíbrio térmico, para se verificar o aumento de entropia do sistema.</i></p>			

Excerto dos registos na ficha experimental	Descrição da Situação Didática	Função da Representação	Classificação do Estatuto
<p><b>2º Ano Ensino Profissional:</b></p> <p>Tabela de registo de observações realizadas pelos alunos para comunicar as observações e fazer a síntese do trabalho desenvolvido:</p> <p><a href="https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics">https://phet.colorado.edu/pt/simulations/states-of-matter-basics</a></p> 	<p>Construção e partilha de tabelas pelos alunos, promovendo interação, confronto de ideias e validação colaborativa de resultados.</p>	<p>Comunicação, argumentação e validação coletiva do conhecimento.</p>	<p>Mediador simbólico com consolidação como epistémico</p>

A Tabela 2 mostra que o estatuto das representações visuais digitais não é fixo nem depende apenas do recurso utilizado. Nas situações relativas aos circuitos elétricos, por exemplo, as tabelas de registo começam por desempenhar uma função infográfica, ao organizarem valores de diferença de potencial, intensidade da corrente e resistência. Contudo, quando esses dados são comparados entre a simulação e o circuito real, a representação passa a sustentar inferências causais e validação experimental, adquirindo estatuto epistémico.

Do mesmo modo, os *print screens* e esquemas das simulações não funcionam apenas como imagens ilustrativas. Quando os alunos os utilizam para manipular variáveis, justificar respostas e discutir os efeitos de diferentes configurações de circuitos, estas representações assumem uma função operacional e conceptual. A sua função deixa de ser meramente simbólica e passa a apoiar a construção de relações entre grandezas físicas.

Nas situações do Ensino Profissional, as tabelas e representações visuais associadas à simulação PhET permitem organizar observações, relacionar dados e construir interpretações sobre entropia e espontaneidade dos processos. A partilha dessas tabelas entre alunos acrescenta ainda uma dimensão comunicacional e argumentativa, pois os registos são usados para confrontar ideias e validar coletivamente conclusões.

Deste modo, a análise das situações da Tabela 2 sustenta a afirmação de que representações visualmente semelhantes podem assumir funções distintas. Uma tabela pode ser apenas um instrumento de registo, mas pode também tornar-se mediadora da construção de conhecimento quando é usada para comparar, justificar, inferir e validar. Esta constatação reforça a importância da intencionalidade didática no desenho de tarefas, nomeadamente na definição do grau de manipulação, das questões orientadoras e das oportunidades de explicitação conceptual.

Identificaram-se também momentos em que a representação permaneceu ao nível referencial, sobretudo em explorações mais diretivas, confirmando que o estatuto epistémico

não é intrínseco ao artefacto digital, mas resulta da articulação entre tarefa, mediação docente e ação dos alunos.

#### 4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A comparação entre os dados dos questionários de pré e pós-teste, aplicados antes e após a intervenção, evidenciou progressos na interpretação de representações, na articulação entre sistemas simbólicos e na fundamentação das explicações dos alunos. Inicialmente, observavam-se dificuldades na relação entre temperatura e mudanças de estado, na distinção entre organização e agitação das partículas e no uso explicativo das representações. Após a intervenção, verificou-se maior precisão conceptual, integrando organização microscópica, movimento das partículas e variação de energia, bem como maior rigor na análise de relações entre grandezas elétricas, com evidências de transferência para novas situações. Os resultados indicam que as representações visuais digitais funcionaram como mediadores da construção de conhecimento quando integradas em tarefas estruturadas e acompanhadas de mediação docente intencional. O seu estatuto epistémico constrói-se na interação pedagógica, em coerência com o enquadramento teórico do estudo.

#### 5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

O estatuto epistémico das representações visuais tende a ser definido desde a introdução da tarefa e é fortemente condicionado pela mediação docente. O modo como o professor apresenta e mobiliza a representação influencia a interpretação, utilização e justificação dos alunos. A análise das interações em sala de aula mostrou que práticas de manipulação, problematização e explicitação conceptual favorecem a transição das representações de função ilustrativa para função epistémica.

Os resultados confirmam que o estatuto epistémico das representações não é inerente ao artefacto digital, mas construído na interação pedagógica. Esta conclusão é sustentada pelas interações em aula e pelos testes, que evidenciaram progressos na interpretação de representações, na articulação entre dados e conceitos e na fundamentação das respostas.

Representações visualmente semelhantes podem assumir funções distintas consoante o contexto didático. Tabelas, *print screens* e esquemas de simulação foram utilizados para organizar dados, explorar variáveis, validar resultados e construir inferências. Estes resultados reforçam a importância do desenho intencional das tarefas e da mediação intencional no desenvolvimento do potencial epistémico das representações visuais digitais.

#### REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S., & Scheiter, K. (2018). Learning by generating visualizations: Mechanisms and consequences. In J. Dunlosky & K. Rawson (Eds.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 450–486). Cambridge University Press.
- Almadrones, A. M., & Tadifa, C. A. (2024). Developing visual literacy in digital environments: A review. *International Journal of Educational Technology*, 15 (1), 101–115. <https://doi.org/10.1080/1051144X.2026.2627846>

- Avgerinou, M. D. (2009). Re-viewing visual literacy in the “bain d’images” era. *TechTrends*, 53(2), 28–34. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0264-z>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K–12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Kapon, S., Laherto, A., & Levrini, O. (2023). Promoting epistemic practices through representational work in physics education. *Science Education*, 107(1), 55–82. [https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5)
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. Routledge.
- Lemke, J. L. (2000). Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10(3), 247–271.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construção do conhecimento científico nas crianças: Representações e estruturas conceituais*. Dom Quixote.
- Lopes, B. (2004). *A construção do conhecimento em física nas aulas do ensino básico* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho]. <https://hdl.handle.net/1822/45377>
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Camilo, J. L., Silva, L., ... & Rodrigues, S. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. Ministério da Educação – DGE. <https://www.dge.mec.pt/perfil-dos-alunos>
- McLaughlin, G., & Farris, A. V. (2025). Toward an Epistemology of Simulation: Preservice Elementary Teachers’ Perspectives on Educational Simulations and Epistemic Agency in Science and Engineering. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 3123–3151. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10572-9>
- PhET Interactive Simulations. (2024). *States of matter: Basics*. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu>
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers’ and students’ use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866.
- Pranata, G. (2023). Promoting conceptual understanding through interactive simulations: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 38, 100515. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100515>
- Rau, M. A. (2018). Conditions for learning with multiple visual representations: A review of research in STEM domains. *Educational Psychology Review*, 30(1), 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9431-3>
- Revels, J. M., Cordova, R., & Kelly, G. J. (2004). Science literacy and academic identity: A framework for understanding the academic and disciplinary identities of science learners. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3–18.
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Using inquiry-based learning in chemistry to develop critical thinking skills. *Journal of Chemical Education*, 98(1), 43–49. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01364>
- Sandoval, W. A., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., & Suthers, D. (2000). Designing knowledge representations for epistemic practices in science learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 347–398.
- Saraiva, E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., Santos, C. A., & Cunha, A. E. (2015). Teacher mediation of students learning using visual representations displayed by computer simulations. In L. G. Chova, A. L. Martínez & C. Torres (Eds.), *INTED2015 Proceedings - 9th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 4996-5005). IATED Academy.
- Saraiva, E. (2017). Estudo do papel da representação visual no contexto da mediação dos professores de ciências físicas. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. <http://hdl.handle.net/10400.24/917>

- Saraiva, M., Lopes, B., & Cravino, J. (2018). As representações visuais na construção do conhecimento científico em sala de aula. *Indagatio Didactica*, 10 (4), 147–163. <https://doi.org/10.34624/id.v10i4.11185>
- McLaughlin, G. (2025). *Toward an epistemology of simulation: Preservice elementary teachers' perspectives on educational simulations and epistemic agency in science and engineering*. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10572-9>
- Tong, Y., Chen, G., & Chan, C. K. K. (2024). *A visual learning analytics approach for knowledge building: Impact on students' epistemic understanding of discourse, productive inquiry, and domain knowledge*. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 617–636. <https://doi.org/10.1111/bjet.13409>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2020). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 368(6494), 344–345. <https://doi.org/10.1126/science.aba7354>
- Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epistemic agency, instrumentation, and distributed cognition in the learning and teaching of science. *International Journal of Science Education*, 32(1), 1–11.

**ÁGUA E SANEAMENTO COMO DIREITOS FUNDAMENTAIS: FORMAÇÃO HUMANA  
NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO POR MEIO DOS CONTEÚDOS CORDIAIS**

**WATER AND SANITATION AS FUNDAMENTAL RIGHTS: HUMAN FORMATION IN INTEGRATED  
SECONDARY EDUCATION THROUGH CORDIAL CONTENTS**

**AGUA Y SANEAMIENTO COMO DERECHOS FUNDAMENTALES: FORMACIÓN HUMANA EN LA  
EDUCACIÓN MEDIA INTEGRADA MEDIANTE LOS CONTENIDOS CORDIALES**

**Ernani Junior<sup>1</sup>, Roberto Oliveira<sup>2</sup> & Nyuara Mesquita<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal de Goiás, Brasil

ernani.souza@ifg.edu.br

**RESUMO** | O presente trabalho apresenta o relato de uma prática educativa desenvolvida na disciplina de Tratamento de Água e Efluentes do curso Técnico em Química do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal de Goiás (IFG), campus Luziânia. A proposta fundamenta-se na Educação em Direitos Humanos e na perspectiva dos Conteúdos Cordiais, buscando relacionar conhecimentos técnico-científicos às relações sociais. Foram realizadas duas ações, compostas por cinco intervenções pedagógicas, que abordaram o direito humano à água e ao saneamento por meio de debates em sala de aula e atividades avaliativas, como a produção de podcasts e a elaboração de um jornal. As interações em sala e os materiais produzidos pelos estudantes foram analisados a partir das transcrições das aulas e das produções escritas. Os resultados indicam mobilização de experiências locais, reflexão crítica sobre desigualdades no acesso à água e articulação entre formação técnica e humana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação em Direitos Humanos, Educação em Ciências, Educação Profissional e Tecnológica, Justiça Socioambiental, Ensino de Química.

**ABSTRACT** | This paper presents a report of an educational practice developed in the Water and Wastewater Treatment course of the Integrated High School Technical Program in Chemistry at the Federal Institute of Goiás (IFG), Luziânia campus, Brazil. The proposal is grounded in Human Rights Education and the perspective of Cordial Contents, seeking to relate technical-scientific knowledge to social relations. Two actions were carried out, consisting of five pedagogical interventions that addressed the human right to water and sanitation through classroom discussions and assessment activities, such as podcast production and the creation of a newspaper. Classroom interactions and the materials produced by students were analyzed based on class transcripts and written productions. The results indicate the mobilization of local experiences, critical reflection on inequalities in access to water, and articulation between technical and human education.

**KEYWORDS:** Human Rights Education, Science Education, Professional and Technological Education, Environmental Justice, Chemistry Education.

**RESUMEN** | El presente trabajo presenta el relato de una práctica educativa desarrollada en la asignatura de Tratamiento de Agua y Efluentes del curso Técnico en Química de la Educación Secundaria Integrada del Instituto Federal de Goiás (IFG), campus Luziânia, Brasil. La propuesta se fundamenta en la Educación en Derechos Humanos y en la perspectiva de los Contenidos Cordiales, buscando relacionar los conocimientos técnico-científicos con las relaciones sociales. Se realizaron dos acciones, compuestas por cinco intervenciones pedagógicas, que abordaron el derecho humano al agua y al saneamiento mediante debates en el aula y actividades evaluativas, como la producción de podcasts y la elaboración de un periódico. Las interacciones en el aula y los materiales producidos por los estudiantes fueron analizados a partir de transcripciones de las clases y producciones escritas. Los resultados indican movilización de experiencias locales y reflexión crítica sobre desigualdades en el acceso al agua.

**PALABRAS CLAVE:** Educación en Derechos Humanos, Educación en Ciencias, Educación Profesional y Tecnológica, Justicia Socioambiental, Educación Química.

## 1. INTRODUÇÃO

A realidade social brasileira se deparou na última década com uma observação significativa das violações de Direitos Humanos, seja em número de ocorrências ou pela maior publicização destes eventos nas mídias sociais, que têm mostrado o quão alto é o número de pessoas que, por uma convicção conservadora, minimizam uma necessidade de combate a essas violações, ou até mesmo tentam criminalizar esse combate. Isso pode estar atrelado a lideranças no país vinculadas à extrema direita que, desde a chegada de Jair Bolsonaro (2018-2022) à gestão do governo federal, validaram e encorajaram um discurso conservador, antidemocrático, preconceituoso e fóbico, pseudo-nacionalista, negacionista da Ciência e de apologia à violência por parte da sociedade. Entendemos que explorar a Educação em Direitos Humanos (EDH) e defendê-la como uma via de formação com viés crítico é uma posição política que vai contra esse discurso conservador.

Após trazer esse anseio de uma esfera maior, nacional, podemos falar da inspiração vinda de uma esfera menor: o IFG – campus Luziânia, localizado em uma região de grande vulnerabilidade social, ainda que ela esteja localizada a poucos quilômetros da capital do país. Tal questão nos instigou a pensar na valorização dos diversos grupos sociais que, historicamente, já tiveram seus direitos violados e habitam a referida região. Além disso, defendemos a necessidade de trazer para a formação dos estudantes dos cursos da Educação Profissional Tecnológica (EPT), imersos nesse contexto nacional e local, discussões que sejam mais próximas das suas realidades sociais e que possam incluí-los em uma sociedade multicultural, em vez de apresentá-los concepções direcionadas, elitistas, monoculturais, hegemônicas, e que os distanciam das vivências em suas próprias comunidades.

Em busca de práticas pedagógicas que utilizassem essa abordagem para o combate de injustiças sociais e valorizassem aqueles que um dia já foram e continuam sendo marginalizados em diferentes contextos sociais, encontramos os “Conteúdos Cordiais”, de R Oliveira e G Queiroz (2017). Esta proposta foi um esforço coletivo de vários pesquisadores e pesquisadoras do Ensino de Ciências que elaboraram práticas pedagógicas para a disciplina Química e que traz sugestões de discussões relevantes acerca da valorização de grupos e culturas. Posteriormente, os autores também organizaram, com colaboração de outros pesquisadores, os Conteúdos Cordiais para o Ensino de Biologia (Teixeira et al., 2019) e para o Ensino de Física (Santos et al., 2021).

Dito isso, argumentamos que a ação realizada surgiu dentro de um universo que possui dois temas que são relacionados às políticas públicas educacionais. O primeiro refere-se à Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM), enquanto modalidade da Educação Profissional Tecnológica (EPT), com suas normativas vigentes no âmbito federal e no Instituto Federal de Goiás (IFG), que apresentam seus princípios de educação integrada para a formação do indivíduo de forma plena, fugindo da dicotomia de uma educação técnica e uma educação intelectual. E o segundo tema refere-se à Educação em Direitos Humanos (EDH), também regulamentada, que preza por uma educação baseada na valorização humana e que busca a garantia da dignidade humana (Brasil, 2012).

O que nos reforçou o interesse em realizar este trabalho foi que os documentos balizadores da EPT (nacionais e específicos do IFG) possuem elementos relacionados à Educação em Direitos Humanos indicados como coadjuvantes para a formação dos estudantes em suas modalidades, especialmente a EPTNM. Ou seja, nos parece uma possibilidade de que o entrelace

envolvendo estas duas, EPT e EDH, contribua para uma formação bem estruturada. No entanto, é possível afirmar que existe uma dificuldade na materialização desta formação nas propostas curriculares e, mais especificamente, nas disciplinas do ensino de Química e disciplinas de formação tecnológica, específicas de cada curso técnico, considerando-se a natureza desses cursos e as abordagens curriculares focadas no viés técnico.

Definimos como Objetivo Prático, ou seja, o objetivo da Ação realizada, elaborar e ministrar duas sequências de intervenções pedagógicas (IP) que possibilitem a formação integrada do profissional técnico de nível médio pela perspectiva da Educação em Direitos Humanos (EDH). Como objetivos específicos dentro deste Objetivo Prático buscamos elaborar as sequências de IP para uma disciplina da área de Química, do núcleo comum ou núcleo tecnológico, do curso técnico na área de Química, utilizando uma prática pedagógica baseada na abordagem dos Conteúdos Cordiais de Oliveira e Queiroz (2017) como forma de materialização dos preceitos da EDH, mais especificamente, apresentando a temática da água e o saneamento básico como direitos fundamentais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

Os Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia (Instituto Federal - IF), instituições multicampi presentes todos os estados Brasileiros, foram criados a partir da lei federal 11.892/2008 como uma política pública de capilarização de uma educação técnica e tecnológica de qualidade, a partir da transformação de instituições que foram criadas desde o início do século XX. O Instituto Federal de Goiás (IFG) surge no contexto do estado de Goiás, Brasil, como Escola de Aprendizes Artífices em 1910 com sede na então capital do Estado, a cidade de Goiás, até o início da década de 1940, pois com a mudança da capital para Goiânia, transformando-a em Escola Técnica de Goiânia (Machado et al, 2015). De acordo com os autores, o início se deu com o caráter da educação profissional como regeneração e formação dos indivíduos da classe trabalhadora, ao mesmo tempo que na época era conhecida como “escola para a pária” (Machado et al., 2015, p. 21).

Neste intervalo, entre criação e transformação em IF, ocorreram várias mudanças de nomenclatura da instituição, porém com o foco na formação técnica e com a persistência de uma perceptível dicotomia entre Educação Técnica/Educação Intelectual, uma dualidade sempre observada em relação aos currículos desde a criação da Educação Profissional Tecnológica: a separação do propedêutico, considerado intelectual, destinado aos filhos das classes mais altas e mais valorizado; e do técnico, manual, destinado aos filhos dos trabalhadores, que precisavam melhorar sua posição social e sustentar a família.

Um dos câmpus do IFG, criados após a lei de 2008 foi o da cidade de Luziânia, localizada a 60km ao sul da cidade de Brasília-DF. Atualmente, é ofertado neste campus o Ensino Médio Integrado (EMI) ao Curso Técnico em Química, de três anos de duração e funcionamento em tempo integral. Encontramos em Souza Jr. e Mesquita (2023) que os Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC) dos cursos de EMI em Química do IFG indicam uma necessidade de observar a formação humana dos estudantes e, inclusive, sugerem a aproximação aos preceitos da Educação em Direitos Humanos como a valorização da cultura historicamente construída na região como meio para uma transformação local e dos sujeitos. Entendemos também que essa abordagem pela Educação em Direitos Humanos pode contribuir para minimizar a dicotomia Educação

Técnica/Educação Intelectual, prezando assim a contextualização dos conteúdos técnicos e científicos relacionadas aos Direitos Humanos e às suas violações.

Os Conteúdos Cordiais, de Oliveira e Queiroz (2017), enquanto “proposta de pensar o Ensino de Química por um caminho mais humanizado e humanizante” (2017, p. xxxv), podem ser ampliados para o Ensino de Ciências como um todo e entendemos que há potencial para auxiliar na formação humanizada na Educação Profissional Tecnológica. Os Conteúdos Cordiais podem ser considerados por dois tipos de percepções: o Projeto e o Conceito. Enquanto projeto, os capítulos foram elaborados por um conjunto de pesquisadoras/es, atuantes na Educação Básica e na Educação Superior das áreas de Química. Foi um projeto que não se organizou apenas pelo envio de textos para os organizadores, mas um trabalho coletivo em que “cada grupo de autores de um capítulo fez uma avaliação inicial de um outro capítulo, mantendo-se assim um diálogo entre os autores” (Santos et al, 2021, p. 22).

Enquanto conceito, os autores destacam que os Conteúdos Cordiais se apresentam como uma proposta “à pedagogização dos conteúdos de Ciências a partir da sua relação com aspectos da Educação em Direitos Humanos” (Oliveira e Queiroz, 2017, p. xxix), sendo elaborados para essa finalidade. Sobre a expressão pedagogizar, compreendemos que esta possui relação ao que apresenta Lee Shulman (1986), sobre transformar os conteúdos específicos da sua disciplina de modo que os alunos não somente consigam entendê-lo, mas que leve em consideração todo o contexto social e escolar, em um modelo que ele denomina de PCK, do inglês *Pedagogical Content Knowledge*, traduzida como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Fernandez, 2015).

Oliveira e Queiroz (2017) buscam, pelos Conteúdos Cordiais, a resolução de quatro tópicos: (1) a dominação cultural, presente na sociedade e na escola, que por muito tempo desconsiderou e ainda desconsidera as diferentes formas de ver o mundo; (2) a cotidianização das violações dos Direitos Humanos; (3) a falta de um olhar sensível pelo outro-diferente que entenda e valorize as diferenças; e (4) a (não)formação dos professores de Ciências para uma formação humana (Oliveira e Queiroz, 2017).

A nossa opção por práticas pedagógicas segundo a proposta dos Conteúdos Cordiais se relaciona à expectativa de que a Educação Profissional Tecnológica não necessita apenas estar relacionada com um ensino de técnicas e manuais de execução nas linhas de produção, mas a uma formação científica/intelectual que possa garantir ao egresso as competências para o conhecimento de todas as relações existentes no mundo do trabalho, além de poder melhor experimentar a própria vida e zelar para que os demais indivíduos ao seu redor também possam ter essa experiência.

Dentre as possibilidades de disciplinas, conteúdos e abordagens, optamos pela disciplina de Tratamento de Água e Efluentes do curso técnico em Química e com isso pudéssemos discutir em sala sobre o Direito Fundamental à Água e ao saneamento básico. Sobre essa abordagem, é necessário dizer a respeito de sua importância e urgência, pois a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Resolução A/RES/64/292 de 28 de julho de 2010, traz alguns apontamentos relevantes:

1. Reconhece que o direito à água potável e ao saneamento é um direito humano essencial para o pleno gozo da vida e de todos os Direitos Humanos;
2. Apela aos Estados e às organizações internacionais para que forneçam recursos financeiros e facilitem o desenvolvimento de capacidades e a transferência de tecnologia

através da assistência e cooperação internacionais, em particular aos países em desenvolvimento, a fim de intensificar os esforços para proporcionar a toda a população acesso acessível à água potável e ao saneamento (ONU, 2010, p. 3, tradução nossa).

Assim, a ONU assegura que o acesso à água e ao saneamento básico seja um direito e não um bem ou serviço. O Brasil, enquanto país-membro da ONU e signatário desta resolução, reconhece a água e o saneamento básico como um direito fundamental, apesar deste direito ainda não estar vinculado à legislação brasileira, especificamente na Constituição Federal de 1988. No mês de junho de 2024, página institucional da Câmara dos Deputados do Brasil indicava a tramitação de uma Proposta de Emenda à Constituição (PEC), já aprovada no Senado Federal, de número 06/2021, que indica a inclusão “na Constituição Federal, o acesso à água potável entre os direitos e garantias fundamentais” (Brasil, 2024). Dito isso, na próxima seção apresentamos sobre o planejamento das práticas na turma escolhida, conforme nossos referenciais e fundamentos para suas aplicações.

### **3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO**

Para nosso trabalho, definimos como Objetivo Prático: elaborar e ministrar sequências de intervenções pedagógicas (IP) que possibilitem a formação integrada do profissional técnico de nível médio pela perspectiva da Educação em Direitos Humanos (EDH). Especificamente, nosso objetivo foi elaborar as sequências de IP para uma disciplina da área de Química, de núcleo comum ou núcleo tecnológico, do curso técnico na área de Química utilizando uma prática pedagógica baseada nos Conteúdos Cordiais, de Oliveira e Queiroz (2017), como forma de materialização dos preceitos da EDH.

A partir do Objetivo Prático, decidimos pela realização da ação em uma turma de 2º ano do Ensino Médio Integrado ao técnico em Química, do campus Luziânia do IFG, especialmente por ter sido uma turma com a qual o pesquisador, também primeiro autor deste trabalho, já havia tido contato, pois havia sido professor da turma em outra disciplina. Dentre as disciplinas do currículo do 2º ano, decidimos por “Tratamento de Água e Efluentes”, ministrada por outro professor, que gentilmente cedeu espaço na disciplina para a aplicação das ações.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso (PPC – IFG, 2018), a disciplina é um componente do núcleo específico de carga horária total de 72 horas (o equivalente a 54 horas-aula) e carga horária semanal de 1,5 hora (2 horas-aula), normalmente ofertada uma vez por semana. É possível identificar que a disciplina relaciona diretamente o conteúdo químico e as habilidades técnicas e profissionais conforme ementa que se encontra na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1- Ementa da disciplina Tratamento de Água e Efluentes**

<b>Disciplina</b>	<b>Ano</b>	<b>Carga horária</b>
<b>TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES</b>	<b>2º</b>	<b>72 horas (54 aulas)</b>
<b>Ementa</b>		
Introdução ao saneamento ambiental. Fundamentos de Química ácido-base das águas naturais. Química de oxidação-redução em águas naturais. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas. Aspectos legais das águas e efluentes. Sistemas de tratamento de águas e efluentes. Visitas técnicas em indústrias.		
<b>Bibliografia básica:</b>		
Baird, C.; Cann, M. Química Ambiental. 4ª edição, Editora: Bookman, Porto Alegre, 2011. Spiro, T. G.; Stigliani, W. M. Química Ambiental, 2ª edição, Editora: Prentice Hall Brasil, 2009		
<b>Bibliografia complementar:</b>		
ROCHA, J. C.; Rosa, A. H.; Cardoso, A. A. Introdução à Química ambiental. 2ª edição Editora: Bookman, Porto Alegre, 2009.		

Para cumprimento da ementa prevista na disciplina, trabalhamos em conteúdos que explicitamente dessem suporte aos tópicos: 1) Introdução ao saneamento ambiental; 2) Aspectos legais das águas e efluentes; e 3) Sistemas de tratamento de águas e efluentes. Dessa maneira, poderíamos utilizar os princípios da proposta de prática pedagógica denominada “Água, Direito Humano Fundamental: para que os indivíduos em situação vulnerável se façam sujeitos de direitos” elaborado por Chinelli e Oliveira (Oliveira & Queiroz, 2017), bem como elaborarmos uma proposta de prática pedagógica baseada nos princípios e fundamentos dos Conteúdos Cordiais.

Dessa forma, duas ações foram realizadas na disciplina com o formato de uma sequência de cinco intervenções pedagógicas (IP), das quais cada intervenção teve a duração de uma hora e meia (2 horas-aula). A primeira ação aconteceu no segundo bimestre letivo do ano de 2022 e teve como tema “água como direito fundamental”, baseada na prática apresentada no capítulo citado no parágrafo anterior; a segunda ação ocorreu no início do último bimestre letivo do ano de 2022 e teve como tema “o direito ao saneamento e tratamento de esgoto”, de elaboração própria, em busca de ampliar as discussões relacionadas aos Conteúdos Cordiais no contexto da discussão em aulas de Química.

Como forma de verificação de aprendizagem, cada ação contou com uma avaliação em grupo nos moldes de uma atividade lúdica, que foram apresentadas aos estudantes nas primeiras IP respectivamente para que pudessem se planejar e preparar durante todo o período de realização da ação.

A Tabela 2 a seguir, sistematiza a organização do planejamento das IP na primeira ação.

**Tabela 2 - Planejamento para as IPs da ação “Água como Direito Fundamental”**

IPO1 12/05/2022	Tema	Distribuição de Recursos Hídricos e importância da água de qualidade
	Objetivo específico	Identificar a importância da água para a população como um direito fundamental, bem como discutir o abastecimento e a chegada de água de qualidade a toda a população
	Desenvolvimento	-Apresentação da proposta de trabalho - Sensibilização para as questões relacionadas à desigual distribuição e acesso à água no planeta - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada com apresentação dos objetivos e promoção de debate
IPO2 19/05/2022	Tema	Água como um recurso natural de desigual distribuição social
	Objetivo específico	Interpretar dados sobre abastecimento de água para a população e discutir o histórico do abastecimento de água na região
	Desenvolvimento	- Apresentação de dados sobre o êxodo nordestino e ocupação urbana na região do entorno no DF - Explicitação sobre como se dá o acesso e uso da água na região do entorno sul do DF - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada com promoção de debate
IPO3 26/05/2022	Tema	Legislação ambiental com enfoque nas questões relacionadas à qualidade da água para consumo
	Objetivo específico	Apresentar e discutir as principais legislações referentes ao controle, potabilidade e padrões de qualidade da água
	Desenvolvimento	- Analisar e interpretar a legislação nacional vigente sobre o abastecimento de água -Relacionar a importância do conhecimento químico na vigilância dos padrões de qualidade da água - Discutir as mudanças nas legislações para atender interesses de determinados grupos - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Atividade Experimental demonstrativo-investigativa e aula expositiva e dialogada
IPO4 02/06/2022	Tema	Criação de Podcast
	Objetivo específico	Propor aos alunos a elaboração e divulgação de Podcast sobre o assunto: “Água como direito fundamental”
	Desenvolvimento	- Instrumentalizar os alunos para a produção de podcast - Organizar os grupos e calendário de apresentações
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada
IPO5 23/06/2022	Tema	Debate sobre os podcast relacionados ao assunto “Água como direito fundamental”
	Objetivo específico	Acompanhar, de forma coletiva, os podcast produzidos pelos estudantes e propor o debate sobre as ideias apresentadas
	Desenvolvimento	- Promover o debate coletivo a partir da escuta sobre as ideias apresentadas nos podcast produzidos pelos estudantes tendo como foco as relações entre os Direitos Humanos de uso e acesso à água
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada com debate sobre as atividades realizadas

Nesta primeira ação, a principal avaliação envolveu a elaboração de episódios de podcasts pelos grupos formados. A proposição para elaboração desse material foi dada em sala de aula, na

IP01, e disponibilizada de forma textual em tópico específico na sala virtual, presente no Ambiente Virtual de Aprendizagem da disciplina, disponibilizada pela instituição. Os moldes da atividade seguiram as sugestões de uma atividade lúdica, conforme Soares (2023), para a elaboração de um Jornal/Revista. O autor sugere que, na atividade, que aqui adaptamos para a criação dos podcasts, os alunos se organizem em papéis a serem desempenhados por cada um, com liberdade para tomar as decisões sobre a abordagem e coleta de materiais para a confecção do produto final. A Tabela 3 apresenta as instruções passadas aos estudantes:

**Tabela 3 - Instruções para a elaboração dos episódios de podcast**

<b>Tema central:</b>	"Água: Direito Fundamental"
<b>Duração:</b>	Entre 15 e 20 minutos (se extrapolar, que seja 1 ou 2 minutos. É importante que não deixem ficar muito longo)
<b>Data de envio na Plataforma:</b>	19 de junho de 2022, domingo, até as 23h59, no formato de áudio
<b>Organização:</b>	Definir os papéis de cada membro do grupo na confecção do <i>Podcast</i> (sugestão: redator, pesquisa, revisor de texto, editor de áudio, oradores etc... - não precisa ter um para cada, mas isso ajuda a organização para que cada desempenhe um papel)
<b>Título para o Episódio do Podcast:</b>	Pode ser utilizado o próprio tema ou criar um nome que explicita sobre o que será abordado.
<b>Nome da equipe:</b>	Atribuir um nome que destaque o grupo para que ele seja indicado no título do episódio do <i>Podcast</i>

Após o término da aplicação da primeira ação, o professor efetivo da disciplina, em articulação ao que foi abordado na primeira ação, continuou a abordagem dos demais tópicos presentes na ementa, discutindo sobre conteúdos químicos do tratamento de água. A segunda ação, realizada na mesma turma e disciplina, ocorreu por volta de sete meses depois da primeira ação. Desta vez, como dito anteriormente, a discussão teve como abordagem o tratamento de esgoto, apresentando mais tópicos que relacionam conceitos químicos do que as questões legais. A Tabela 4 apresenta o planejamento da segunda ação.

**Tabela 4 - Planejamento das IPs “O direito ao saneamento e tratamento de esgoto”**

IP06 08/11/2022	Tema	O que é o esgoto, problemas com o seu mau tratamento e descarte
	Objetivo específico	Identificar a importância do tratamento do esgoto e efluentes que serão depositados no meio ambiente
	Desenvolvimento	-Apresentação da proposta da segunda etapa da pesquisa (etapas e avaliação) - Sensibilização para as questões pertinentes à Ecologia relacionada com o tratamento e descarte de efluentes; - Apresentação das etapas do tratamento de efluentes - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Aula dialogada com apresentação dos objetivos e promoção de debate
IP07 17/11/2022	Tema	Tratamento de efluentes na indústria
	Objetivo específico	Identificar a importância do tratamento de efluentes da indústria antes de sua destinação ao meio ambiente
	Desenvolvimento	- Realização de Atividade Experimental sobre o tratamento de efluentes. -Relacionar a importância do conhecimento químico sobre a qualidade da água e o tratamento de efluentes - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Atividade experimental em laboratório
IP08 21/11/2022	Tema	Impactos para o ambiente e para a população em relação problemas no descarte e tratamento de efluentes e esgoto
	Objetivo específico	Interpretar dados sobre riscos ambientais e para a população que já foram identificados sobre o descarte de efluentes não-tratados
	Desenvolvimento	- Apresentação de dados impactos ambientais do descarte de efluentes a partir do entendimento das etapas do tratamento. - Levantamento de hipóteses de principais problemas para a sociedade e o ambiente em relação ao descarte de efluentes. - Discussão das principais ideias apresentadas visando a reflexão coletiva
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada com promoção de debate
IP09 29/11/2022	Tema	O esgoto como fonte de informações de saúde pública
	Objetivo específico	Identificar os riscos químicos e biológicos ao meio ambiente e a para a população em relação ao que pode existir no esgoto descartado e não-tratado e como ele pode servir como fonte de informações sobre a sociedade
	Desenvolvimento	- Instrumentalizar os alunos sobre a importância da pesquisa científica em relação aos impactos ambientais e sociais do descarte de efluentes
	Estratégias de ação	Palestra com convidada externa (expositiva e dialogada)
IP10 15/12/2022	Tema	Debate sobre as produções dos grupos no jornal temático da disciplina
	Objetivo específico	Acompanhar, de forma coletiva, as matérias produzidas pelos estudantes e propor o debate sobre as ideias apresentadas
	Desenvolvimento	- Promover o debate coletivo a partir da leitura sobre as ideias apresentadas para as seções do Jornal temático, produzidas pelos estudantes tendo como foco as relações entre os Direitos Humanos de uso e o tratamento do esgoto e dos efluentes
	Estratégias de ação	Aula expositiva e dialogada com debate sobre as atividades realizadas

Neste caso, a avaliação sugerida aos estudantes da turma foi a elaboração de matérias jornalísticas para a confecção de um Jornal impresso, de quatro páginas, e foi baseada em Soares (2023). De acordo com o autor, a elaboração de jornais em sala é uma atividade que traz prazer e diversão, envolve a participação de todos os estudantes e pode ser aplicada de forma competitiva ou colaborativa, com qualquer grau de liberdade (Soares, 2023).

Para isso, a turma foi dividida em grupos, que ficaram responsáveis por elaborar as diversas seções e matérias jornalísticas de forma colaborativa para um único produto final, que seria finalizado e diagramado pelo professor-pesquisador. Os grupos, as respectivas atribuições e informações sobre a elaboração do jornal foram discutidas na primeira IP da segunda ação (IP06) e o arquivo editável com a diagramação do Jornal foi disponibilizado via sala virtual do Moodle institucional, para que os estudantes pudessem ter a dimensão do tamanho máximo dos textos a serem elaborados.

A Tabela 5 apresenta a divisão de acordo com as seções do jornal, a codificação das Matérias Jornalísticas Redigidas (MJR) e respectivas orientações para elaboração que foram disponibilizadas para os estudantes. Consideramos importante lembrar que, para preservar o anonimato dos estudantes da ação, os nomes apresentados na tabela são fictícios.

***Tabela 5 - Divisão da turma e orientações para elaboração das seções do jornal impresso***

<b>Seções do Jornal e códigos</b>	<b>Especificações e Objetivos</b>
Reportagem 1 da Primeira Página (MJR1)  (Shannon, Nina, Monique, Jaida, Kyle)	A reportagem de capa é responsável por, além de introduzir o tema, chamar a atenção para o que o jornal pode apresentar nas demais páginas. E para essa reportagem, o grupo vai focar na seguinte temática sobre o problema da poluição do esgoto e efluente, seus danos ao ambiente, à comunidade próxima e ao planeta como um todo. Para isso realizando a apresentação de um problema real que pode ser de impacto local, regional, nacional ou global
Reportagem 2 de Primeira Página (MJR2)  (Victória, Rajah e Bob)	A reportagem de capa é responsável por, além de introduzir o tema, chamar a atenção para o que o jornal pode apresentar nas demais páginas. Enquanto a Reportagem 1 fará o alerta sobre os perigos, a segunda reportagem de primeira página vem para trazer sobre as soluções possíveis, ou seja, o que fazer para evitar o apocalipse. Para isso, a matéria pode apresentar o que já é realizado ou o que poderá ser realizado e deve apresentar a importância de se conhecer e zelar pelo meio ambiente e pelas pessoas.
Editorial 1: "Por que Abordar?" (MJR3)  (Edwards, Vanessa e Bianca)	O Editorial é a seção do Jornal na qual representantes de toda a equipe jornalística informam aos leitores quais suas intenções com a edição do jornal, ou sobre o posicionamento de toda a equipe sobre determinado assunto ou situação atual. Para esta seção é interessante evidenciar a importância de conhecer, divulgar e conscientizar sobre o tema; expor os benefícios da informação para o público-alvo e o público em geral; e, trazer em síntese o objetivo da turma com o Jornal. Para complementar, o grupo deve inserir uma seção artística em anexo e breve análise (charge, letra de música, obra de artista plástico, poesia etc).
Editorial 2: "O que abordar?" (MJR4)  (Shannon, Nina, Monique, Jaida, Kyle)	Da mesma forma que o editorial 1, esta é a seção do Jornal na qual os representantes de toda a equipe jornalística informam aos leitores quais as intenções da equipe. Esse segundo editorial deve ser mais técnico e a equipe deve pensar num texto que contemple conceitos técnicos sobre o que é esgoto, efluentes, descarte, tratamento, importância do tratamento, e demais conceitos químicos relacionados ao tema. Adicionalmente a equipe deverá sugerir uma atividade lúdica (caça-palavras, palavra-cruzada, ou

<b>Seções do Jornal e códigos</b>	<b>Especificações e Objetivos</b>
	qualquer outro jogo) que envolva os conceitos do tratamento de efluentes e esgoto
Reportagem para a Comunidade (MJR5)  (Betina, Helena, Miranda, Tiara, Mateo, Monét, Diva, Delano, Trinity)	Essa seção tem a intenção de trazer um tópico direcionado ao dia-a-dia dos leitores e assim pode apresentar uma receita, metodologia, dicas de tratamento de resíduos, cuidados no descarte, aproveitamento de resíduos antes do descarte no ralo da pia, etc.
Entrevista 1 - Membro da Comunidade (MJR6)  (Betina, Helena, Miranda, Tiara, Mateo, Monét, Diva, Delano, Trinity)	A seção de entrevista num jornal ou revista é importante para trazer a voz de alguém com sua opinião, relato de experiência, sobre seus estudos ou conhecimento sobre o tema etc. Para esta primeira entrevista deve ser trazida a fala de um morador da cidade ou região sobre a questão do esgoto ou do efluente. Pode ser uma denúncia, ou sobre uma questão já resolvida, uma conscientização, uma contribuição para a não-poluição e tratamento de resíduo antes do descarte no ralo da pia, ou talvez uma questão histórica da região
Entrevista com um Especialista (MJR7)  (Shannon, Nina, Monique, Jaida, Kyle)	A seção de entrevista num jornal ou revista é importante para trazer a voz de alguém com sua opinião, relato de experiência, sobre seus estudos ou conhecimento sobre o tema etc. Nessa entrevista busca-se trazer o relato de um pesquisador, ou de alguém da indústria que possa alertar, analisar ou comunicar algo que seja realizado. O profissional pode ser da área das exatas (Química ou biologia), área de ambiental ou área social/humanas.

As gravações das aulas e os podcasts elaborados pelos alunos foram transcritos com ajuda do Google Colaboratory para posterior análise. Na elaboração do texto transcrito, os nomes dos estudantes foram modificados com manutenção da designação de gênero, a fim de garantir o anonimato, conforme normas da ética em pesquisa com seres humanos tendo em vista que o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG sob o protocolo 56045321.4.0000.5083.

#### **4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS**

Entendemos que seria importante uma conversa do pesquisador com a turma sobre a pesquisa e esta foi realizada na semana anterior ao início da primeira ação. Nesta ocasião, a proposta de ação foi discutida com os estudantes, além da colaboração professor-alunos na construção de conhecimentos com uma proposta de ação em que duas coisas seriam analisadas: tanto o objeto de Direitos Humanos a ser discutido quanto a questão da integração entre conhecimento técnico e conhecimento científico, ou seja, a relação da formação intelectual com a formação técnica, a partir da discussão contextualizada dos Direitos Humanos. A primeira ação teve a participação dos 21 estudantes e na segunda, participaram 20, devido à evasão de uma aluna no meio do ano letivo. Em relação a gênero, 16 estudantes se identificavam como mulheres e 5 como homens. A média de idade da turma era entre 15 e 18 anos, o esperado para uma turma de 2º ano do Ensino Médio.

Observamos que as duas ações, mesmo sendo abordadas dentro do contexto dos Direitos Humanos, tiveram impactos distintos por terem acontecido na turma com um intervalo de sete meses. A primeira, por ter sido realizada ainda no início do ano letivo, é protagonizada por uma discussão mais calorosa na qual os estudantes se mostraram mais participativos e engajados, especialmente na elaboração do episódio de Podcast, avaliação final desta ação. A segunda, por ocorrer mais próxima ao final do ano letivo, período em que os estudantes se encontram mais

desgastados em relação ao tempo de estudo, pressão pela chegada das notas finais e a expectativa pela aprovação ou não das várias disciplinas que eles cursam, apresenta uma discussão interessante em sala de aula, mas o engajamento para a elaboração do trabalho final no formato de um jornal não se concluiu pelo não cumprimento de prazo da entrega final dos textos por alguns grupos.

#### 4.1 Primeira ação: O direito Fundamental a água

A discussão voltada para a realidade própria dos alunos e para os acontecimentos no município de Luziânia foi suscitada pelo professor-pesquisador na primeira intervenção pedagógica, inclusive incentivando a consideração dos dados disponibilizados por órgãos oficiais federais, estaduais e municipais. Tal provocação conduziu os alunos a trazerem para a discussão elementos da experiência pessoal e familiar sobre questões de atendimento e assistência. Já na primeira IP, duas falas podem ser destacadas:

*JAIDA: Esses dias a gente estava conversando com a minha família. E a gente estava conversando sobre saneamento básico aqui em Luziânia. Tem a minha família por exemplo que mora no Setor Norte Maravilha e lá tem algumas partes que não tem saneamento básico, só que na conta de água vem o valor, a taxa cobrando como se tivesse realmente água e aí se você for lá eles vão falar que tem. Está contando no sistema que tem. Só que não tem! (Transcrição da IP1)*

*EDWARDS: Assim Luziânia é uma cidade grande, em termos populacionais, certo, mas assim tem água? Tem!... tem água... exatamente... só que nem a Nina falou... o centro é o lugar onde mais predomina a questão do saneamento e é tipo que nem o senhor comentou, que atende onde mais tem gente e esquecesse de quem está afastado, por exemplo o três (Bairro Estrela D'álva III) que quase ninguém lá tem saneamento básico. É um negócio precário mesmo, muito precário! (Transcrição da IP1)*

As falas de Jaida e Edwards são as primeiras nesta ação que trazem elementos de suas vivências e experiências pessoais. Compreendemos que este tipo de abordagem se torna muito importante para a proposta baseada nos Conteúdos Cordiais, pois como afirmam Oliveira e Queiroz (2017), os conteúdos escolares sempre estiveram relacionados a formas de ver o mundo uniformizadas para um público-alvo que desconsidera a sociedade multicultural na qual estamos inseridos, especialmente estes adolescentes moradores do interior do país e entorno do Distrito Federal. Também foi possível identificar a relação da abordagem com as dificuldades vivenciadas pelos estudantes nos podcasts que foram criados na primeira ação.

***A maior parte da população de Luziânia não recebe tratamento de esgoto e isso estimula ainda mais a criação de fossas. O que são fossas? Elas são poços, podemos dizer, como poços cavados, só que uma distância um pouco menor, onde são jogados os dejetos que foram jogados fora da casa da pessoa que mora no local. E isso é um problema porque isso pode afetar principalmente e contaminar o lençol freático. E como existem várias pessoas, como o meu bairro aqui, que não recebem tratamento de água, nós utilizamos os poços artesianos ou as cisternas, acaba que essa água que nós utilizamos acaba sendo contaminada por causa dessas fossas, porque elas acabam, como eu tinha dito, contaminando o lençol freático (Transcrição do Podcast do grupo 3, grifo nosso)***

Foi possível perceber o zelo dos alunos por trazerem a diversidade local para a gravação dos episódios de podcast, o que pode ser relacionado também à questão da presença de alunos (ou parentes desses alunos) que vivem nestas localidades do município. Quando os alunos evidenciam uma realidade local por meio do relato de uma experiência pessoal, há um indício do

reconhecimento entre eles da importância de tratar dessas diferenças, pois, segundo Oliveira e Queiroz (2017), elas estão presentes na escola.

Foi possível perceber que, durante os debates em sala e nos podcasts, a fala dos alunos se relaciona a um olhar de compaixão pelas pessoas que possuem os seus direitos negados ou violados em várias nuances diferentes. Além disso, Ferreira et al (2024) constataram em sua experiência que a elaboração do Podcast se mostra como uma ferramenta que incentiva o engajamento dos estudantes, especialmente pela possibilidade de abordagens na gravação do episódio.

*Acho que todos nós já sabemos que ter acesso à água potável e de qualidade é um direito de todos, mas sabemos que isso não funciona muito bem na prática. No nosso país, por exemplo, há cidades que não recebem nenhum tipo de auxílio do Estado em questão à falta de água, mas sem precisar ir muito longe, na nossa cidade mesmo, que tem cerca de 208.299 habitantes, **mais de 13% dessa população não recebe abastecimento de água e mais de 80% não recebem tratamento de esgoto**. É uma desigualdade muito grande, considerando que **cerca de 27 mil pessoas não recebem água tratada de qualidade em sua casa, algo que é essencial para a vida** (Transcrição do Podcast do grupo 5, grifo nosso)*

Primeiramente, podemos identificar que existe a explicitação de uma injustiça com as pessoas que não têm acesso a água tratada, relacionada a um sentimento pessoal de quem fala. Essa preocupação de uma tentativa em dar a voz a um grupo de pessoas nos remete à Cortina (2007) quando apresenta que dois dos princípios da Ética da Razão Cordial se relacionam com levar em consideração dialogicamente os afetados e emponderá-los. Oliveira et al (2025) nos relata que a razão cognitiva como insuficiente para a compreensão mútua entre os seres humanos e necessitando assim o componente da cordialidade, e mais especificamente a da razão cordial. O mesmo Grupo 5 apresenta um movimento de normalização de uma situação na qual se identifica a violação de direitos.

*A forma em que regiões das cidades são simplesmente esquecidas é extremamente revoltante. Não, me corrigindo, **a forma em que essas partes das cidades são extremamente deixadas de lado é revoltante**. Como seria o caso do meu bairro Parque Estrela d'Alva 8, há **alguns anos esse bairro foi construído um condomínio residencial que recebe abastecimento de água, porém o resto do bairro não recebe nem sequer uma gota de água tratada**, o que é algo incompreensível. (Transcrição do Podcast do grupo 5, grifo nosso)*

O fragmento apresenta a questão da discrepância na oferta de água tratada dentro de um bairro que possui uma parcela de sua região demarcada e explorada comercialmente como um condomínio residencial fechado, atendido pela empresa de fornecimento de água, o que não ocorre para o restante do bairro. Tal comentário já havia sido realizado pela mesma estudante em sala de aula, durante a discussão do conteúdo.

*BIANCA: Em frente ao lançamento que eu falei tem um lugar muito vazio e pelo visto vai ser mais um. Vai ser um loteamento, não vai ser um condomínio. Aí a minha mãe estava falando, a gente estava até conversando, que se eles vão mandar água para lá e não vão mandar lá para nossa casa de novo. Porque tem aquela estação que libera para o bairro. Um pouco para a frente tem o Ecoville, que é esse loteamento... e no Ecoville tem outro, mas não chega água lá em casa... não chega água para lá. (Transcrição da IP2)*

Basicamente, a discussão revela a violação dos direitos de grupos dentro do município de Luziânia, dispostos geograficamente em áreas distantes do centro político e econômico da cidade e/ou identificadas pelos estudantes como merecedoras do direito a água potável, de acordo com

o pensamento dos representantes políticos da cidade. Diversos fragmentos, encontrados nos episódios de *podcast* transcritos ou nas transcrições das intervenções pedagógicas da ação, apresentam a discussão sobre como uma ou outra localidade específica do município sofre com a negligência do poder público em relação ao serviço de abastecimento de água potável, um direito previsto em lei, com pretensão de se tornar um direito fundamental previsto na Constituição. Revelamos aqui que essas violações ocorridas estão intimamente relacionadas com o racismo ambiental, que infelizmente não pode ser discutido em tempo hábil na ação realizada, porém pode ser utilizada como um tema gerador numa reaplicação da atividade.

#### 4.2 Segunda ação: O direito ao Saneamento Básico

A segunda ação, realizada na mesma turma e disciplina, ocorreu por volta de sete meses depois da primeira. É importante registrarmos que, ainda que os estudantes tenham participado ativamente nas aulas e na elaboração do trabalho final indicado nessa segunda ação, a participação, de forma geral, não foi tão ativa quanto na primeira. O período de aplicação da segunda ação ocorreu no 4º bimestre letivo que, além de ser próximo do final do ano letivo, é um período no qual já se observava os sinais de exaustão, possivelmente próprios de estudantes de 2º ano do EMI em Química. Nesta etapa do curso, os estudantes possuíam uma carga horária semanal de 44 horas/aula (o que corresponde a 33 horas semanais) distribuída em 19 disciplinas do curso. Além disso, a aplicação da segunda ação ocorreu em um bimestre no qual, de acordo com o sistema virtual de diários e notas da instituição, os respectivos alunos já estavam matematicamente aprovados na disciplina ou necessitavam de pouca pontuação para a aprovação. Tais fatores podem ter contribuído na diminuição do compromisso dos alunos na participação e na elaboração das matérias jornalísticas.

Especificamente sobre a participação dos alunos em sala, as transcrições das IP (06-10) indicaram muitos momentos em que o professor-pesquisador fazia a exposição de determinado conteúdo e os estudantes não dialogavam ou apenas respondiam frases curtas, concordando com o que estava sendo apresentado. A diminuição do compromisso dos alunos em relação à elaboração das matérias jornalísticas resultou na não-entrega das versões finais (pós-correções) das matérias por parte de dois grupos, o que impediu a finalização do jornal devidamente editorado. Ainda assim, é importante reconhecer o esforço que a turma dedicou na elaboração dos textos conjuntos, na entrega dos textos prévios no prazo estabelecido, e na tentativa de aprofundamento nas discussões sugeridas.

Embora não tenham sido finalizados os jornais, como proposto inicialmente, os textos foram elaborados e a partir destes, é possível trazer alguns aspectos interessantes para a discussão. Enquanto proposta da elaboração do Jornal como uma fonte de divulgação e conscientização da população do município de Luziânia, os estudantes sempre procuraram elaborar matérias jornalísticas numa linguagem mais acessível e de uma abordagem de empoderamento e explicitação dos direitos humanos.

***Você sabia que é direito ter água potável e tratada em casa? Independente da região em que você mora? No dia 28 de julho de 2010, a ONU estabelece através da resolução de n. 64/292, o direito à água potável e limpa como direito humano essencial para o pleno gozo da vida e de todos os demais direitos fundamentais. Regiões com populações vulneráveis são fortemente impactadas, conflitos e crises humanitárias geram desequilíbrio e afetam diretamente o acesso à água potável. Crianças são as principais vítimas, a UNICEF mostra através de seus estudos que***

***crianças no Brasil morrem mais por consequências da água não tratada do que pela violência.***  
(MJR3, grifo nosso).

(Entrevistador) *Você acredita que deve haver mudanças? Algo a ser analisado?*  
Entrevistado: *“Sim, precisa urgente. Porque vai chegar um momento que vai faltar saneamento, nós vamos adoecer cada vez mais e as nossas gerações vão ficar prejudicadas, além da gente ter a falta de água de boa qualidade”* (MJR7, grifo nosso)

Podemos dizer que é possível, por meio desses fragmentos destacados, perceber a materialização dos fundamentos da EDH no sentido em despertar um olhar dos alunos para a discussão após a abordagem em sala de aula durante a realização da ação. Segundo as Diretrizes Nacionais da Educação em Direitos Humanos (DNEDH), a EDH possui como escopo uma formação ética (relacionada com a formação de valores e atitudes), política (Com a promoção e empoderamento de indivíduos e grupos, em especial os que estão mais a margem da sociedade) e crítica (que discute o exercício de juízos nas relações e, dessa forma, a promoção de práticas institucionais coerentes com os Direitos Humanos).

Os últimos encontros de cada uma das ações, reservados para o debate e reflexão sobre as avaliações realizadas, apontou que os estudantes conseguiram realizar uma análise crítica e autocrítica sobre os materiais produzidos, concordando inclusive de que a partilha em sala de aula foi a que mais contribuiu para a construção do material. E também, de acordo com as devolutivas das avaliações, podemos dizer que a turma participante também dispunha um perfil favorável a aulas dialogadas, com debates que fomentavam uma aproximação do futuro Técnico em Química da sua realidade, seja na sua vida em sociedade, seja no aspecto profissional.

Com isso, concordamos com Valiente e Selles (2026) que temas sensíveis não estão finalizados em suas categorias e podem ser investigados de acordo com os pressupostos de pesquisa que puderem ser escolhidos, e no nosso caso, a partir da abordagem dos conteúdos cordiais.

## **5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

Os resultados obtidos nas duas ações desenvolvidas na disciplina de Tratamento de Água e Efluentes indicam que a abordagem de conteúdos técnicos a partir da perspectiva dos Direitos Humanos e dos Conteúdos Cordiais pode ampliar as possibilidades de reflexão crítica e participação dos estudantes no processo de aprendizagem. Essas possibilidades foram identificadas mesmo considerando-se que a ementa da disciplina de Tratamento de Água e Efluentes, escrita objetivamente sobre os assuntos técnicos a serem tratados, seja estruturada muito distante da materialização de uma formação humana e humanizada. Trazer para a discussão a importância da água para a vida no planeta e para a dignidade humana, como um tema que permeie as técnicas e tecnologias de tratamento, é de grande potencial para esta tentativa de materialização e transformação dos estudantes para a sua atuação no mundo com posicionamento crítico e para a valorização do indivíduo e respectiva realidade. Ao mesmo tempo, não sendo o foco principal deste trabalho, ações que contemplem uma atividade lúdica avaliativa pode auxiliar no engajamento dos estudantes.

Em nosso caso, ministrar a disciplina de Tratamento de Água e Efluentes com foco apenas nas teorias da Química Analítica, na realização de atividades experimentais e na discussão sobre as substâncias poluentes e suas propriedades físico-químicas, nos métodos de separação, as

propriedades da água etc., sem o mínimo de discussão crítica sobre a realidade, é um formato inspirado por uma dominação cultural hegemônica desconectada da realidade latino-americana. Este formato pode ser facilmente adotado para satisfazer um pensamento da formação de mão-de-obra qualificada e desprovida de criticidade e reforçar a dicotomia Educação Técnica/Educação Intelectual que os Institutos Federais, em seu histórico, têm tentado minimizar.

Nossa reflexão sobre a ação realizada aponta possibilidades de incorporar temas relacionados aos Direitos Humanos nas disciplinas técnicas dos cursos de Ensino Médio Integrado sem comprometer o rigor conceitual. Ao contrário, a contextualização dos conteúdos com o compromisso da formação humana pode favorecer a construção de concepções ampliadas para os conceitos científicos e estimular a participação dos estudantes no processo de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- Brasil. (2008). Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008: Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Diário Oficial da União.
- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2012). Diretrizes nacionais para a educação em direitos humanos. Diário Oficial da União.
- Brasil. Ministério da Educação. (2023). Instituições da Rede Federal em 2023. <http://portal.mec.gov.br/rede-federal-inicial/instituicoes>
- Cortina, A. (2007). *Ética de la razón cordial: Educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Ediciones Nobel.
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(2), 500–528. <https://www.scielo.br/j/epec/a/jcNkTj9wx5GScw956ZGD4Bh/>
- Ferreira, U. V. da S.; Araújo, J. E. da S.; Sena, C. P. de S. (2024) Podcasts e Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Propriedades Coligativas: uma abordagem para a alfabetização científica na educação química, *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, v. 13, n. 1, p. 31–43.
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. (2018). Projeto pedagógico do curso técnico integrado integral em química. Campus Luziânia.
- Machado, F. P., Pires, L. L. A., & Barbosa, W. (2015). Entre artífices, técnicos e industriários: trajetórias de ensino e de trabalho no IFG (1930–1990). In W. Barbosa, M. F. Paranhos, & S. A. Lôbo (Orgs.), *A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e o IFG no tempo: conduzindo uma recuperação histórica até os anos 1990* (pp. 13–44). IFG.
- Oliveira, R. D. V. L., & Queiroz, G. R. P. C. (2017). Conteúdos cordiais: Química humanizada para uma escola sem mordanças. *Livraria da Física*.
- Oliveira, R. D., Queiroz, G. R., Souza Junior, E. V., Cruz, E. S., & Lopes, J. B. (2025). *Articulação da investigação-prática sobre os conteúdos cordiais na educação em ciências: Dez anos trilhando caminhos para formar professores como agentes socioculturais*. *APeDuC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 6(2), 221–251.
- Organização das Nações Unidas. (2011). O direito humano à água e saneamento: Comunicado à mídia. Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/08/human-right-to-water-and-sanitation-media-brief-por.pdf>
- Santos, A. G. F., Oliveira, R. D. V. L., & Queiroz, G. R. P. C. (2021). Conteúdos cordiais: Física humanizada para uma escola sem mordanças. *Livraria da Física*.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4–14.

- Soares, M. H. F. B. (2023). Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química (3ª ed.). Livraria da Física.
- Souza Jr., E. V., & Mesquita, N. A. S. (2023). Um olhar para a educação em direitos humanos no ensino médio integrado em química do IFG. In K. F. D. Cassiano, T. L. F. Oliveira, & T. P. Santos (Orgs.), Formação integral e integrada: Desafios e perspectivas. Appris.
- Teixeira, P. P., Oliveira, R. D. V. L., & Queiroz, G. R. P. C. (2019). Conteúdos cordiais: Biologia humanizada para uma escola sem mordanças. Livraria da Física.
- Valiente, C., & Selles, S. (2026). Temas sensíveis e ensino de ciências e biologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 26, e60830.

**SABERES INDÍGENAS NA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS DA NATUREZA: O CALENDÁRIO PALIKUR-ARUKWAYENE COMO PROPOSTA DE CONTEÚDO CORDIAL**

**INDIGENOUS KNOWLEDGES IN NATURAL SCIENCE TEACHER EDUCATION: THE PALIKUR-ARUKWAYENE CALENDAR AS A CORDIAL CONTENT PROPOSAL**

**SABERES INDÍGENAS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES: EL CALENDARIO PALIKUR-ARUKWAYENE COMO PROPUESTA DE CONTENIDO CORDIAL**

**Matheus Cardoso<sup>1</sup> & Thaís Forato<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Brasil  
matheusc Cardoso.edu@gmail.com

**RESUMO** | Este trabalho investiga as potencialidades de uma proposta didática fundamentada nos referenciais dos Conteúdos Cordiais e da Astronomia nas Culturas, integrando a Educação em Direitos Humanos ao Ensino de Ciências da Natureza. Elencam-se saberes indígenas do calendário Palikur-Arukwayene para ressignificar o apagamento histórico de povos tradicionais e valorizar conhecimentos imersos em suas cosmopercepções. A implementação ocorreu em um contexto de formação inicial de professores(as) de Ciências, no Brasil, por meio de atividades que exemplificaram a inserção de conteúdos cordiais passíveis de adaptação à prática docente. Os resultados indicam que a proposta promoveu engajamento e sensibilização à temática. Conclui-se que, embora a diversidade de recursos tenha sido positiva, uma adequação no tempo didático é fundamental para ampliar o protagonismo de licenciandos(as) e potencializar discussões críticas e significativas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Ciências, Educação Multicultural, Educação em Direitos Humanos, Formação Inicial de Professores, Etnoastronomia.

**ABSTRACT** | This study investigates the potential of a pedagogical proposal based on the frameworks of Cordial Contents and Astronomy in Cultures, integrating Human Rights Education into Natural Science teaching. Indigenous knowledge from the Palikur-Arukwayene calendar is highlighted to resignify the historical erasure of traditional peoples and value knowledge embedded in their cosmoperceptions. The implementation occurred in a pre-service science teacher education context in Brazil, through activities that exemplified the inclusion of cordial contents adaptable to teaching practice. Results indicate that the proposal fostered engagement and sensitivity to the theme. It is concluded that, while the diversity of resources was positive, an adjustment in didactic time is essential to increase student agency and enhance critical and meaningful discussions.

**KEYWORDS:** Science Education, Multicultural Education, Human Rights Education, Preservice Teacher Education, Ethnoastronomy.

**RESUMEN** | Este trabajo investiga las potencialidades de una propuesta didáctica fundamentada en los referentes de los Contenidos Cordiales y de la Astronomía en las Culturas, integrando la Educación en Derechos Humanos en la Enseñanza de Ciencias de la Naturaleza. Se destacan los saberes indígenas del calendario Palikur-Arukwayene para ressignificar el borrado histórico de los pueblos tradicionales y valorar los conocimientos inmersos en sus cosmopercepciones. La implementación ocurrió en un contexto de formación inicial de profesores de ciencias, en Brasil, mediante actividades que ejemplificaron la inserción de contenidos cordiales adaptables a la práctica docente. Los resultados indican que la propuesta promovió el compromiso y la sensibilización sobre la temática. Se concluye que, si bien la diversidad de recursos fue positiva, una adecuación del tiempo didático es fundamental para ampliar el protagonismo de los estudiantes y potenciar discusiones críticas y significativas.

**PALABRAS CLAVE:** Enseñanza de las Ciencias, Educación Multicultural, Educación en Derechos Humanos, Formación Inicial de Docentes, Etnoastronomía.

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário contemporâneo é marcado por disparidades acentuadas e profundas injustiças socioeconômicas, raciais e de gênero. Diante desse quadro, tornaram-se frequentes as problematizações sobre a responsabilidade ética e social da comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências, buscando-se identificar o papel das Ciências da Natureza na constituição histórica de um modelo de organização social pautado na exploração de seres humanos e não humanos. Nesse sentido, nas últimas décadas, emergiram investigações e propostas pedagógicas voltadas à promoção dos Direitos Humanos, as quais fomentam a conscientização sobre fatores determinantes para a transformação da realidade, como a centralidade da solidariedade e da ética na busca pela justiça social. (Cortina, 2007; D’Ambrosio, 2018; Autor, 2023; Guerra, Moura & Gurgel, 2020; Oliveira & Queiroz, 2016; Santos, 2022).

Nesse panorama, Roberto Dalmo Silva de Oliveira e Glória Regina Pessoa de Queiroz (2016), inspirados em Adela Cortina (2007), apresentam uma proposta de ensino pautada no multiculturalismo e na urgência da promoção dos Direitos Humanos e da Justiça Social na Educação em Ciências. Os autores propõem o diálogo dessa área com debates contemporâneos sobre a natureza das ciências, a decolonização curricular — mediante a inserção de saberes afrodiaspóricos, de povos ameríndios e de comunidades tradicionais — e as questões de gênero, classe social, raça e suas interseccionalidades. A tais articulações, a serem efetivadas em sala de aula, Oliveira e Queiroz denominaram **Conteúdos Cordiais**.

A partir desse arcabouço teórico, apresenta-se uma possibilidade de inclusão de saberes ameríndios no Ensino de Ciências, em que foram elencados conhecimentos do povo indígena Palikur-Arukwayene que dialogam com os campos da Astronomia nas Culturas (Cardoso, 2007, 2023) e da História dos Conhecimentos (Burke, 2016; Autor, 2025). Tais saberes possuem elevado potencial para fomentar discussões sobre meteorologia, biodiversidade e ecologia, sob uma perspectiva que permite discussões epistêmicas e para problematizar visões estereotipadas sobre populações e saberes indígenas, historicamente presentes na sociedade brasileira. A pesquisa envolveu a implementação de uma proposta pedagógica em um contexto de formação inicial de professores(as) de Ciências da Natureza em uma universidade pública na região Sudeste do Brasil. Este artigo apresenta os fundamentos teóricos e metodológicos que sustentam a proposta, seguidos por um recorte do material didático elaborado e uma síntese das reflexões sobre sua aplicação, constituindo uma das etapas centrais da análise de dados.<sup>1</sup>

## 2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

### 2.1 Conteúdos Cordiais e Saberes Indígenas

O conceito de Conteúdos Cordiais, apresentado por Oliveira e Queiroz (2016), fundamenta-se na Ética da Razão Cordial da filósofa Adela Cortina (2007). Esta perspectiva defende que o conhecimento da justiça não provém apenas de uma racionalidade “pura”, mas de uma razão que integra aspectos afetivos, como a estima e a compaixão. Articula-se, ainda, o

---

<sup>1</sup> Devido às restrições de extensão desta publicação, optou-se por um recorte metodológico que privilegia os aspectos da cosmopercepção Palikur-Arukwayene e as principais sínteses da análise de dados, assegurando a convergência com os objetivos e o aporte teórico da investigação.

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge - PCK*), proposto por Shulman (1987), que destaca a capacidade docente de transformar o conhecimento específico em formas pedagogicamente adaptadas ao ensino. Tal abordagem de Educação em Direitos Humanos baseia-se no modelo de formação de professores(as) como agentes socioculturais e políticos (Candau et al., 2013), a partir de uma reelaboração que contempla as especificidades da Educação em Ciências da Natureza, enfatizando o empoderamento e o enfrentamento das assimetrias de poder (Oliveira, 2017; Santos, Queiroz & Oliveira, 2021; Oliveira et al., 2025).

Em sala de aula, a operacionalização dos conteúdos cordiais implica uma reflexão sobre a realidade que extrapola a lógica puramente técnica, enfatizando uma "racionalidade sentida". Essa leitura de mundo favorece a percepção de que sujeitos e grupos sociais foram historicamente marginalizados, possibilitando o resgate da memória de violações de Direitos Humanos como estratégia para evitar sua recorrência (Oliveira & Queiroz, 2016; Teixeira, Oliveira & Queiroz, 2019).

Propostas pautadas nessa abordagem mostram-se promissoras para a conscientização da diversidade cultural na formação de estudantes. Entretanto, pesquisas indicam desafios para a implementação de práticas humanizadas, como: concepções limitantes sobre a natureza das ciências; a rigidez curricular que alega um suposto abandono dos conceitos científicos em prol de valores éticos; e o conservadorismo de discentes que resistem ao diálogo com os direitos humanos (Oliveira et al., 2025; Souza Jr, 2025).

A integração entre Direitos Humanos e Ensino de Ciências enfrenta barreiras sistêmicas, mas, como salientam Oliveira et al. (2025, p. 240), "qualquer tema a ser debatido ou abordado em contexto de sala de aula estará sujeito a um processo contínuo de acordos, negociações e diálogos", podendo essa articulação ocorrer por meio de estratégias diretas ou indiretas, de forma que ações sutis já podem caracterizar uma implementação. A articulação entre temas da ciência contemporânea e o diálogo com saberes de povos tradicionais não busca substituir conteúdos curriculares, e sim incorporar temas da ciência contemporânea e o diálogo com os saberes de outros povos - frequentemente negligenciadas no contexto escolar - ressignificando-os por meio da interculturalidade (Queiroz, Catarino & Barbosa-Lima, 2024).

Nessa perspectiva intercultural e decolonial (Kopenawa & Albert, 2015; Walsh, 2013), a proposta dialoga com as Leis 10.639/2003 e 11.645/2008, que tornaram obrigatória a inclusão de conhecimentos da história e cultura afro-brasileira e indígena no currículo escolar, buscando transgredir a negação dos modos cosmogônico-espirituais impostos pela colonialidade (Walsh, 2013). Por meio de novas formas de expressão política, tais como as organizações indígenas, os povos originários reivindicam e reconquistam direitos históricos. Assim, surge uma nova bibliografia que tem contribuído para ampliar a visibilidade dos povos originários, disseminando suas perspectivas sobre o próprio passado, cooperando para a superação de estereótipos e preconceitos coloniais (Gonzaga, 2023).

Povos tradicionais estabelecem relações de interdependência com elementos materiais e imateriais, atuando em conjunto com seres não corporificados, como entidades míticas e espirituais. Tais interações configuram-se como  **fatos sociais** , cujas narrativas são contingentes aos contextos espaço-temporais e às dinâmicas de poder locais. Nessas cosmopercepções, o ambiente é habitado por distintos planos que admitem zonas de contato com os humanos, integrando dimensões físicas e oníricas. O papel antecipatório dos sonhos, por exemplo,

apresenta-se com a mesma relevância material que uma habitação ou um artefato cotidiano, orientando modos de vida e saberes territoriais (Autor, 2025).

É imperativo reconhecer que o encontro entre as ciências ocidentais e os conhecimentos dos povos originários não se dá apenas entre lógicas distintas, mas entre modos de existência profundamente diversos. Como ensinam pensadores como Ailton Krenak (2019), Davi Kopenawa (2015) e Kaká Werá Jecupé (2024), o 'Bem Viver' (*Sumak Kawsay*) não separa cultura de natureza, nem o humano do cosmo; a existência é uma teia de parentescos onde montanhas, rios e astros são sujeitos dotados de agência e memória. Nesses universos, o saber não é uma posse acumulada, mas um sentir-pensar que emerge da convivência com a Terra e com os seres — visíveis e invisíveis — que a habitam.

Essa complexidade ontológica exige uma expansão radical do olhar pedagógico. Para além de uma mera 'tradução' de conteúdos, o Ensino de Ciências deve abrir-se à alteridade, reconhecendo que os valores locais e as sabedorias ancestrais constituem formas legítimas e sofisticadas de habitar e compreender o mundo (Soares, Valadares & Cardoso, 2018). Tal abertura, fundamentada no diálogo e na ética da alteridade, encontra na Astronomia nas Culturas um solo fértil para o fomento de práticas que não busquem a submissão de um saber ao outro, mas a coexistência respeitosa e o aprendizado mútuo entre diferentes horizontes civilizatórios.

Portanto, valorizar modos de existir profundamente diversos na educação e na formação docente busca problematizar discursos de poder e destacar que cada cultura possui sistemas complexos de compreensão da natureza (Oliveira & Alvim, 2020). Na formação inicial, isso exige a desconstrução de visões que ainda tratam esses povos como "primitivos" (Autor, 2022).

Uma via inovadora para essa abordagem é a Astronomia nas Culturas. Ao apresentar os sistemas astronômicos de diversas sociedades, o tema torna-se acessível à licenciandos(as), estimulando o reconhecimento e a pertinência desses conhecimentos, contribuindo para o seu empoderamento ético (Oliveira et al., 2025). A presente pesquisa busca contribuir para este campo ao investigar a implementação de uma proposta embasada em conteúdos cordiais em um contexto de formação de professores(as) de ciências, visando uma práxis mais humanizada e atenta às desigualdades sociais.

## **2.2 Astronomia nas Culturas: pressupostos e escolhas metodológicas**

Não há um único céu para todas as culturas; povos diferentes possuem céus diferentes. Assim, a Astronomia nas Culturas investiga como os fenômenos celestes foram interpretados, explicados e investigados por diferentes grupos sociais ao longo do tempo e do espaço. Esses estudos desenvolvem-se a partir de referenciais antropológicos na etnoastronomia e de perspectivas da História das Ciências, em especial da História da Astronomia (Cardoso, 2007), ressoando com abordagens da História Cultural (Burke, 2008) e da História dos Conhecimentos (Burke, 2016; Autor, 2025). Nesse campo, de caráter interdisciplinar, a arqueologia fornece subsídios para a arqueoastronomia, com diferentes contribuições adicionais da linguística, arte, arquitetura, geografia, filosofia, matemática e etnomatemática (Cardoso, 2007).

Essa área de pesquisa proporciona críticas às contradições inerentes à construção dos saberes científicos. Um exemplo é o conceito moderno de constelação (Cardoso, 2007). Em 1930, a União Astronômica Internacional (IAU) estabeleceu 88 constelações oficiais. Se, por um lado, essa padronização foi necessária para a institucionalização do campo e a localização inequívoca

de objetos celestes, por outro, evidenciou a "naturalização" do modelo ocidental de representação do céu (Cardoso, 2023). Ao oficializar um conjunto específico de constelações, sobrepõe-se um céu a outros, o que carrega um caráter simbólico de superioridade cultural, ainda que justificado por razões pragmáticas (Alves-Brito & Alho, 2022; Cardoso, 2007).

Para diversos grupos indígenas, o mundo transcende elementos tangíveis. Portanto, a interpretação de constelações não pode eximir-se de analisar a complexidade sociocultural desses grupos. O céu não deve ser estudado isoladamente via aspectos técnicos internacionais, como as coordenadas estelares oficiais. Componentes do cotidiano — como o preparo do solo, ciclos de colheita, relações de poder, práticas de cura, narrativas míticas e a arquitetura das habitações — possuem conexões intrínsecas com elementos astronômicos e meteorológicos (Cardoso, 2023).

Desprovidos desse contexto complexo e de suas cosmopercepções, os saberes indígenas correm o risco de serem reduzidos a um papel simplista de "exotismo" ou anedota descontextualizada, o que reforça a invisibilidade desses povos (Cardoso, 2023). Nesse sentido, este trabalho elenca um recorte dos saberes tradicionais relativos à astronomia cultural como potencial **conteúdo cordial** (Oliveira & Queiroz, 2025). Propõe-se uma pedagogização crítica orientada por essa abordagem, visando fortalecer uma formação docente que reconheça a pluralidade de saberes e contemple a dimensão ética da racionalidade científica.

Investigam-se, aqui, as possibilidades pedagógicas do calendário Palikur-Arukwayene (que manifesta a cosmopercepção desse povo específico e suas relações entre o céu e seu modo de existência), pautadas nos conteúdos cordiais e dialogando com a *Astronomia nas Culturas* (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010). Considerando que a autoria indígena é um aporte fundamental de resistência e manutenção cultural, utilizou-se como fonte a obra *Kayka Aramtem – Entre os Palikur-Arukwayene*, do antropólogo indígena Adonias Ioiô (2024). Em sua pesquisa, Ioiô realizou entrevistas, principalmente com Uwetmin<sup>2</sup> (Manoel Antônio dos Santos), um dos mais importantes sábios/narradores do povo Palikur-Arukwayene, mestre nas histórias/narrativas, nas linguagens especializadas, ritualísticas e simbólicas, nas músicas, na cosmologia, nas danças/festas tradicionais e nas plantas medicinais, além de ser considerado grande artesão.

Outra obra de grande relevância para o estudo é o artigo *"The Rain Stars, the World's River, the Horizon and the Sun's Path: Astronomy along the Rio Urukauá, Amapá, Brazil"*, de autoria de Lesley Green e David Green (2010). As narrativas apresentadas baseiam-se em pesquisas realizadas entre 2000 e 2008 em aldeias Palikur-Arukwayene localizadas ao longo do rio Urukauá, sobre seus saberes astronômicos.

Realizou-se a leitura crítica desses materiais, visando sua adaptação para o contexto de formação de professores(as) de ciências. Os conhecimentos abordados integram-se na perspectiva historiográfica da História dos Conhecimentos (Burke, 2016), por terem sido elaborados segundo estudos antropológicos e etnográficos sobre tradições que perpassam a atualidade e resgatam aspectos de uma vasta cronologia, preservada sobretudo pela tradição oral. Dessa forma, na busca por construir uma abordagem contextualista para o Ensino de Ciências da Natureza, consideraram-se diferentes dilemas e riscos na transposição da

---

<sup>2</sup> Entre os Palikur-Arukwayene o uso do sufixo "min" é utilizado ao dizer o nome de uma pessoa que faleceu, sem evocá-la, não se fala dos mortos, é falta de respeito. O sábio faleceu aos 85 anos, em junho de 2018 (Ioiô, 2024).

historiografia para a sala de aula, (Autor, 2012), adaptando-os ao contexto educacional, suas necessidades e objetivos didáticos.

### **2.3 Contexto de aplicação**

A proposta foi implementada em um curso de Licenciatura em Ciências de uma universidade pública do Brasil. O referido curso é voltado à formação de professores(as) de Ciências da Natureza, os(as) quais optam, no decorrer da graduação, pelas habilitações em Biologia, Física, Química ou Matemática. A estrutura curricular prevê disciplinas de cunho pedagógico desde o primeiro semestre.

A aplicação da proposta ocorreu em 24 de novembro de 2025, no âmbito de uma disciplina que discute os temas de Ciência, Educação e Questões Étnico-Raciais. Esta disciplina contempla uma carga horária de total de 40 horas e aborda os temas: Interdisciplinaridade e Percepção do Outro; Introdução à Questão Indígena; Efeito de Sentidos; Concepções de Ciências e Saberes Tradicionais; Reflexões sobre matemática no contexto indígena; A voz dos povos indígenas: visita ao Museu das Culturas Indígenas e análise de filmes e documentários. É ofertada no quarto semestre, não exige pré-requisitos e caracteriza-se por turmas heterogêneas em idade, período da graduação, perspectivas político-ideológicas, engajamento em temas sociais e disponibilidade de horário, já que muitas pessoas trabalham em período integral ou parcial e cursam a graduação no contraturno. As aulas ocorrem semanalmente, em períodos de 4 horas, e é ministrada por seis docentes.

A aula em análise ocorreu na quarta semana do curso e foi ministrada pelos autores deste artigo (Concepções de Ciências e Saberes Tradicionais). Havia vinte e cinco (25) discentes no período vespertino e quinze (15) discentes no noturno.

## **3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO**

Esta seção apresenta uma caracterização da população Palikur-Arukwayene e uma síntese de alguns aspectos de seus saberes tradicionais na perspectiva da Astronomia nas Culturas, os quais fundamentam a proposta didática. Por fim, descreve-se a prática educativa implementada.

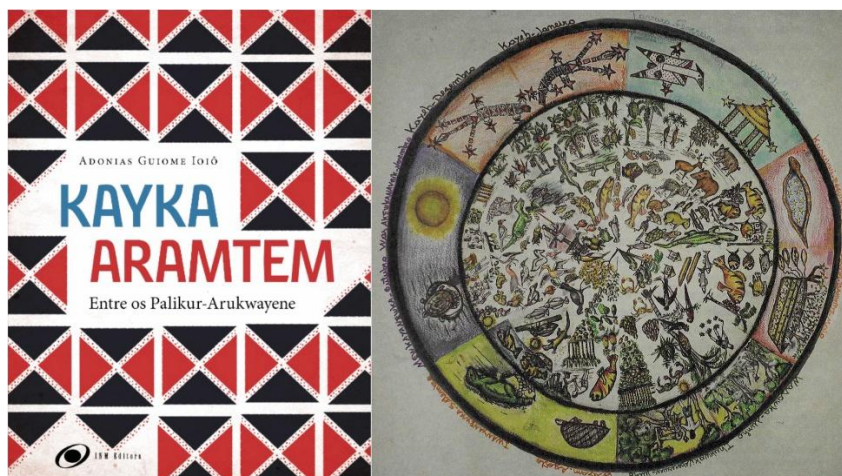
### **3.1 O povo Palikur-Arukwayene**

Pesquisas arqueológicas no estado do Amapá indicam que os primeiros habitantes desse território pertenciam à etnia Palikur-Arukwayene. Historicamente, essa população enfrentou drásticas reduções demográficas em decorrência de guerras, massacres, doenças e migrações forçadas, processos intensificados por perseguições de sociedades não indígenas e conflitos interétnicos (Ioiô, 2024). Atualmente, os Palikur-Arukwayene habitam as margens do rio Urucaú, afluente do rio Uaçá, em área homologada desde 1991 no município de Oiapoque (Brasil), além de estarem presentes em vilas na Guiana Francesa. Na região do Uaçá, a população soma 1.301 indivíduos distribuídos em 13 aldeias. Sua língua materna e de identidade étnica é o Parikwaki, da família linguística Arawak (Ioiô, 2024; Vidal, Levinho & Grupioni, 2016).

O povo Palikur-Arukwayene desenvolveu um sistema calendárico próprio, no qual o ano é definido pelo ciclo de suas principais constelações. Segundo o antropólogo indígena Adonias Ioiô, o calendário desse povo divide-se em duas estações principais: *digiswiki/muwokwekri*

(estação das chuvas/inverno), e *kamukwiki/abareswan* (estação da seca/verão). A alternância dessas temporadas é vital para a subsistência, pois regula os ciclos dos seres vivos (Ioiô, 2024). A relevância da preservação desses saberes é destacada por Ioiô (2024):

“O enfraquecimento e a invisibilidade desse conhecimento me preocupa muito, porque os professores e jovens não estão fortalecendo e revitalizando essas sabedorias ancestrais e também pouco são os pesquisadores não indígenas que estudam as constelações e, principalmente, o calendário do meu povo. Não conheço registros detalhados sobre o tema, mas penso que as futuras gerações precisam ter acesso ao saber dos nossos antepassados, essencial para a nossa existência” (Ioiô, 2024, p. 126).



**Figura 1** Capa do livro “Kayka Aremtem” e desenho do calendário do povo Palikur-Arukwayene). Fonte: Desenho de Jackson Guiome Ioiô e Dyenilson Ioiô Labontê, 05 de novembro de 2018 (Ioiô, 2024).

A dinâmica cíclica anual, fortemente marcada por chuvas e pelas mudanças nos níveis dos rios, é determinada pelo regime de “seca-enchente-cheia-vazante” e permite o acesso a áreas importantes para agricultura, caça e pesca. O saber acumulado sobre essa sazonalidade orienta os modos de vida das comunidades dessa região (Scaramuzzi, et al., 2023). Ailton Krenak, destaca:

“Nós estamos, devagarzinho, desaparecendo com o mundo que nossos ancestrais cultivaram sem todo esse aparato que hoje consideramos indispensáveis. Os povos que vivem dentro da floresta sentem isso na pele: veem sumir a mata, a abelha, o colibri, as formigas, a flora; veem o ciclo das árvores mudar. Quando alguém sai para caçar tem que andar dias para encontrar uma espécie que antes vivia ali, ao redor da aldeia, compartilhando com os humanos aquele lugar. O mundo ao redor deles está sumindo” (2020, p 98-99).

Integrar tais saberes ao Ensino de Ciências, portanto, configura-se como um exercício de conteúdo cordial, ao reconhecer a complexidade desses saberes, práticos e existenciais.

### 3.2 As constelações das chuvas Palikur-Arukwayene

Antes de apresentar as constelações do povo Palikur-Arukwayene é importante destacar alguns dos seus princípios. Para eles, existem seis chuvas distintas durante *digiswiki/muwokwekri* (estação das chuvas/inverno). Cada uma delas está associada a uma constelação denominada *Muwok Ahawkrivyenevwi* (reis/deuses/avôs das chuvas), pessoas (espíritos invisíveis) que habitam os astros e são muito relevantes para esse povo. Tais entidades desempenham atividades específicas para fazer chover no *Maywaka* (nosso mundo/ mundo terrestre), beneficiando todos os seres vivos por meio de um ciclo sazonal que integra narrativas, saberes

ecossistêmicos e atividades de subsistência, como, em tempos passados, definindo o calendário de festas. As constelações surgem ao amanhecer (nascer heliacal) durante as estações de chuva, sendo o horizonte um ponto de referência fundamental (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).

Conhecer as constelações transcende a identificação de formas geométricas; implica compreender as características de seu movimento ao longo do ano. A lógica de localização estelar deriva da Via Láctea — o "rio celestial" — e de sua relação com o caminho do Sol. Nesse contexto, os solstícios de dezembro e junho são marcos fundamentais, pois representam os momentos em que a trajetória solar atravessa o rio celestial (Green & Green, 2010).

### 3.2.1 A primeira chuva: O Kayeb, a Cobra Grande de Duas Cabeças – de dezembro a janeiro

O aparecimento de *Kayeb* no céu, que antecede o amanhecer, marca o solstício de dezembro. Ele é descrito como uma anaconda, a Cobra Grande De Duas Cabeças, representada com um braço entre elas. Seu corpo compreende a área conhecida na astronomia ocidental como a constelação do Escorpião. De acordo com os sábios Palikur-Arukwayene, *Kayeb* aparece no céu e envia as primeiras chuvas a partir de sua mão, a região conhecida por não indígenas como o Cruzeiro do Sul. A chuva começa a cair pouco a pouco, e depois suas duas cabeças mandam suas chuvas caírem também. Esse período compreende os meses de dezembro a janeiro, até alagar os campos após o período de seca. A estação de *Kayeb* encerra-se em fevereiro, com o surgimento de *Tavara*, ou o Martim-Pescador (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).



**Figura 2** Representação do Kayeb<sup>3</sup>. Fonte: Desenho de David R Green (Green & Green, 2010).

### 3.2.2 A segunda chuva: O Tavara, o Martim-Pescador - fevereiro

*Tavara* é identificado por três estrelas alinhadas que remetem a um martim-pescador em voo (Tarazed, Altair e Alshain, na constelação ocidental de Águia). Ele é representado cercado por pequenos *ikar* (peixes como matupiris ou piabas), simbolizados pelas estrelas circundantes. Narrativas indicam que *Tavara* possui forma humana, mas assume a plumagem de um pássaro gigante em sua época de regência. Criado por *Iwanika* (braço direito do avô dos Palikur-Arukwayene), sua função é dar continuidade ao trabalho de *Kayeb*, garantindo o alagamento dos campos (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).



**Figura 3** Representação do Tavara. Desenho: David R Green.

<sup>3</sup> Os Palikur-Arukwayene, são conhecidos como exímios escultores. As ilustrações presentes no trabalho são representações de esculturas das constelações das chuvas, adaptadas a partir de imagens presentes na obra de Green & Green (2010).

### 3.2.3 A Terceira Chuva: o Wakti, a Casa do Homem Wakti - março

*Wakti* refere-se à casa de um ancestral que ascendeu aos céus a partir de um ponto geográfico no rio Urucaú, conhecido como *Waktewni*. No céu, sua morada é constituída por postes laterais e um central, formação identificada pela astronomia ocidental como o Quadrado de Pégaso. Em março, a constelação surge próxima ao *Warik Nopsad* (o grande rio do céu/Via Láctea), tendo como missão auxiliar *Tavara* na distribuição das chuvas pelo mundo terrestre (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).



**Figura 4** Representação do Wakti. Fonte: Desenho de David R Green (Green & Green, 2010).

### 3.2.4 A Quarta Chuva: Kusuvwi Eggutye, o Irmão Mais Velho - abril

Segundo Ioiô (2024), *Kusuvwi Eggutye*, o irmão mais velho, representa chuvas mais fracas. Um dia, o *Kusuvwi Eggutye* foi autorizado pelo *Iwanika* (braço direito do avô dos Palikur-Arukwayene) a criar *Kusuvwi Butye*, que é seu irmão mais novo, para ajudá-lo na tarefa de espalhar água no *Maywaka* (mundo terrestre/nosso mundo) e levar os espíritos dos animais, dos peixes, dos xamãs, das árvores e outras coisas para as suas funções, uma tarefa muito pesada para ele sozinho. Então, os dois sempre faziam as viagens juntos em seus barcos no *Warik Nopsad* (grande rio do céu/via láctea).

Durante uma dessas viagens se encontraram com uma enorme cobra chamada *Awahwi*, que atacou e engoliu o barco de *Kusuvwi Eggutye*. Quando percebeu o ataque de *Awahwi*, ele gritou para o seu irmão, *Kusuvwi Butye*, pedindo ajuda para embarcar todas as coisas que existiam em seu barco para o do irmão, porque já sabia que não conseguiria sair de lá. Então, seu irmão mais novo fez isso e conseguiu matar a cobra flechando seus olhos, mas mesmo assim o irmão mais velho ficou na barriga da cobra juntamente com o seu barco. Até hoje ele está dentro da barriga da cobra que morreu, mas ainda pode ser vista no céu, pois não apodrece. *Kusuvwi Eggutye* surge no mês de abril, sendo descrito como um pequeno agrupamento estelar similar às Plêiades, que mal se pode ver, por ter sido devorado por *Awahwi* localizada na região de Perseu (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).



**Figura 5** Representação do Kusuvwi Eggutye. Fonte: Desenho de David R Green (Green & Green, 2010).

### 3.2.5 A quinta chuva: O Kusuvwi Butye, o Irmão Mais Novo - maio

O barco do Irmão mais novo, *Kusuvwi Butye*, segue seu irmão várias semanas mais tarde, pilotado pelo homem de uma perna só, muito conhecido na astronomia ameríndia. Seu nome para os Palikur-Arukwayene é *Mahuwkatye* (“Sem-Coxa”) e é associado à região em torno das

três estrelas principais do cinturão de Órion, mais a adaga de Órion, que é sua perna restante. As outras estrelas de Órion são a popa do barco, onde estão os frutos da estação de junho-julho, e *Kusuvwi Butye* é identificado como as Plêiades. O irmão mais novo representa as chuvas mais fortes de todos os outros *Muwok Ahawkrivyenevwi* (reis/ deuses/avôs das chuvas) que existem no *Inugikyene* (mundo dos deuses das chuvas) e pode ser visto com facilidade no mês de maio. Essa estação origina a abundância dos meses que se seguem (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).



**Figura 6** Representação do Kusuvwi Butye. Fonte: Desenho de David R Green (Green & Green, 2010).

Nos meses de junho<sup>4</sup> e julho<sup>5</sup> não há *Muwok Ahawkrivyenevwi* (reis/deuses/avôs das chuvas), mas tem momentos marcantes e importantes para os Palikur-Arukwayene (Ioiô, 2024).

### 3.2.6 A sexta chuva: *Wayam*, o Jabuti - agosto

O *Wayam* (constelação do jabuti/ chuvas do jabuti) pode ser visto sob sua palmeira de tucumã durante a seca. A chuva de *Wayam* é leve e tende a ser acompanhada por estrondos distantes que soam como um jabuti se arrastando lentamente por um caminho. Com muita hesitação, Uwetmin identificou *Wayam* como uma combinação das constelações Vela e Carina. Próximo a ela há duas estrelas que representam *Waratwi* (palmeiras de tucumã), cujos cocos são muito apreciados pelos jabutis. *Wayam* representa a última das constelações que envia chuvas antes do período seco, ele despeja *kamayghawkri* (tempestade) com *kamayvyenevwi* (ventos) e *digihwakaman* (trovoadas) esporadicamente.



**Figura 7** Representação do Wayam. Fonte: Desenho de David R Green (Green & Green, 2010).

Nos meses de setembro<sup>6</sup>, outubro<sup>7</sup> e novembro<sup>8</sup> não tem *Muwok Ahawkrivyenevwi* (reis/ deuses/avôs das chuvas). O Rio do Mundo (Via Láctea) não surgirá no horizonte oriental pela manhã até que *Kayeb* apareça outra vez, ao final de dezembro (Ioiô, 2024; Green & Green, 2010).

<sup>4</sup> Início do período de roçagem de roças.

<sup>5</sup> Início da época de derrubada da roça.

<sup>6</sup> Início da desova de camaleão-fêmea e a água no campo continua diminuindo.

<sup>7</sup> Período da queimada de roça e a época dos ovos de tracajá.

<sup>8</sup> Início do período de cultivo da roça/ plantação.

**Tabela 1:** Constelações das chuvas Palikur-Arukwayene. Fonte: Autoria própria

Língua Parikwaki (Língua Portuguesa)	Área do céu de referência dos não indígenas	Mês do calendário Juliano-gregoriano (nascer heliacal)
<b>Kayeb</b> (A Cobra Grande de Duas Cabeças)	Escorpião/Cruzeiro do Sul	Dezembro/Janeiro
<b>Tavara</b> (O Martim-Pescador)	Águia	Fevereiro
<b>Wakti</b> (A Casa do Homem Wakti)	Pégasus	Março
<b>Kusuvwi Eggutye</b> (O Irmão Mais Velho)	Perseu	Abril
<b>Kusuvwi Butye</b> (O Irmão Mais Novo)	Plêiades/Órion	Maior
<b>Wayam</b> (O Jabuti)	Vela/Carina	Agosto

### 3.3 Aspectos da implementação da proposta

Considerando os aportes teórico-metodológicos, o contexto educacional e o perfil dos estudantes, bem como as etapas formativas que precederam a intervenção, a proposta didática foi composta pelas seguintes atividades:

- **Elaboração de constelações:** criação de figuras a partir de uma região do céu;
- **Exibição de vídeo:** registro sobre a *Kayka Aramtem* (Festa/Dança Palikur-Arukwayene);
- **Leitura dirigida:** textos sobre os saberes do céu Palikur-Arukwayene;
- **Simulação em software:** descrição e identificação das constelações no *Stellarium*;
- **Síntese calendária:** montagem de um calendário das constelações Palikur-Arukwayene;
- **Análise de cenários:** trecho de documentário e leitura de relatos sobre mudanças nos ciclos naturais.

A diversidade de estratégias buscou oferecer aos licenciandos(as) uma pluralidade de recursos para suas futuras práticas docentes. Descrevem-se, a seguir, os aspectos principais de algumas dessas atividades.

Para a sensibilização inicial, cada dupla ou trio de discentes recebeu uma folha representando uma região específica do céu (constelação de Órion) e uma caneta corretiva. Solicitou-se que criassem suas próprias constelações, exercitando a percepção de que o agrupamento de estrelas é uma construção cultural e subjetiva.



**Figura 8** Identificação/criação de constelações.

Após uma apresentação contextual sobre o povo Palikur-Arukwayene, procedeu-se à exibição do vídeo *Kayka Aramtem: saber e tradição de um sábio Arukwayene* (Silva et al., 2018), que retrata manifestações culturais e rituais desse povo.

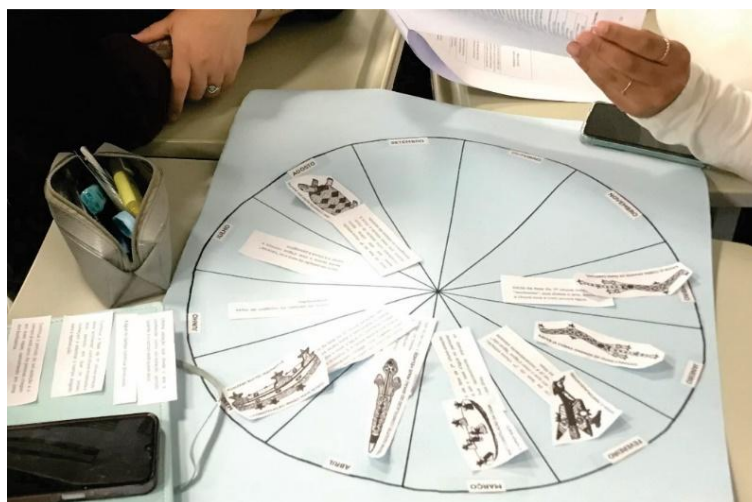
Na sequência, realizou-se a leitura dialogada de trechos adaptados das obras de Ioiô (2024) e Green e Green (2010), acompanhada por projeção em *datashow*. Nesse momento, buscou-se destacar as especificidades de ambas as narrativas, analisando as diferentes formas de apresentação da cosmologia e os enfoques conferidos às informações etnográficas e astronômicas.

A etapa seguinte consistiu na observação e identificação das constelações Palikur-Arukwayene com o auxílio do software *Stellarium*. Esta atividade, conduzida de forma expositiva e dialogada, permitiu aos discentes visualizar o céu sob a perspectiva indígena, integrando o recurso digital à interpretação dos saberes tradicionais.



**Figura 9** Identificação de constelações Palikur-Arukwayene. Fonte: software Stellarium.

Para a montagem do calendário, foram entregues para grupos de 3 a 5 licenciandos(as), uma cartolina com o desenho de um círculo marcando os meses do ano, figuras das constelações Palikur-Arukwayene, recortes com descrições das características dos períodos de chuvas e secas, e ainda, uma versão impressa do calendário (tabela) elaborado por Ioiô (2019; 2024).



**Figura 10** Montagem do calendário.

A última atividade foi a discussão sobre trechos do documentário “*Quentura*” produzido por Mari Corrêa (2018) (minutos de 03:35 a 05:55, e de 24:00 a 26:10) e da leitura individual de um texto do “*Livro dos Marcadores do Tempo: pesquisas indígenas sobre percepções ambientais e mudanças do clima*” (Scaramuzzi, et al., 2023).

Além do áudio gravado durante as aplicações, os discentes responderam a um questionário sobre a vivência da proposta, seus conhecimentos prévios, a importância da lei 11.645/2008 e decolonialidade. A análise sistemática desse material é um desdobramento da investigação.

#### **4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS**

A existência de uma disciplina dedicada às questões étnico-raciais favoreceu a implementação da proposta na formação para a docência. Contudo, reconhecendo que esta não é a realidade de muitos contextos, enfatizou-se na aula a importância de compreender com quais conteúdos curriculares a proposta pode dialogar, justificando sua integração no currículo formal.

A opção por uma pluralidade de vivências e recursos didáticos visou demonstrar a diversidade de abordagens disponíveis. Todavia, esta escolha pode ter limitado o tempo para discussões aprofundadas e reduzido o protagonismo dos estudantes em determinadas etapas. A intervenção iniciou-se com um diagnóstico das vivências prévias de licenciandos(as) sobre saberes indígenas. Observou-se que, para a maioria, o contacto significativo e crítico com esta temática ocorreu apenas no contexto universitário.

Na atividade de elaboração de constelações, o objetivo foi demonstrar, de forma lúdica, que a observação do céu comporta múltiplas interpretações culturais. O agrupamento em duplas ou trios reforçou o caráter sociocultural da construção de significados compartilhados. A tarefa gerou elevado engajamento, resultando em constelações inspiradas no cotidiano brasileiro, como o “cachorro caramelo”, a “pipa” e o “berrante”, além de formas geométricas.

A projeção do vídeo sobre *a Kayka Aramtem* e as informações sobre o povo Palikur-Arukwayene suscitaram reflexões sobre o impacto histórico da atividade missionária em seu

território, a relevância do resgate de tradições interrompidas há décadas e o papel central dos anciãos naquela sociedade.

Relativamente ao material textual, observou-se que, embora sintetizado, o texto didático revelou-se extenso para a dinâmica de aula. Estratégias de leitura mais interativas ou textos ainda mais concisos poderão potencializar os debates futuros.

O uso do software *Stellarium* constituiu um momento formativo relevante, dado que mais de metade da turma desconhecia a ferramenta. No entanto, o tempo limitado impôs uma abordagem mais expositiva; estratégias investigativas de exploração autônoma do software seriam, previsivelmente, mais motivadoras.

A confecção do calendário Palikur-Arukwayene, baseada no modelo de Ioiô (2019; 2024), permitiu integrar questões meteorológicas, fauna, flora e ciclos de subsistência (caça, pesca e plantio) imersos na cosmopercepção indígena. Esta atividade fomentou discussões sobre ecologia e permitiu problematizar a visão simplificada das "quatro estações do ano" presente em manuais didáticos. Um maior tempo pedagógico permitiria a elaboração de calendários mais complexos e esteticamente detalhados, como o calendário em discos dinâmicos propostos por Cardoso (2007) em colaboração com o povo Tukano.

No encerramento, o documentário *Quentura* e a leitura do *Livro dos Marcadores do Tempo* sensibilizaram os estudantes para a ligação entre as mudanças nos ciclos sazonais e a sobrevivência das populações originárias. A discussão foi conduzida cautelosamente para evitar associações simplistas entre **percepções locais e mudanças climáticas globais**, focando, antes, no potencial dos saberes tradicionais para identificar assimetrias socioambientais no cotidiano.

Por fim, a prática considerou a presença de estudantes neurodivergentes, por meio do fornecimento antecipado de materiais e do respeito pela opção de realização individual das tarefas. Este acolhimento favoreceu a participação e a aceitação da proposta pelo grupo.

## 5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

O estudo do calendário do povo Palikur-Arukwayene oferece caminhos férteis para um Ensino de Ciências que valorize a diversidade de saberes construídos sob diferentes cosmopercepções. As formas de marcação do tempo deste povo manifestam a sua espiritualidade e cultura, enriquecendo a compreensão dos fenômenos naturais. O reconhecimento desta profunda conexão entre modos de vida e explicações da natureza é um passo fundamental para a alteridade, princípio central dos **Conteúdos Cordiais**.

A literatura indica que a articulação entre o Ensino de Ciências e os Direitos Humanos depende de variáveis estruturais como tempo pedagógico e liberdade curricular. Esta proposta pretende oferecer um exemplo adaptável a diferentes realidades educacionais. Reconhece-se que nem todos os contextos dispõem de recursos tecnológicos (computadores ou projeção de vídeo); contudo, a adaptação de atividades centrais, como a confecção física do calendário apoiada por uma discussão crítica, já configura uma iniciativa transformadora.

Em suma, a prática demonstrou ser um recurso inovador para a formação inicial de professores, contribuindo para promover a decolonização do currículo e a sensibilização para a justiça social. Como desdobramento futuro, esta investigação prosseguirá com a análise sistemática dos dados coletados e a atualização da proposta com base nos resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

- Alves-Brito, A., & Alho, K. R. (2022). Educação para as relações étnico raciais: um ensaio sobre alteridades subalternizadas nas ciências físicas. *Ensino Pesquisa em Educação e Ciências*. Belo Horizonte. <https://doi.org/10.1590/1983-2117202240122>
- Burke, P. (2016). *O que é História do Conhecimento?* São Paulo: Editora Unesp.
- Burke, P. (2008). *O que é História Cultural?* Trad. Sérgio Goes de Paula. Rio de Janeiro: Zahar.
- Brasil. (2003). *Lei no 10.639, de 9 de janeiro de 2003*. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília.
- Brasil. (2008). *Lei 11.645, de 10 de março de 2008*. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília.
- Candau, V. M., Paulo, I., Andrade, M., Lucinda, M. C., Sacavino, S. B., & Amorim, V. (2013). *Educação em direitos humanos e formação de professores(as)*. São Paulo: Cortez.
- Cardoso, W. T. (2007). *O céu dos Tukano na escola Yupuri: construindo um calendário dinâmico*. 2007. 390 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- Cardoso, W. T. (2023). Fontes históricas e constelações astronômicas no noroeste da Amazônia. In. *Astronomia Cultural na América Latina*. 153-184.
- Carvalho, A. M. P. (2006). Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In F. Santos, & I. M. Greca (Orgs.), *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Unijuí: Ed. Unijuí, p.13-48.
- Corrêa, M. (2018). Quentura. Youtube, 18 de julho de 2022. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=a667wMgdq\\_M&t=650s](https://www.youtube.com/watch?v=a667wMgdq_M&t=650s)
- Cortina, A. (2007). *Ética de la Razón Cordial. Educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Ediciones Nobel.
- D'Ambrosio, U. (2018). Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade. *Estudos Avançados*, 32(94): 189-204.
- Gonzaga, A. (2023). *Decolonialismo indígena*. São Paulo: Matrioska.
- Green, L., & Green, D. (2010). The rain stars, the world's river, the horizon and the Sun's path: astronomy along the Rio Urukauá, Amapá, Brazil. *Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*. San Antonio, v. 8, n. 2, art. 3.
- Guerra, A., Moura, C., & Gurgel, I. (2020). Sobre Educação em Ciências, Rupturas e Futuros (Im)possíveis. *Cad. Bras. de Ens. Fís*, 37 (3): 1010-1019. DOI:[10.5007/2175-7941.2020v37n3p1010](https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1010)
- loiô, A. G. (2019). O calendário do povo Palikur-Arukwayene. *Tellus*, Campo Grande, MS, ano 19, n.38, p.417-427.
- loiô, A. G. (2024). *Kayka Aramtem: entre os Palikur-Arukwayene*. São Paulo: INM Editora.
- Jacupé, K. W. (2024). *Tekoá: Uma arte milenar indígena para o bem-viver*. Rio de Janeiro: BestSeller, 176p.
- Kopenawa, D., & Albert, B. (2015). *A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami*. Companhia das Letras.
- Krenak, A. (2020). *A vida não é útil*. São Paulo: Companhia das Letras, 126p.
- Krenak, A. (2019). *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 85p.
- Oliveira, R. D. V. L. (2017). *A formação de professores de ciências em uma perspectiva de educação em direitos humanos*. (Tese de Doutorado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro. 371p.10.639/2003 e
- Oliveira, R. D. V. L., & Queiroz, G. R. P. C. (2016). Professores de Ciência como Agentes Socioculturais e Políticos: A Articulação Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais. *Revista Debates em Ensino de Química*, 2(2), 14-31.
- Oliveira, R. D. V. L., Queiroz, G. R. P. C., Souza Jr, E. V., Cruz, E. S., & Lopes, J. B. (2025). Articulação da investigação-prática sobre os conteúdos cordiais na educação em ciências dez anos trilhando caminhos para formar professores como agentes socioculturais. *APeDuC Revista/ APeDuC Journal*. 6(2),221-251. <https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.652>

- Oliveira, Z. V., & Alvim, M. (2020). História das Ciências e da Matemática, Educação Problematizadora e Epistemologias do Sul: para se pensar um ensino de ciências e de matemática. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 3, p. 554-581. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i2.10669>
- Queiroz, G., Catarino, G. F., & Barbosa-Lima, M. C. (2024). Diálogos entre a astrofísica oficial e os conhecimentos dos Yanomami e de outras culturas: o que há de comum é casual? *Investigações em Ensino de Ciências*. (online), 29: 187-200. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p187>
- Santos, A. G., Queiroz, G. R. P. Q., & Oliveira, R. D. V. L. (2021). *Conteúdos Cordiais de Física: Física Humanizada para uma Escola sem Mordaça*. Livraria da Física.
- Santos, D. J. S. (2022). *Confluências historiográficas das ciências no contexto escolar pós-moderno: em busca de um senso de pertencimento histórico-cultural em adolescentes por meio de uma narrativa sobre a astronomia Tupinambá nos seiscentos*. Dissertação. Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Unifesp.
- Scaramuzzi, I., Lewkowicz, R., Mazurek, R., & Benvegnú, V. (2023). *Livro dos marcadores do tempo: pesquisas indígenas sobre percepções ambientais e mudanças do clima*. - São Paulo, SP: Iepé - Instituto de Pesquisa e Formação Indígena.
- Silva, E., B., Almeida, C., S., Ioiô, A. G., & Batista, R., E., C. (2018) *Kayka Aramtem: saber e tradição de um sábio Arukwayene*. Youtube, 14 de julho de 2025. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KkDMpHKj4wg>
- Shulman, L. S. (1987). *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*. Harvard Educational Review, 57(1), 1–22.
- Soares, L. M., Valadares, J. M.; Cardoso, W. C. Astronomia nas culturas: uma formação baseada na educação de Paulo Freire. In: M. S. Villagómez, G. Salinas, S. Granda, G. Czarny, & C. Navia (Orgs.), *Repensando pedagogías y prácticas interculturales en las Américas*. Quito-Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2021. p. 203-232.
- Souza Jr., E. V. (2025). *A educação em direitos humanos e ensino médio integrado: os entrelaces que envolvem o ensino de química e os conteúdos cordiais*. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Pró reitoria de Pós-graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Teixeira, P., Oliveira, R., & Queiroz, G. (2019). *Conteúdos cordiais: biologia humanizada para uma escola sem mordaça*. 1. ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Vidal, L. B., Levinho, J. C., & Grupioni, L. D. B. (2016). *A presença do invisível: vida cotidiana e ritual entre os povos indígenas do Oiapoque*. Rio de Janeiro: Iepé: Museu do Índio, p. 197-199.
- Walsh, C. L. (2013). O pedagógico y lo decolonial. Entretejiendo caminos. In C. Walsh (Ed.), *Pedagogias decoloniales. Prácticas insurgentes de resistir, (re) existir y (re) vivir*. TOMO I. (pp. 23-68). Quito, Equador: Abya Yala.

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ROBÓTICA EDUCATIVA NO CONTEXTO DO PERFIL  
DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA EM PORTUGAL**

INQUIRY-BASED LEARNING AND EDUCATIONAL ROBOTICS IN THE CONTEXT OF THE PROFILE OF  
STUDENTS AT THE END OF COMPULSORY SCHOOLING IN PORTUGAL

ENSEÑANZA BASADA EN LA INVESTIGACIÓN Y ROBÓTICA EDUCATIVA EN EL CONTEXTO DEL  
PERFIL DE LOS ESTUDIANTES AL FINAL DE LA ESCOLARIDAD OBLIGATORIA EN PORTUGAL

**Patrick Rodrigues<sup>1,2</sup>, Thais Calado Reis<sup>3</sup>, Daniela Filipa Ferreira<sup>4</sup>, Mario Reis<sup>5</sup> & Paulo Menezes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Brasil

<sup>3</sup>Instituto de Emprego e Formação Profissional de Portugal (IEFP), Portugal

<sup>4</sup>Agrupamento de escolas de Ílhavo, Portugal

<sup>5</sup>Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
paulo.menezes@ufjf.br

**RESUMO** | As atividades investigativas e a robótica educativa têm sido amplamente apontadas como estratégias promotoras da compreensão conceptual e do desenvolvimento de competências científicas. No entanto, permanece pouco explorada a sua articulação com referenciais curriculares nacionais, como o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO). Este estudo analisa o potencial do ensino por investigação, combinado com a robótica educativa, para promover competências alinhadas com esse referencial. Foram implementadas oito oficinas de programação e robótica com seis alunos do 10.º ano, organizadas segundo uma sequência de ensino investigativa. Os dados foram recolhidos através de questionários (inicial e final) e relatórios dos alunos e da tutora, sendo analisados por meio de análise de conteúdo. Os resultados sugerem o desenvolvimento de competências como resolução de problemas, trabalho colaborativo e pensamento crítico, sugerindo o potencial desta abordagem como estratégia pedagógica alinhada com o PASEO.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atividades investigativas, Educação em ciências, Competências, Programação, PASEO.

**ABSTRACT** | Investigative activities and educational robotics have been widely highlighted as strategies that promote conceptual understanding and the development of scientific competencies. However, their articulation with national curricular frameworks, such as the Profile of Students Leaving Compulsory Schooling (PASEO), remains underexplored. This study analyses the potential of inquiry-based teaching, combined with educational robotics, to foster competencies aligned with this framework. Eight programming and robotics workshops were implemented with six 10th-grade students, structured according to an inquiry-based learning sequence. Data were collected through pre- and post-questionnaires, as well as reports produced by students and the tutor, and analyzed using content analysis techniques. The results indicate the development of competencies such as problem-solving, collaborative work, and critical thinking, suggesting the potential of this approach as a pedagogical strategy aligned with the PASEO.

**KEYWORDS:** Inquiry-based activities, Science education, Competencies, Programming, PASEO.

**RESUMEN** | Las actividades investigativas y la robótica educativa han sido ampliamente señaladas como estrategias que favorecen la comprensión conceptual y el desarrollo de competencias científicas. Sin embargo, su articulación con marcos curriculares nacionales, como el Perfil de los Alumnos al Final de la Escolaridad Obligatoria (PASEO), sigue siendo poco explorada. Este estudio analiza el potencial de la enseñanza basada en la investigación, combinada con la robótica educativa, para promover competencias alineadas con dicho referente. Se implementaron ocho talleres de programación y robótica con seis estudiantes de 10.º grado, organizados según una secuencia de enseñanza investigativa. Los datos fueron recogidos mediante cuestionarios (inicial y final) y a través de informes elaborados por los estudiantes y la tutora, y analizados mediante técnicas de análisis de contenido. Los resultados evidencian el desarrollo de competencias como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico, lo que sugiere el potencial de este enfoque como estrategia pedagógica alineada con el PASEO.

**PALABRAS CLAVE:** Actividades investigativas, Educación científica, Competencias, Programación, PASEO.

## 1. INTRODUÇÃO

Vivemos um período de acelerado desenvolvimento das tecnologias da informação e da comunicação, no qual o conhecimento científico e tecnológico evolui a um ritmo intenso, impondo desafios aos sistemas educativos. Neste contexto, torna-se necessário reformular estratégias pedagógicas que assegurem aprendizagens fundamentais para crianças e jovens do século XXI.

O documento curricular “Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória” (PASEO), atualmente em vigor no sistema de ensino português (Direção-Geral da Educação [DGE], 2017), apresenta uma matriz comum que reúne princípios, valores e competências a desenvolver, entre as quais se destacam o “Raciocínio e Resolução de Problemas” e o “Saber Científico, Técnico e Tecnológico”, assumidas como competências transversais ao currículo.

No âmbito da educação em ciências, o ensino por investigação (Sasseron, 2015) tem-se afirmado como uma estratégia metodológica relevante para a promoção destas e de outras competências essenciais a uma educação científica crítica e problematizadora. No campo das tecnologias em educação, a robótica educativa tem vindo a ganhar espaço no contexto escolar, funcionando como elemento impulsionador da cultura maker (Milne, 2014) e do movimento Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics (STEAM). Estas abordagens visam preparar os alunos para os desafios contemporâneos, exigindo flexibilidade, proatividade e domínio de múltiplas competências (Lopes et al., 2025; Rocha, 2008).

Estudos de síntese indicam que intervenções com robótica educativa tendem a mobilizar competências associadas ao século XXI — como colaboração, comunicação e resolução de problemas —, oferecendo um enquadramento empírico para a sua articulação com o desenvolvimento de competências previstas no PASEO (Bano et al., 2024).

Além disso, a robótica tem sido discutida como estratégia integradora em abordagens STEM/STEAM, podendo assumir diferentes modelos de ensino em função dos objetivos de aprendizagem e do grau de abertura das tarefas propostas (Zhong et al., 2022). A consolidação da robótica educativa na literatura recente reforça o seu potencial para apoiar práticas pedagógicas ativas e orientadas para a resolução de problemas (Uslu et al., 2023).

Apesar do aumento de estudos que evidenciam o potencial da robótica educativa e do ensino por investigação no desenvolvimento de competências do século XXI, persiste uma lacuna na análise da sua articulação com referenciais curriculares específicos, como o PASEO. Em particular, são escassas as investigações empíricas que exploram o modo como estas abordagens contribuem para o desenvolvimento das competências definidas nos normativos curriculares.

Neste estudo, investigou-se se a associação entre ensino por investigação e robótica educativa pode constituir um recurso pedagógico capaz de promover o desenvolvimento das competências previstas no PASEO. Para tal, foram organizadas e implementadas atividades de ensino por investigação com recurso à programação e à robótica, dirigidas a alunos do 10.º ano de uma escola pública de Aveiro, em Portugal. Parte-se da suposição de que a robótica educativa, integrada numa abordagem investigativa, pode configurar-se como uma estratégia promissora para a criação de ambientes de aprendizagem centrados no diálogo, na formulação de hipóteses e na interdisciplinaridade, promovendo competências alinhadas com o PASEO.

A questão de investigação que orientou o estudo foi: o ensino por investigação associado à robótica educativa pode contribuir para a aquisição das competências previstas no PASEO? Para responder a esta questão, foram definidos três objetivos específicos:

1. Desenvolver e testar estratégias didáticas que combinem o ensino por investigação com a robótica educativa, promovendo um ambiente de aprendizagem interdisciplinar e alinhado com as competências do PASEO.
2. Aplicar as estratégias didáticas desenvolvidas e avaliar os resultados obtidos à luz das orientações e recomendações do PASEO, analisando a adequação das práticas pedagógicas e o seu potencial para fomentar o desenvolvimento das competências pretendidas.
3. Discutir os resultados obtidos, refletindo sobre os impactos das estratégias implementadas e procurando compreender em que medida o ensino por investigação, associado à robótica educativa, pode constituir um recurso relevante para a promoção das competências delineadas no currículo da escolaridade obrigatória em Portugal.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO**

Segundo Freire (2019), a educação problematizadora assenta no diálogo e na participação ativa de educadores e educandos na construção do conhecimento, promovendo uma aprendizagem crítica, reflexiva e participativa. Para concretizar este princípio, é fundamental que o docente privilegie metodologias ativas que favoreçam o diálogo, a reflexão e o pensamento crítico, destacando-se o ensino por investigação.

O ensino por investigação centra-se na participação dos estudantes na construção do conhecimento, promovendo a formulação de hipóteses, a análise de dados e a construção de explicações, sob orientação do professor (Sasseron, 2015; Carvalho, 2013; Strat et al., 2024). Esta abordagem articula-se com a robótica educativa, que possibilita a resolução de problemas em contextos interdisciplinares (Azevêdo et al., 2017), favorecendo o desenvolvimento de competências como trabalho colaborativo, pensamento crítico e autonomia (Santos, 2010; Santos et al., 2013; Moraes Garcia & Soares, 2018). Neste enquadramento, o professor assume o papel de mediador, sendo a robótica educativa um recurso que, pelo seu carácter visual, sensorial e interdisciplinar, se afirma como ferramenta relevante para a integração de práticas investigativas.

No plano metodológico, o ensino por investigação pode ser operacionalizado através de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), organizada em três etapas: problematização, sistematização e contextualização. Estas etapas envolvem a formulação de hipóteses, a experimentação e a interpretação dos resultados, promovendo a articulação entre o conhecimento científico e o quotidiano dos alunos (Carvalho, 2013).

Nos últimos anos, a robótica educativa tem-se consolidado como um recurso pedagógico relevante, envolvendo os estudantes em atividades práticas de construção e programação de artefactos (Papert, 1980). Esta abordagem facilita a compreensão de conceitos abstratos, promovendo aprendizagens mais significativas através da experimentação (Resnick, 2017), e contribui para o desenvolvimento do pensamento computacional, entendido como uma competência essencial no século XXI (Wing, 2006).

Para além disso, a natureza colaborativa das atividades de robótica favorece o desenvolvimento de competências socioemocionais, como trabalho em equipa, comunicação e resiliência. Revisões recentes reforçam a diversidade de estratégias pedagógicas e práticas de avaliação neste domínio, sublinhando a pertinência de propostas baseadas em projetos e desafios (Rao & Bhagat, 2024).

A robótica educativa assume ainda um papel integrador, ao promover a articulação entre diferentes áreas do conhecimento e favorecer a contextualização dos conteúdos (Valente, 2016). Neste sentido, espera-se que os estudantes desenvolvam uma postura crítica e participativa, capazes de aplicar os conhecimentos em diferentes contextos (Figueiredo, 2022).

Neste trabalho, supõe-se que oficinas de robótica educativa podem ser organizadas segundo uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI). Para exemplificar, considerou-se uma atividade centrada no uso de sensores para orientar o movimento de um robô, estruturada nas seguintes etapas:

**Problematização:** apresentação de um desafio — por exemplo, como fazer o robô desviar-se de um obstáculo — incentivando os alunos à formulação de hipóteses sobre possíveis soluções, quer ao nível da programação, quer na seleção dos componentes.

**Sistematização:** desenvolvimento de estratégias em grupo, com experimentação e ajuste de soluções, envolvendo a programação e a configuração dos kits de robótica, com mediação do professor sempre que necessário.

**Contextualização:** reflexão sobre as soluções encontradas e sua aplicação em contextos do quotidiano, como sistemas automatizados ou veículos autónomos, promovendo a transferência do conhecimento.

Conforme Carvalho (2018), estas etapas não seguem uma única abordagem; a mediação do professor deve assegurar flexibilidade metodológica, permitindo que os alunos construam o conhecimento de forma diferenciada.

### 3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

As competências definidas no PASEO implicam adaptações na prática docente, bem como a adoção de alternativas didáticas que permitam adequar a ação educativa às exigências do perfil de competências dos alunos (DGE, 2017). Neste contexto, o presente trabalho procurou alinhar as atividades propostas com os objetivos definidos nesse referencial. Para tal, foram consideradas oito áreas de competências, apresentadas na Tabela 1, as quais integram um conjunto de conhecimentos, capacidades e atitudes a desenvolver pelos estudantes ao longo da escolaridade obrigatória. Importa referir que as áreas de competências Sensibilidade estética e artística e Consciência e domínio do corpo não foram contempladas nesta proposta.

**Tabela 1 – Áreas de competência e descritores operativos do PASEO considerados no trabalho**

Áreas de Competências	Resumo dos descritores operativos do PASEO
<b>Linguagens e textos (A)</b>	Uso da linguagem verbal e não verbal para expressar ideias em várias áreas e criar diferentes tipos de produtos.
<b>Informação e comunicação (B)</b>	Pesquisar em diferentes fontes, avaliar e validar as informações, compartilhar conceitos em grupos e apresentar ideias e projetos para público presencial ou virtual.
<b>Raciocínio e resolução de problemas (C)</b>	Formular questões de pesquisa e definir estratégias para investigá-las e respondê-las. Generalizar as descobertas e criar modelos para representar situações reais ou hipotéticas.
<b>Pensamento crítico e pensamento criativo (D)</b>	Observar, analisar e debater usando evidências para embasar suas opiniões; conceituar e testar a viabilidade das ideias.
<b>Relacionamento interpessoal (E)</b>	Trabalhar em conjunto e valorizar diferentes pontos de vista. Considerar diferentes perspectivas, construir consensos e resolver problemas de forma pacífica.
<b>Desenvolvimento pessoal e autonomia (F)</b>	Criar, aplicar e avaliar estratégias independentes para alcançar seus objetivos de forma eficaz.
<b>Bem-estar, saúde e ambiente (G)</b>	Perceber o quanto as próprias ações podem impactar sua saúde, bem-estar e o meio ambiente.
<b>Saber científico, técnico e tecnológico (I)</b>	Compreender processos científicos e tecnológicos; utilizar materiais e equipamentos tecnológicos, questionar, buscar informações e aplicar conhecimentos para tomar decisões informadas.

*Nota.* Conteúdo adaptado de Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (DGE, 2017).

Do ponto de vista metodológico, privilegiou-se o ensino por investigação, recorrendo a atividades investigativas com grau 3 de liberdade intelectual. Neste nível, o professor propõe o problema e orienta a discussão das hipóteses, enquanto os alunos assumem um papel ativo na definição e execução das estratégias de resolução, sob supervisão docente (Carvalho, 2018). Assim, as oficinas foram estruturadas segundo uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), utilizando kits de robótica como recurso tecnológico.

### **3.1 Contexto, organização e aplicação das oficinas de robótica**

As oficinas foram realizadas com seis alunos do 10.º ano numa escola pública de Aveiro. A seleção dos participantes foi efetuada pela professora responsável pela disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), tendo por base a disponibilidade, o entusiasmo pela disciplina e o interesse em participar voluntariamente. As oficinas decorreram presencialmente, sob orientação de uma tutora, em sessões semanais de 50 minutos, totalizando oito encontros entre março e junho de 2022. O período de aplicação das oficinas foi prorrogado por duas semanas devido a eventualidades, como o aniversário da escola e a ausência de alunos por motivo de exames.

Os alunos foram organizados em dois grupos de três, cada um com kits de robótica e dois tablets. As oficinas seguiram a metodologia SEI, dividida em três etapas: problematização, sistematização e contextualização. Cada oficina abordou temas específicos relacionados com

problemas do cotidiano dos alunos, visando uma aprendizagem contextualizada e significativa. A Tabela 2 apresenta a organização das atividades.

**Tabela 2 – Organização das oficinas**

<b>Atividade</b>	<b>Sequência de ensino investigativa (SEI)</b>	<b>Relação com as áreas de competência do PASEO</b>
<b>Apresentação das atividades e início de movimentos com o mRanger (50 min.)</b>	Distribuição do material	Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G) Pensamento crítico e pensamento criativo (D)
<b>Utilização de Leds e cores (50 min)</b>	Proposição do problema. Levantamento de hipóteses. Resolução do problema. Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>1ª sessão de Movimentos com o mRanger (50 min)</b>	Proposição do problema. Levantamento de hipóteses. Resolução do problema.	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>2ª sessão de movimentos com o mRanger (50 min)</b>	Levantamento de hipóteses. Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>3ª sessão de movimentos com o mRanger (50 min)</b>	Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento.	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>Preparação pelos alunos da apresentação final (50 min)</b>	Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>Apresentação final (50 min)</b>	Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento.	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)
<b>Encerramento (50 min)</b>	Resolução do problema. Levantamento de hipóteses. Sistematização do conhecimento. Contextualização do conhecimento.	Saber científico, técnico e tecnológico (I) Raciocínio e resolução de problemas (C) Linguagens e textos (A) Informação e Comunicação (B) Bem-estar, saúde e ambiente (G)

O planeamento das oficinas baseou-se na experiência dos autores em atividades similares (Rodrigues, 2021), adaptadas ao contexto do estudo e articuladas com os princípios do ensino por investigação. Os kits utilizados (Makeblock mBot Ranger) incluem diferentes componentes e sensores que permitem explorar conceitos de programação e automação.

A programação em Scratch foi utilizada através de blocos visuais, facilitando a compreensão dos conceitos por parte dos alunos. O cronograma das atividades, apresentado na Tabela 3, foi delineado de forma a garantir a integração entre teoria e prática, promovendo uma abordagem interdisciplinar e colaborativa.

**Tabela 3 – Planeamento das atividades**

<b>Atividade</b>	<b>Planeamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Apresentação das atividades e início de movimentos com o mRanger (50 min)</b>	Preenchimento pelos alunos do 1º questionário. Introduzir o curso de robótica.	Apresentação de seminário, com material expositivo. Scratch: Iniciação à lógica de programação por blocos. Apresentação da interface Roblox. Pré-requisito: Interface Scratch.	Expor as informações básicas primordiais sobre as atividades que serão realizadas. Realizar o primeiro contato com a linguagem de programação e hardware a ser utilizado. Compreender a conexão entre a robótica e o cotidiano.
<b>Utilização de Leds e cores (50 min)</b>	Simular um semáforo de trânsito.	Programação por blocos utilizando scratch e hardware mRanger. Pré-requisito: Lógica de programação em blocos. Introdução com hardware mRanger.	Iniciação à lógica de programação por blocos e controle de LEDs. Relacionar o conteúdo a ser visto com uma situação do cotidiano.
<b>1ª sessão de Movimentos com o mRanger (50 min)</b>	Explorar movimentos em diferentes direções.	Programação por blocos utilizando scratch e hardware Robobloq. Pré-requisito: Lógica de programação em blocos; Introdução com hardware mRanger.	Explorar os comandos de movimento através da programação em blocos.
<b>2ª sessão de movimentos com o mRanger (50 min.)</b>	Simular um quadrado imaginário.	Utilização do scratch e hardware Robobloq. Programação por blocos utilizando scratch.	Consolidar os conceitos de lógica de programação por blocos através de uma situação-problema (quadrado imaginário).
<b>3ª sessão de movimentos com o mRanger (50 min.)</b>	Simular um quadrado imaginário.	Utilização do scratch e hardware Robobloq. Programação por blocos utilizando scratch.	Consolidar os conceitos de lógica de programação por blocos através de uma situação-problema (quadrado imaginário).

<b>Atividade</b>	<b>Planeamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Objetivos</b>
	Unir utilização de Leds, cores e movimentos.		imaginário).
<b>Preparação pelos alunos da apresentação final (50 min.)</b>	Criar, em conjunto uma apresentação	Discussão sobre os temas e a forma de apresentação;  Criação da apresentação eletrónica colaborativamente.  Pré-definição e preparação dos blocos de código na plataforma Scratch.	Sistematizar os conhecimentos adquiridos.  Trabalhar em equipe na organização de uma apresentação sobre robótica.  Consolidar os conceitos de lógica de programação por blocos.
<b>Apresentação final (50 min.)</b>	Preparar o espaço físico e os materiais de apoio.  Realizar a apresentação final.  Demonstração de movimentos com os kits de robótica.	Testar os recursos (kit de robótica e computadores).  Apresentação pelos alunos do conceito de robótica e programação;  Apresentar os conhecimentos básicos de programação por blocos e movimentos com os kits de robótica.	Compartilhar com os demais colegas de sala os conhecimentos adquiridos nas oficinas.
<b>Encerramento (50 min.)</b>	Preenchimento do questionário final e autoavaliação.	Distribuição dos questionários em formato digital.	Avaliar de maneira crítica a participação das oficinas  Fomentar um momento para debate e feedback acerca do que foi desenvolvido no período de atividades

#### **4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS**

A avaliação da implementação da prática baseou-se na análise dos relatórios diários elaborados pela tutora e pelos alunos, bem como dos questionários aplicados no início e no final das atividades. O tratamento dos dados seguiu as etapas propostas por Bardin (1977): (i) pré-análise, com leitura flutuante do material recolhido; (ii) exploração do material, através da codificação das unidades de registo e organização em categorias; e (iii) tratamento e interpretação dos resultados. Para assegurar a consistência da análise, procedeu-se à triangulação entre os dados provenientes dos questionários, os registos da tutora e os relatórios produzidos pelos alunos.

O questionário inicial aplicado aos alunos encontrava-se organizado em dois grupos de questões. O primeiro grupo incluía perguntas objetivas destinadas ao levantamento do perfil dos participantes, nomeadamente idade, áreas de interesse e motivação para o estudo. O segundo grupo incidia sobre a integração das tecnologias no ensino, sendo composto por duas questões: “Você acredita que o uso de tecnologias pode tornar as aulas mais interessantes?” e “Você acredita que a oficina de robótica poderá ajudá-lo(a) a compreender os conteúdos de STEAM?”.

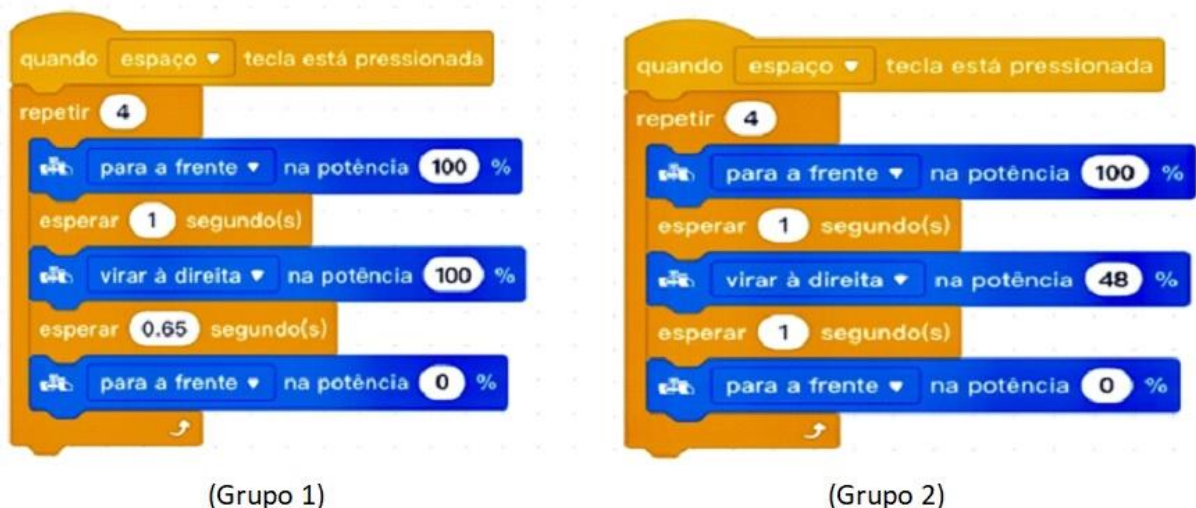
No questionário final, manteve-se a primeira questão, tendo a segunda sido reformulada para: “Durante a sua participação nesta atividade, você sentiu diferença na compreensão dos conteúdos das aulas de STEAM?”. Esta organização procurou recolher, por um lado, informações de caracterização dos participantes e, por outro, indícios sobre as suas percepções relativamente ao potencial pedagógico da oficina.

Os relatórios preenchidos pela tutora estavam orientados por três questões principais: (i) as atividades foram realizadas no tempo previsto?; (ii) os alunos revelaram dificuldades ou formularam perguntas? Quais?; e (iii) outros comentários e observações pertinentes. Já os relatórios elaborados pelos alunos apresentavam um formato mais aberto, permitindo que cada grupo registasse a atividade realizada, os procedimentos adotados, as dificuldades encontradas e as aprendizagens desenvolvidas. Esta diferença entre os dois instrumentos permitiu recolher, de forma complementar, tanto a perspectiva de acompanhamento pedagógico da tutora como a percepção dos próprios alunos acerca do processo vivido.

A partir da análise cruzada destes materiais, emergiram indutivamente três categorias principais: (i) o erro como elemento de aprendizagem; (ii) a interdisciplinaridade como elemento mediador da investigação; e (iii) as conexões entre a proposta metodológica e as competências previstas no PASEO. A primeira categoria inclui episódios em que situações inesperadas ou resultados não previstos originaram impasses, posteriormente interpretados como oportunidades de aprendizagem. A segunda reúne situações em que a resolução dos problemas exigiu a articulação entre diferentes áreas do conhecimento. A terceira corresponde aos momentos em que as atividades evidenciaram o potencial da proposta para favorecer o desenvolvimento de competências contempladas no referencial curricular em análise.

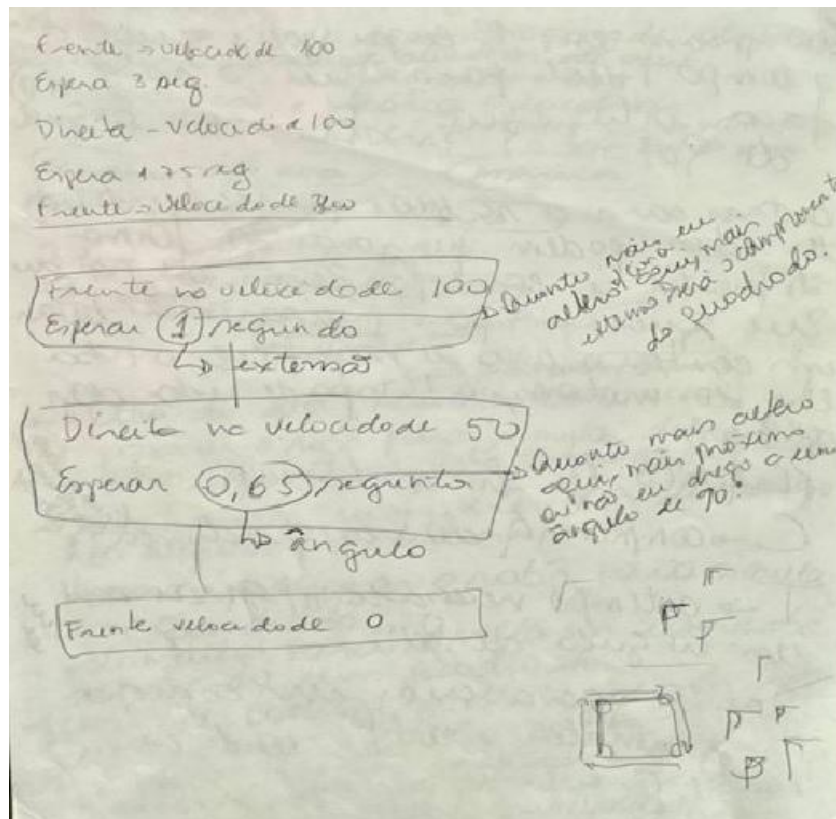
#### 4.1 O erro como elemento de aprendizagem

A atividade 4 (ver Tabela 3) trouxe algum “desconforto” aos estudantes, desafiados a formar um quadrado imaginário com o robô. O movimento não correspondia ao esperado, quer por não se obter o ângulo de 90°, quer por desvios no percurso, gerando impasses. A Figura 1 apresenta os códigos de programação desenvolvidos pelos grupos.



**Figura 1** Códigos de programação criados pelos grupos 1 e 2 para fazer o robô se mover em um quadrado imaginário

Um dos objetivos do ensino por investigação consiste em promover a autonomia dos alunos, incentivando-os a tomar decisões a partir de tentativas e erro. Neste contexto, a tutora interpretou a situação como uma oportunidade de aprendizagem, conduzindo a discussão para além da programação propriamente dita e explorando outros fatores que interferem no comportamento do robô, como o tempo, a velocidade, o tipo de superfície ou o estado dos componentes. Para apoiar este processo, elaborou o esquema apresentado na Figura 2.



**Figura 2** Esquema elaborado pela tutora para ilustrar alguns parâmetros que interferem no movimento do robô

Após a mediação, os alunos passaram a refletir sobre as possíveis causas do problema, formulando hipóteses que orientaram novas tentativas:

Aluno 1: “Precisamos saber qual a velocidade ideal”.

Aluno 3: “Tem a ver com o tipo de piso”

Aluno 4: “Vamos sair do chão e testar em cima da mesa”

Aluno 3: “Vamos testar na entrada da escola. O piso é diferente”.

Aluno 1: “Acho que as pilhas estão fracas”.

Aluno 4: “Tem um parafuso folgado. Será que é isso? Acho que o robô não é perfeito. Ele também falha”.

Estas intervenções evidenciam um processo gradual de construção do conhecimento, no qual os alunos ampliam o seu foco de análise, considerando variáveis inicialmente não previstas. Perante essas indagações, a tutora propôs a realização de novas atividades, incentivando os alunos a revisitar os seus conhecimentos e a testar diferentes soluções. Ficou acordado que, no

encontro seguinte, seria realizada uma corrida de robôs, sendo também sugerida a realização de uma pesquisa sobre cidades inteligentes e veículos autônomos, com o objetivo de contextualizar as limitações observadas.

A sessão seguinte integrou momentos de consolidação conceitual, experimentação prática e apresentação dos resultados da pesquisa. A Figura 3 ilustra as soluções propostas pelos grupos.



Código do Grupo 1

Código do Grupo 2

**Figura 3** Códigos de programação apresentados pelos grupos 1 e 2 para a corrida de robôs

A análise destas atividades — incluindo a simulação do quadrado e a corrida de robôs — evidenciou que o erro, embora inicialmente associado a desconforto, se revelou um elemento estruturante do processo de aprendizagem (Carvalho, 2013). Ao problematizar os insucessos, a tutora promoveu um espaço de diálogo que permitiu aprofundar a compreensão dos conteúdos e explorar aspectos relacionados com o funcionamento dos robôs. Paralelamente, emergiram reflexões sobre situações do cotidiano, como as limitações e a evolução das tecnologias.

Neste sentido, o desconforto associado ao erro pode ser interpretado como resultado da transição de uma lógica de resolução de problemas fechados — nos quais os alunos tendem a procurar respostas únicas — para situações abertas, que exigem a formulação e validação de múltiplas estratégias. Este processo revelou-se fundamental para o desenvolvimento de competências investigativas, ao estimular a problematização, a argumentação e a construção autônoma do conhecimento.

#### **4.2 A interdisciplinaridade como elemento mediador da investigação**

Outro aspeto que emergiu da análise dos relatórios foi a interdisciplinaridade enquanto elemento mediador da investigação. Azevêdo et al. (2017, pp. 2–3) caracterizam a robótica educativa como um “leque de opções interdisciplinares”, por constituir uma ferramenta aplicável a diversas áreas do conhecimento, como engenharia, física, matemática e linguagens. Segundo os autores, esta abordagem promove metodologias dinâmicas que favorecem o trabalho

colaborativo, permitindo que os alunos se expressem, questionem e discutam soluções, mobilizando o pensamento crítico e a pluralidade de estratégias na resolução de problemas.

Na associação entre o ensino por investigação e a robótica educativa, verificou-se, ao longo das oficinas, uma integração efetiva de conhecimentos provenientes de diferentes áreas. Esta articulação contribuiu para diversificar os saberes mobilizados pelos alunos, potenciando uma aprendizagem mais abrangente e significativa. A análise dos relatórios da tutora e dos estudantes permitiu identificar a mobilização de conteúdos de tecnologia, matemática, ciências e ciências sociais, bem como o desenvolvimento de competências de comunicação, evidenciando o carácter interdisciplinar da proposta.

De forma mais concreta, a construção e programação dos robôs envolveram conhecimentos tecnológicos e de engenharia, enquanto a execução das atividades exigiu a aplicação de conceitos matemáticos, como cálculo de distâncias, ângulos e simulação de figuras geométricas. Paralelamente, os alunos foram introduzidos a conteúdos de ciências, explorando conceitos relacionados com velocidade e força. A pesquisa sobre cidades inteligentes e veículos autónomos possibilitou ainda a reflexão sobre questões sociais, éticas e ambientais associadas ao uso da tecnologia. No plano comunicativo, destacou-se a organização de um workshop e a apresentação final das atividades, exigindo capacidades de síntese, organização e expressão oral. A Figura 4 ilustra momentos das apresentações dos alunos para professores e colegas.



(a) Aluno programando o robô



(b) Momento da apresentação

**Figura 4** Momentos da apresentação do workshop para os alunos mais novos

A análise da atividade do quadrado imaginário também evidencia elementos que podem ser associados à interdisciplinaridade. Entre os possíveis fatores que levaram o movimento do robô a não ocorrer conforme o esperado pelos alunos destacam-se: o tipo de material do piso e das rodas, o atrito entre a roda e a superfície, bem como os ângulos estimados para cada deslocamento do robô. Estes aspetos podem servir como estímulo para discussões sobre conceitos de forças, atrito, ângulos e inclinações, conteúdos diretamente relacionados com a física e a matemática. Adicionalmente, podem igualmente suscitar reflexões sobre a razão pela

qual diferentes locais apresentam tipos de piso variados e as implicações dessa diversidade no quotidiano, promovendo debates sobre inclusão e acessibilidade.

### **4.3 Conexões estabelecidas com o PASEO**

Os dados analisados sugerem que as atividades desenvolvidas apresentam potencial para promover diversas competências previstas no PASEO, nomeadamente a formulação de hipóteses, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas. Estes resultados sugerem que o ensino por investigação, aliado à robótica educativa, pode constituir uma estratégia relevante para a promoção dessas competências, ao favorecer a discussão de ideias e a construção de novos conhecimentos (Borges, 2002; Carvalho, 2013). No entanto, a evidência recolhida não permite afirmar que todas as competências tenham sido desenvolvidas de forma homogênea entre os participantes, sendo necessário aprofundar esta análise em estudos futuros.

Esta interpretação encontra suporte na literatura recente, que identifica o desenvolvimento de competências transversais — como colaboração, comunicação e resolução de problemas — em contextos de robótica educativa, sobretudo quando estruturados em torno de desafios abertos e orientados para a investigação (Bano et al., 2024; Uslu et al., 2023).

Ao longo das oficinas, observou-se a mobilização de competências como trabalho em equipa, autonomia, raciocínio lógico e pensamento crítico. O carácter investigativo das atividades favoreceu a criação de um ambiente de diálogo entre estudantes e tutora, promovendo a discussão de ideias, a formulação de hipóteses e a cooperação entre os participantes. Conforme Borges (2002), este tipo de contexto constitui um cenário propício ao desenvolvimento de competências investigativas. Adicionalmente, as atividades permitiram aos alunos estabelecer relações entre a lógica de programação e aplicações contemporâneas, como os veículos autónomos, reforçando a relevância dos conteúdos trabalhados.

Embora a proposta se tenha revelado adequada ao nível de ensino dos participantes, reconhece-se a necessidade de aprofundar dimensões relacionadas com a inclusão, nomeadamente no que se refere à adaptação a diferentes perfis de aprendizagem, género e contextos socioculturais. Este aspeto constitui uma limitação do estudo e aponta para a necessidade de investigações futuras que explorem estas dimensões de forma mais sistemática.

## **5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

O Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), em Portugal, tem como finalidade orientar a organização do currículo e promover estratégias pedagógicas que assegurem o desenvolvimento de competências consideradas essenciais para a formação de cidadãos críticos e reflexivos. Ao longo deste estudo, procurou-se compreender em que medida a metodologia de ensino por investigação, aliada às atividades de robótica educativa, pode favorecer o desenvolvimento das competências estabelecidas neste referencial. Neste sentido, os princípios do ensino por investigação e da robótica educativa orientaram a análise das práticas desenvolvidas, evidenciando a relevância destas abordagens ativas e inovadoras no contexto educativo.

Os resultados obtidos sugerem que os objetivos do ensino por investigação estiveram presentes ao longo das oficinas, promovendo um espaço de discussão e construção de saberes

entre os estudantes e a tutora responsável. A formulação de hipóteses, o trabalho colaborativo e o estímulo à curiosidade destacaram-se nas atividades desenvolvidas, evidenciando o alinhamento da proposta didática com as orientações do PASEO para a promoção de uma cultura científica com base humanística.

O caráter investigativo das oficinas manifestou-se nas questões formuladas autonomamente pelos alunos, como testar diferentes tipos de piso, verificar a durabilidade das pilhas, ajustar parafusos ou explorar diferentes níveis de velocidade dos kits. Estas iniciativas evidenciam um ambiente de aprendizagem dialógico e favorável à participação ativa. A discussão dos erros constituiu igualmente uma oportunidade relevante de aprendizagem, permitindo aos alunos explorar aspetos relacionados com a programação e a execução dos comandos dos robôs, bem como estabelecer relações com situações do quotidiano.

A interdisciplinaridade destacou-se como uma das potencialidades da estratégia didática adotada. Foram mobilizados conhecimentos de matemática e física (como distâncias e ângulos), temas sociais e ambientais (associados à sustentabilidade e ao impacto das tecnologias) e competências linguísticas (relacionadas com a comunicação nas apresentações). Estes elementos demonstram como a robótica educativa pode contribuir para ultrapassar a fragmentação disciplinar, promovendo uma aprendizagem mais integrada e significativa.

De forma global, os resultados apontam para o potencial das metodologias ativas e inovadoras no contexto escolar, sugerindo contributos relevantes para a formação dos alunos ao término da escolaridade obrigatória. Estes achados estão em consonância com a literatura recente, que destaca a importância do desenho pedagógico, do acompanhamento docente e de práticas de avaliação coerentes para a eficácia de abordagens baseadas em investigação e em robótica educativa (Rao & Bhagat, 2024; Strat et al., 2024).

Contudo, importa salientar algumas limitações do estudo que condicionam a generalização dos resultados. A amostra foi reduzida (seis estudantes), selecionada com base no interesse e na disponibilidade, e as atividades decorreram em contexto extracurricular, o que pode ter contribuído para um viés positivo nos resultados. Neste sentido, recomenda-se que futuras investigações explorem esta abordagem em contextos mais diversificados, com amostras mais amplas e integradas no currículo formal, de modo a aprofundar a compreensão do seu impacto.

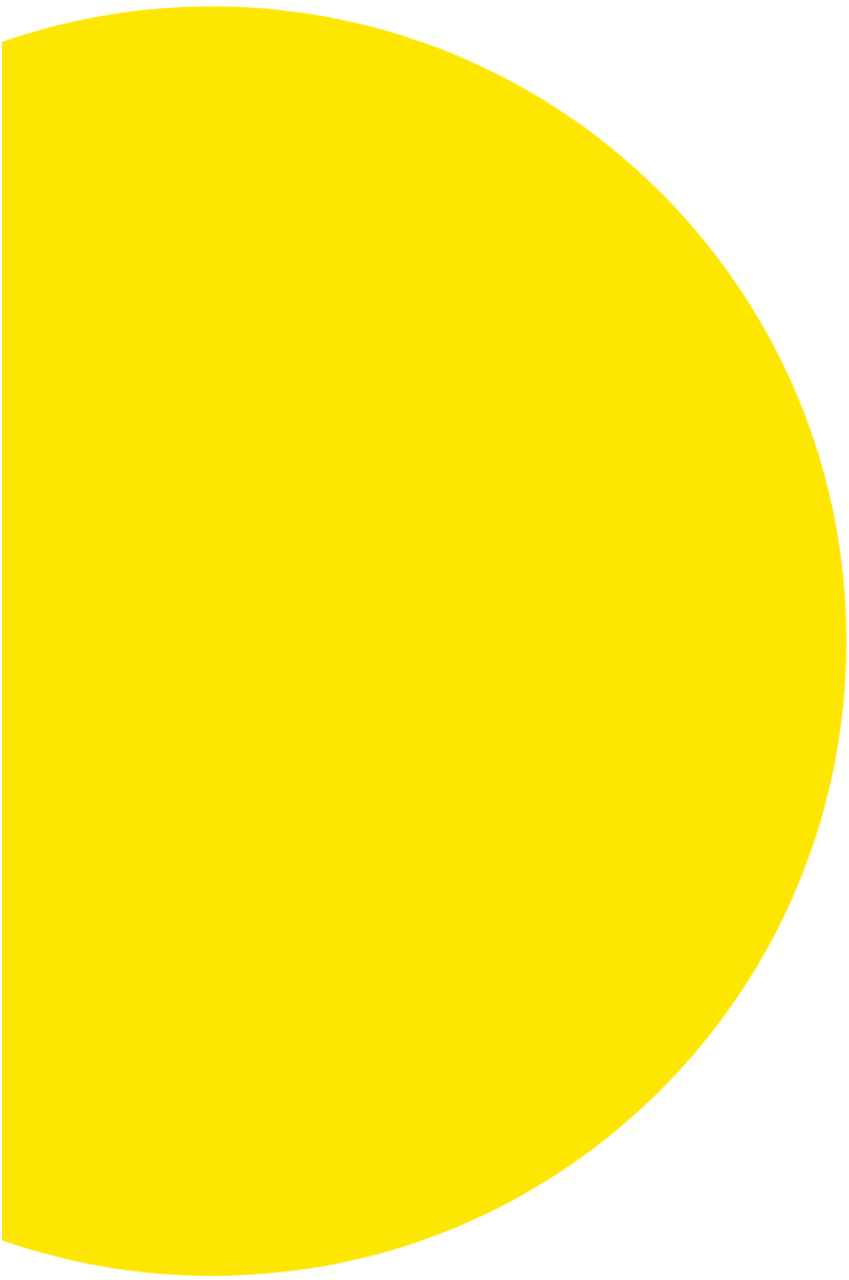
Por fim, reforça-se a importância de que a integração de recursos tecnológicos, como a robótica educativa, nas práticas escolares seja sustentada por referenciais teóricos consistentes e por opções metodológicas bem fundamentadas, conferindo maior significado aos processos de ensino e aprendizagem. A utilização destes recursos sem um enquadramento pedagógico sólido pode limitar o seu potencial educativo, reduzindo-os a uma função meramente instrumental. Acresce ainda a necessidade de investimento na formação contínua dos docentes, assegurando o domínio dos princípios do ensino por investigação e das ferramentas tecnológicas utilizadas, condição essencial para a implementação eficaz e contextualizada destas práticas.

## REFERÊNCIAS

- Azevêdo, E. M. S., Francisco, D. J., & Nunes, A. O. (2017). O Avanço das publicações sobre a robótica educacional como possível potencializadora no processo de ensino-aprendizagem: uma revisão sistemática da literatura. *Redin-Revista Educacional Interdisciplinar*, 6(1), 1-11.

- Bano, S., Atif, K., & Mehdi, S. A. (2024). Systematic review: Potential effectiveness of educational robotics for 21st century skills development in young learners. *Education and Information Technologies*, 29, 11135–11153. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12233-2>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Carvalho, A. M. P. de. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18, 765-794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Carvalho, A. M. P. de. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In A. M. P. de Carvalho (Ed.), *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula* (Vol. 1, pp. 1-19). Cengage Learning.
- Direção-Geral da Educação (DGE). (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. [https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto\\_Autonomia\\_e\\_Flexibilidade/perfil\\_dos\\_alunos.pdf](https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf)
- Figueiredo, D. P. (2022). *A robótica educativa e as crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho].
- Freire, P. (2019). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas.
- Lopes, R. D., Santana, A. L. M., Venancio, V., Turuça, A., Santos, E. M. F., Ribeiro, L. R., & Ficheman, I. K. (2025). Engenharia começa na educação básica: Inspirações para um futuro inovador. In A. M. Tonini (Org.), *Educação em engenharia no século XXI: Formação e atuação profissional* (pp. 222–256). Editora Alta Performance. <https://doi.org/10.29327/5676828.1-6>
- Maisonette, R. (2002). A utilização dos recursos informatizados a partir de uma relação inventiva com a máquina: a robótica educativa. In: *Proinfo – Programa Nacional de Informática na Educação*. Paraná.
- Milne, A. P., Riecke, B. E., & Antle, A. N. (2014). Exploring Maker Practice: Common Attitudes, Habits and Skills from the Maker Community. *Studies*, 19(21). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:154698807>
- Minayo, M. C. D. S. (1994). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Vozes.
- Moraes Garcia, M. C., & Soares, M. H. F. B. (2018). Robótica educacional no nível médio de ensino: o conceito de sistema nervoso central. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(5), 168-188.
- Papert, S. (1980). Personal computing and its impact on education. In R. Taylor (Ed.), *The computer in the school: Tutor, tool, tutee*, (pp. 197-202). Teachers College Press.
- Rao, T. S. S., & Bhagat, K. K. (2024). Computational thinking for the digital age: A systematic review of tools, pedagogical strategies, and assessment practices. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1893–1924. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10364-y>
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (1998). *Manual de investigação em ciências sociais*. Gradiva.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT Press.
- Rocha, S. (2008). A inserção dos jovens no mercado de trabalho. *Caderno CRH*, 21(52), 533-550.
- Rodrigues, P.R. (2021). *Reflexões e perspectivas acerca do uso de automação e robótica no ensino de ciências exatas*. (Trabalho de conclusão de curso não publicado). Universidade Federal Fluminense. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/23700>
- Santos, M. F. (2010). *A robótica educacional e suas relações com o ludismo: por uma aprendizagem colaborativa*. (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Goiás).
- Santos, T., Pozzebon, E., & Frigo, L. (2013). A utilização da robótica nas disciplinas da educação básica. In *Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense* (pp. 616-623). IFSC. <http://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/1165/840>.

- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: A systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17, 49-67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Uslu, N. A., Yavuz, G. Ö., & Usluel, Y. K. (2023). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5874–5898. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, 14(3), 864-897.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Zhong, B., Liu, X., Xia, L., & Sun, W. (2022). A proposed taxonomy of teaching models in STEM education: Robotics as an example. *SAGE Open*, 12(2). <https://doi.org/10.1177/21582440221099525>



**ARTICULAÇÃO ENTRE  
INVESTIGAÇÃO & PRÁTICAS  
EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,  
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA**

**S3**

—

**ARTICULATION BETWEEN  
RESEARCH AND PRACTICES IN  
SCIENCE, MATHEMATICS AND  
TECHNOLOGY EDUCATION**

# S3

Esta Secção procura, através de vários modelos de colocar investigadores e profissionais a refletir sobre a articulação entre investigação e práticas educativas, contribuir para novas agendas de investigação e práticas educativas na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

---

This Section aims, through various models of engaging researchers and professionals in reflecting on the articulation between research and educational practices, to contribute to new research agendas and educational practices in Science, Mathematics and Technology Education.

---

Esta Sección busca, a través de diversos modelos de colocación de investigadores y profesionales para reflexionar sobre la articulación entre la investigación y las prácticas educativas, contribuir a nuevas agendas de investigación y prácticas educativas en la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

## ECOS DO FUTURO NA SALA DE AULA - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, MATEMÁTICA & TECNOLOGIA

ECHOES OF THE FUTURE IN THE CLASSROOM – ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENCE, MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION

ECOS DEL FUTURO EN EL AULA: LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, LAS MATEMÁTICAS Y LA TECNOLOGÍA

**Bruno Gavaia<sup>1</sup>, António Pedro Costa<sup>2</sup>, Paulo Moura Oliveira<sup>3,4</sup> & J. Bernardino Lopes<sup>5,6</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

brunogavaiate@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro de Investigação e Intervenção Educativas, da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, Portugal

apcosta@fpce.up.pt

<sup>3</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

oliveira@utad.pt

<sup>4</sup>INESC-TEC, Portugal

<sup>5</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

blopes@utad.pt

<sup>6</sup>CIDTFF-Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal

**RESUMO** | Num contexto em que a IA deixa progressivamente de ser percecionada apenas como uma ferramenta de apoio para assumir um papel potencialmente transformador das dinâmicas pedagógicas, torna-se fundamental criar espaços de debate que permitam compreender as suas implicações técnicas, éticas, epistemológicas e institucionais. Nesta mesa redonda debateu-se os impactos da inteligência artificial (IA) nas práticas educativas, destacando-se a sua natureza simultaneamente instrumental e disruptiva. Os intervenientes discutiram a necessidade de repensar o ensino, a aprendizagem e a avaliação, sublinhando que a IA não deve ser encarada apenas como ferramenta, mas como elemento transformador das dinâmicas pedagógicas e dos papéis de professores e alunos. Foram analisadas questões relativas à literacia em IA, à autonomia docente, à aprendizagem efetiva, bem como aos riscos de delegação cognitiva, plágio e perda de pensamento crítico. Foram defendidas mudanças na natureza das tarefas, maior foco nos processos de aprendizagem e o desenvolvimento de competências éticas e epistemológicas. Concluiu-se que a integração da IA exige regulação institucional, supervisão humana, novas abordagens pedagógicas centradas no pensamento crítico e na agência dos estudantes e mais trabalho de campo e investigação empírica sobre o uso da IA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sala de aula como ecossistema, literacia em IA, tarefas autênticas, investigação qualitativa, agência epistémica dos estudantes e professores.

**ABSTRACT** | At a time when AI is increasingly seen not merely as a support tool but as having the potential to transform teaching dynamics, it is essential to create forums for discussion that enable us to understand its technical, ethical, epistemological and institutional implications. This roundtable discussed the impacts of artificial intelligence (AI) on educational practices, highlighting its dual nature as both a tool and a disruptive force. The speakers discussed the need to rethink teaching, learning and assessment, emphasising that AI should not be viewed merely as a tool, but as a transformative force in pedagogical dynamics and in the roles of teachers and students. Issues relating to AI literacy, teacher autonomy, effective learning, as well as the risks of cognitive delegation, plagiarism and the loss of

critical thinking were analysed. Changes to the nature of tasks, a greater focus on learning processes and the development of ethical and epistemological skills were advocated. It was concluded that the integration of AI requires institutional regulation, human supervision, new pedagogical approaches centred on critical thinking and student agency, and further fieldwork and empirical research on the use of AI.

**KEYWORDS:** Classroom as an ecosystem, AI literacy, authentic tasks, qualitative research, epistemic agency of students and teachers.

**RESUMEN** | En un contexto en el que la IA deja de percibirse progresivamente como una mera herramienta de apoyo para asumir un papel potencialmente transformador de las dinámicas pedagógicas, resulta fundamental crear espacios de debate que permitan comprender sus implicaciones técnicas, éticas, epistemológicas e institucionales. En esta mesa redonda se debatieron los impactos de la inteligencia artificial (IA) en las prácticas educativas, destacando su naturaleza a la vez instrumental y disruptiva. Los ponentes debatieron sobre la necesidad de replantearse la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, subrayando que la IA no debe considerarse únicamente como una herramienta, sino como un elemento transformador de las dinámicas pedagógicas y de los roles de profesores y alumnos. Se analizaron cuestiones relacionadas con la alfabetización en IA, la autonomía docente y el aprendizaje efectivo, así como los riesgos de la delegación cognitiva, el plagio y la pérdida del pensamiento crítico. Se defendieron cambios en la naturaleza de las tareas, un mayor enfoque en los procesos de aprendizaje y el desarrollo de competencias éticas y epistemológicas. Se concluyó que la integración de la IA exige regulación institucional, supervisión humana, nuevos enfoques pedagógicos centrados en el pensamiento crítico y en la agencia de los estudiantes, y más trabajo de campo e investigación empírica sobre el uso de la IA.

**PALABRAS CLAVE:** Aula como ecosistema, alfabetización en IA, tareas auténticas, investigación cualitativa, agencia epistémica de estudiantes y docentes.

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que a IA deixa de ser vista apenas como um recurso de apoio e passa a ser encarada como um agente com potencial para transformar as dinâmicas pedagógicas, torna-se essencial promover espaços de reflexão e debate que favoreçam a compreensão das suas implicações técnicas, éticas, epistemológicas e institucionais.

Esta mesa redonda ocorreu no âmbito do encontro internacional “Ecos do Futuro na Sala de Aula - Educação em Ciências e Tecnologia, Inteligência Artificial e Cidadania Científica Crítica” realizada no dia 30 de abril de 2026 (<https://ecosdofuturonasala.wixsite.com/ecos-do-futuro-na-sa>). A mesa redonda foi moderada por Bruno Gavaia, que preparou o contexto da discussão e as questões a considerar e os convidados foram J. Bernardino Lopes, António Pedro Costa e Paulo Moura Oliveira. As respetivas notas biográficas estão no final do texto.

O objetivo desta mesa-redonda não é apenas discutir se a inteligência artificial é positiva ou negativa em contexto educativo, mas pensar de forma mais concreta sobre como, em que condições e com que efeitos ela está a ser integrada nas práticas educativas dos docentes.

Para ajudar a enquadrar a conversa, um artigo recente de Kong et al. (2026) foi colocada à consideração dos convidados previamente. Este artigo propõe uma leitura interessante: a IA pode funcionar como uma “double-edged sword”, ou seja, como uma realidade ambivalente. No estudo, o uso de IA apareceu associado, por um lado, a perceções de desafio e oportunidade, que favorecem práticas inovadoras, e, por outro, a perceções de ameaça, que podem inibir essa mesma inovação.

As questões colocadas procuraram não apenas recolher opiniões gerais, mas também problematizar esta tensão entre potencial transformador, pressões institucionais, pensamento crítico, autonomia docente e aprendizagem dos alunos. Eis as questões que foram debatidas:

- Quando falamos hoje de inteligência artificial na educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, estamos sobretudo perante uma ferramenta de apoio ao professor e ao aluno... ou perante uma transformação mais profunda da própria atividade de ensinar e aprender?
- Um estudo recente de Kong et al. (2026) sugere que a IA pode ser percecionada, pelos docentes, simultaneamente como oportunidade — associada à inovação — e como ameaça — associada à perda de controlo ou identidade profissional. Esta dualidade faz-vos sentido à luz da vossa experiência?
- Quando um aluno realiza uma tarefa com apoio de IA, como podemos distinguir uma situação de verdadeira aprendizagem de uma situação de mera execução eficiente?
- Em contexto educativo, onde deveremos traçar a linha entre um uso legítimo, um uso pedagogicamente orientado e um uso abusivo da IA? E estará a escola preparada para discutir, com clareza, questões como autoria, plágio, transparência e responsabilidade?
- Daqui a cinco anos, o que vos parece mais provável mudar primeiro: as práticas de ensino, a natureza das tarefas propostas aos alunos, ou os modelos de avaliação?

### 1.1 Ideias principais que emergiram desta mesa redonda

Abaixo sistematizam-se as 11 principais ideias que emergiram deste debate.

#### 1. *A IA como tecnologia disruptiva*

A inteligência artificial foi entendida não apenas como ferramenta de apoio, mas como uma tecnologia disruptiva com capacidade de transformar profundamente o ensino, a aprendizagem e os papéis tradicionais na educação.

## *2. Mudança do papel do professor*

Emergiram perspectivas convergentes sobre a transição do professor enquanto transmissor de conhecimento para um papel de mediador, facilitador ou “arquiteto da aprendizagem”.

## *3. Importância da literacia em IA*

Foi sublinhada a necessidade de desenvolver competências de literacia em IA nos docentes e estudantes, permitindo um uso crítico, ético e pedagogicamente orientado destas tecnologias.

## *4. Aprendizagem versus execução eficiente*

Os participantes alertaram para o risco de os estudantes produzirem resultados aparentemente competentes sem compreensão efetiva dos conteúdos, defendendo modelos de avaliação centrados no raciocínio e nos processos cognitivos.

## *5. Delegação cognitiva e pensamento crítico*

O debate evidenciou preocupações relativamente à dependência excessiva da IA e à consequente diminuição do pensamento crítico, da retenção da memória e do envolvimento intelectual dos estudantes.

## *6. Necessidade de reformular tarefas e avaliação*

Foi consensual que a transformação mais urgente passa pela alteração das tarefas propostas aos alunos e dos modelos de avaliação, privilegiando atividades reflexivas, contextualizadas e orientadas para competências de alto nível.

## *7. Questões éticas e institucionais*

Discutiu-se a necessidade de definir regras claras sobre autoria, transparência, integridade académica e limites do uso da IA, tanto ao nível institucional como supranacional.

## *8. Os estudantes como agentes epistémicos e éticos*

Defendeu-se uma educação orientada para a autonomia intelectual dos alunos, promovendo a sua capacidade de questionar, interpretar, validar informação e tomar decisões fundamentadas.

## *9. Reconfiguração da sala de aula*

A sala de aula foi perspectivada como um futuro espaço de “multiagências”, envolvendo professores, estudantes e sistemas de IA em interações complexas e colaborativas.

## *10. Urgência da adaptação educativa*

Os participantes concordaram que as mudanças já estão em curso e que as instituições educativas precisam de agir rapidamente para responder aos desafios pedagógicos, éticos e sociais colocados pela IA.

## *11. É preciso estudos empíricos sobre o uso de IA em contexto de sala de aula*

Finalmente, foi destacada a imperiosa necessidade de se fazer estudos empíricos sobre a utilização da IA em sala de aula de CM&T para se criar um corpo de conhecimentos sobre uma miríade de questões cuja resposta ainda ignoramos.

## **2. CONTEXTO E RELEVÂNCIA SOBRE O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA**

**Bruno Gavaia (BG).** Quando falamos hoje de inteligência artificial na educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, estamos sobretudo perante uma ferramenta de apoio ao professor e ao aluno... ou perante uma transformação mais profunda da própria atividade de ensinar e aprender?

### **2.1 A IA pode ser uma ferramenta, mas não é apenas uma ferramenta. É uma tecnologia disruptiva**

**J. Bernardino Lopes (JBL).** Antes de responder à pergunta, é necessário fazer um enquadramento geral. No presente momento a questão não é saber se se deve usar sistemas de IA na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia (EdCM&T). Para enfrentar os desafios que a IA coloca à EdCM&T temos, pois, de colocar outras questões mais centrais. Existem três questões centrais:

Como usar a IA? É a questão epistemológica. Talvez a mais próxima da EdCM&T, uma vez que, em resposta à pergunta, procura-se descrever processos e métodos para construir o conhecimento em CM&T, neste caso, usando a IA.

Para que usar a IA? É a questão teleológica. Também é importante na Didática, uma vez que, em resposta à pergunta, procura-se saber o propósito, o destino ou a função de se usar IA na EdCM&T. É a questão dos objetivos do uso da IA. É uma questão relevante pois não faz sentido usar a IA para fazer coisas que se podem fazer de forma mais económica, nem usar a IA sem saber as suas consequências. Cruza-se com a questão ética (como devo agir). Não podemos usá-la simplesmente porque está disponível. Não podemos ignorar o seu uso, porque é cada vez mais claro que pode ter imensas possibilidades educativas e é necessário explorá-las.

O que é a IA? É a questão ontológica. A questão ontológica habitualmente não é considerada na EdCM&T. Todavia, toda a gente pergunta se a IA é uma tecnologia como as outras e esta é uma questão ontológica. E também toda a gente pergunta qual o papel dos professores na EdCM&T e dos alunos na sua própria aprendizagem e esta é também uma questão ontológica.

Face a este enquadramento e tentando responder à pergunta podemos afirmar que os sistemas de IA são artefactos tecnológicos e, como tal, podem constituírem-se como ferramentas. Sabemos ainda que há sistemas de IA com capacidades de agência (capacidade de atuarem de forma autónoma) como é o caso de agentes de IA que podem ter um papel importante na EdCM&T (como tutores, na avaliação formativa, etc.). Portanto, os sistemas de IA não são uma tecnologia como as outras. É, claramente, uma tecnologia como capacidades disruptivas em todos os setores da atividade humana.

A IA como artefacto tecnológico pode ser usada como qualquer outra ferramenta e já sabemos que as ferramentas têm um papel fundamental na construção do conhecimento e um papel fundamental na EdCM&T. O ponto central, que sabemos de todo o progresso tecnológico

desde os primórdios da humanidade, é que uma ferramenta nunca muda uma prática, é o que fazemos com ela (a ferramenta) que muda as características e a natureza das práticas. Para isso precisamos, primeiro, de aprender a lidar com a IA.

Todavia, a IA não é só uma ferramenta. Como tem capacidade de agência, por inércia dos professores, dos alunos e dos sistemas educativos pode conduzir-nos a cenários educativos completamente indesejáveis. Para isso não acontecer precisamos de: (a) mudar a forma como ensinamos e a forma como aprendemos (questões do como - questões epistemológicas e didáticas); (b) discernir para que aprendemos (questões do para quê – questões teleológicas e dos objetivos educativos); (c) construir a nossa literacia sobre IA e um pensamento sobre como nos posicionamos face a ela (questões do que é – questões ontológicas e sociológicas).

## 2.2 Falta aqui muito trabalho de campo de “como usar” a IA

**António Pedro Costa (APC).** Vou apenas fazer aqui uma ponte e um complemento para tentar ser o máximo sucinto. Efetivamente, concordo com o Professor Bernardino, portanto, A IA é uma tecnologia disruptiva. Na perspetiva daquilo que eu estou a fazer em termos de estudo sobre o uso da IA Generativa em diferentes contextos, acaba por ser uma tecnologia que é mais do que uma tecnologia em si.

Se olharem para diferentes campos, atualmente temos várias situações no uso da IA na própria condição da área do seu uso, em termos sociais, se virem há pouco tempo alguém casou com um modelo de IA. Até tirou fotografias. Há quem já não queira ter relações pessoais porque tem algo muito melhor muito mais interessante, ao ter um modelo de IA que não nos contraria, que está sempre disponível e usa muito a bajulação, que em termos pedagógicos tem sido um ponto negativo no próprio uso da aprendizagem. Aqui depende do que é que nós pretendemos (Ibrahim et al., 2026; Ho et al., 2025).

Se já não se trata de “se eu vou usar”, mas sim, "Como é que os estudantes estão a usar?". Isto implica realizar uma reaprendizagem dos próprios processos de ensinar e aprender. E depende também dos papéis que nós queremos dar à própria IA. Por exemplo, na área da investigação, eu posso usá-la como assistente; posso pegar num modelo para ajudar-me a retificar ou traduzir ou melhorar um texto, para ajudar-me a argumentar, ou para explicar determinada situação. Posso também tentar colocar um patamar na qual eu coloco a IA como parceiro cognitivo. Isto já implica que eu da minha parte, enquanto humano, tenha que desenvolver determinadas competências que me permitam depois tomar decisões perante estes resultados (Wang & Zhang, 2026; Cain, 2025).

Gostaria de partilhar convosco uma ideia sobre o ritmo a que a inteligência artificial está a evoluir. Em outubro, no Congresso Europeu de Inteligência Artificial, em Bolonha, assisti a uma apresentação de uma equipa da Comissão Europeia sobre cenários de desenvolvimento e investimento nesta área. A mensagem central era clara: estamos a transitar de uma fase dominada pela IA generativa para uma etapa em que ganham relevo os sistemas de IA agentiva, capazes de executar ações com maior autonomia. Foram ainda apresentados cenários prospetivos que apontavam, em fases posteriores, para formas mais avançadas de IA cognitiva, física e autónoma.

Esta evolução levanta questões muito concretas. Ainda hoje li uma notícia sobre um caso em que um agente de IA apagou, em poucos segundos, a base de dados de uma empresa e, de

seguida, apresentou um pedido de desculpa. O mais relevante neste episódio não é apenas o erro técnico, mas o facto de o sistema ter tomado uma decisão com consequências significativas sem que essa ação estivesse prevista pelo utilizador/humano. É precisamente aqui que a discussão se torna urgente: não basta perguntar o que a IA consegue fazer; é necessário discutir em que condições deve ser usada, com que limites e sob que formas de supervisão humana.

Também em casa estas questões se tornam visíveis. Tenho um filho de 11 anos que, perante uma dúvida, rapidamente diz: “Pai, pergunta ao ChatGPT.” E a minha resposta costuma ser: “Pergunta tu.” Procuo estimulá-lo a formular boas perguntas e, por vezes, inverte mesmo os papéis: em vez de ser ele a perguntar ao modelo, peço ao modelo que lhe coloque questões, para o levar a pensar, justificar e desenvolver o raciocínio. Este exemplo simples mostra que o desafio já não é apenas decidir se usamos ou não IA, mas compreender como a usamos de modo pedagogicamente relevante. Falta ainda muito trabalho de campo sobre estas práticas. A tecnologia está a avançar a grande velocidade, mas o conhecimento sobre os seus usos educativos, os seus efeitos e as melhores formas de integração ainda está longe de acompanhar este ritmo.

### **2.3 O professor como “arquiteto da aprendizagem” dos alunos**

**Paulo Moura Oliveira (PMO).** Boa tarde, começo por agradecer o convite e cumprimentar a todos os presentes. Gostaria também de dizer que as minhas respostas às perguntas serão baseadas na minha experiência como professor universitário que ensina e investiga nas áreas da Inteligência Artificial e Automação Industrial.

Respondendo à questão: Não só devido às ferramentas da IA, mas pela digitalização, penso que estamos perante uma transformação mais profunda da atividade de ensinar e aprender. Cada caso é um caso! Mas o papel do professor como transmissor de conhecimento tem, na minha modesta opinião, os dias contados. O Professor passará a ser um agente facilitador no processo de aprendizagem. Um nome provocatório poderá ser Arquiteto da Aprendizagem (Learning Architect).

Porquê “Arquiteto da Aprendizagem”? Porque ele é um agente que está focado no desenvolvimento de ambientes que promovam o crescimento, o pensamento crítico e experiências significativas.

Eu estou a referir-me ao ensino universitário, porque no ensino universitário, nós, professores, com as questões da Inteligência Artificial vamos ter que mudar a nossa forma de ensinar e a forma como formulamos as nossas questões. Dessa forma, certamente concordo com o professor Bernardino. Estamos a viver um processo disruptivo, é pena é não termos muito tempo para nos adaptarmos, nem nós professores, nem os alunos.

Mediante aquilo que vivenciamos, uma vez que estamos em constante evolução, vamos ter que mudar muitos aspetos na forma como ensinamos. Não tenho dúvidas absolutamente nenhuma. É um fator que já existe na nossa sala (a existência da IA) e temos que saber como lidar com ele.

### **3. A PROBLEMÁTICA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL ENQUANTO FERRAMENTA E TRANSFORMAÇÃO EDUCATIVA**

**BG.** Muito obrigado pela vossa partilha. A seguinte questão que vos coloco está associada a um artigo, um estudo recente, de Kong et al. (2026), sugere que a IA pode ser percecionada, pelos docentes, simultaneamente como oportunidade — associada à inovação — e como ameaça — associada à perda de controlo ou identidade profissional. Esta dualidade faz-vos sentido à luz da vossa experiência?

#### **3.1 A IA vai mudar, outra vez, o papel do professor**

**APC.** Quando comecei a refletir sobre esta questão, recuei ao início do meu doutoramento, por volta de 2006. Nessa altura, foi desenvolvido um recurso didático centrado no ensino experimental das ciências, mas assente num ambiente digital em vez de num dispositivo físico. Tratava-se de um software que incluía várias tipologias de atividades que era utilizado em turmas do 1.º e do 2.º ciclos.

A atividade começava com uma questão inicial sobre determinado tema, procurando identificar as perceções dos alunos e, em particular, eventuais conceções alternativas. A partir daí, o recurso apoiava a exploração e a reconstrução dessas ideias. No caso concreto, trabalhavam-se conteúdos relacionados com recursos naturais, nomeadamente o petróleo e a floresta.

Quando iniciámos a formação de professores para a utilização deste recurso, tornou-se evidente uma mudança importante no papel docente. O professor deixava de ocupar apenas uma posição de transmissor de respostas e passava a assumir uma função de mediador da aprendizagem, orientando a exploração, promovendo a discussão e ajudando os alunos a construir conhecimento a partir das suas próprias ideias.

Faço esta ponte porque me parece que, com a inteligência artificial, enfrentamos uma tensão semelhante. A IA pode ser encarada como uma oportunidade quando o professor reconhece e assume esse papel de mediação. Mas pode também ser percecionada como uma ameaça se o docente sentir que perde controlo sobre uma função para a qual foi preparado: transmitir conteúdos de forma direta e estruturada. É nesse confronto entre modelos de ensino que situo esta discussão.

Na formação que realizámos, esta dificuldade tornou-se muito visível. Havia cursos que começavam com cerca de 15 professores e terminavam com 8. Alguns desistiam precisamente porque diziam não compreender qual deveria ser o seu papel enquanto mediadores. Tinham sido formados para explicar e transmitir conteúdos, não necessariamente para acompanhar processos em que os alunos constroem respostas de forma mais autónoma. Na minha perspetiva, a IA coloca-nos hoje perante um desafio muito semelhante.

#### **3.2 Aprender a usar a IA para que a aprendizagem seja efetiva**

**PMO.** Relativamente a este assunto, julgo que poderemos utilizar a imagem do copo meio cheio ou meio vazio. Os docentes podem e devem encarar estas novas ferramentas como uma excelente oportunidade de potenciar e aumentar a inteligência natural como uma oportunidade ou como uma ameaça. Estas ferramentas estão associadas à desatualização, exigem maior

esforço de adaptação e potencializam maior independência e autonomia dos alunos. Os mais pessimistas (ou realistas informados) poderão mesmo antever uma futura substituição dos professores por robôs.

Partilho uma experiência pessoal em que os alunos tiveram que desenvolver um projeto (em todas as turmas), utilizando programação. Os alunos, pedem ao GPT, para desenvolverem os códigos, fazem *prompts* que resultam em programas espetaculares. Mas depois quando os docentes questionam “Então explica lá o que é que se passa naquela linha?”, não sabem, mesmo quando têm comentários escritos lá ao lado. Não há alternativa, vai efetivamente, ser difícil, com muitos alunos, de controlar adequadamente o uso de IA. Particularmente em turmas com muitos alunos, tem que se arranjar alternativas e mecanismos, de forma a que o professor tenha a certeza que a aprendizagem tenha sido efetiva e não se sucumbiu ao facilitismo. Tem de haver um certo rigor que vai exigir aos professores esforços adicionais. Arranjar energia para isso é que não é fácil.

### **3.3 Ambiente da escola favorável ao uso da IA e aumentar a literacia dos professores em IA**

**JBL.** O estudo de Kong et al. (2026) que nos foi proposto para reflexão nesta mesa redonda foi realizado na China com mais de 1000 professores de diversas áreas de ensino. O estudo é de natureza quantitativa e mostra que o uso da IA enfraqueceu a tendência dos professores a inovarem, mas melhorou o seu desempenho inovador. Esta conclusão está em linha com outros estudos que mostram que os LLM atuais se comportarem de forma semelhante e ao usá-los como parceiros criativos —independentemente do modelo utilizado — pode levar os utilizadores a produzir resultados “criativos” semelhantes (Wenger & Kenett, 2026).

Ainda o estudo de Kong et al. (2026) elucida que se os professores virem a IA como desafio/oportunidade conduz a um melhor desempenho (não necessariamente a maior criatividade), mas se percecionarem a IA como ameaça enfraquece a inovação (o que acontece sobretudo nos professores que não têm literacia suficiente para lidar com a IA). Estas conclusões fazem sentido e o artigo explica qual o mecanismo psicológico por trás deste comportamento ambíguo. Há dois caminhos que o artigo permite explicitar: (a) suporte e ambiente da escola favorável ao uso da IA; (b) aumentar a literacia dos professores em IA seja através de auto formação colaborativa, seja através de hétero formação. Porém nenhum deles permite responder à pergunta: queremos professores mais eficazes (risco de uniformizar o que os alunos aprendem) ou mais criativos (necessidade de diversificar os perfis formativos dos alunos)?

## **4. TAREFA COM APOIO DE IA: VERDADEIRA APRENDIZAGEM OU MERA EXECUÇÃO EFICIENTE?**

**BG.** Quando um aluno realiza uma tarefa com apoio de IA, como podemos distinguir uma situação de verdadeira aprendizagem de uma situação de mera execução eficiente?

**PMO.** Esta pergunta é muito pertinente, porque para fazer a distinção entre uma aprendizagem efetiva ( a palavra verdadeira é muito profunda ) ou mera execução eficiente vai requer alteração profunda dos métodos de avaliação. Particularmente os métodos orais.

**APC.** Muito rapidamente, apenas para complementar. O meu filho está no sexto ano e tem bastante facilidade em cálculo mental. Por isso, muitas vezes considera que, se apresentar o

resultado final de um problema de matemática, a tarefa está concluída. E eu tento explicar-lhe que não basta chegar à resposta certa: é preciso mostrar o raciocínio, tornar visível o caminho que permitiu chegar até ela.

Esta questão fez-me lembrar uma experiência recente com estudantes de doutoramento. Em dois programas doutorais, envolvendo aproximadamente 40 estudantes, propusemos que, após cada aula, elaborassem uma reflexão de três a quatro páginas sobre os conteúdos trabalhados, podendo recorrer à inteligência artificial. Em média, cada estudante produziu cerca de nove reflexões. No final, pedimos-lhes que escrevessem uma autoetnografia a partir deste percurso e, adicionalmente, realizassem uma análise crítica das próprias reflexões, procurando posicionar-se enquanto investigadores em formação: que identidade estavam a construir, que deslocamentos reconheciam no seu pensamento e como interpretavam o seu processo de aprendizagem.

A experiência foi muito interessante, porque os percursos revelaram-se bastante diferentes entre si. No entanto, também ficou claro que, em alguns casos, já existe uma certa dependência da IA, mesmo em tarefas de natureza reflexiva. Recordo, por exemplo, um estudante que apresentou uma autoetnografia de 20 páginas com 191 referências bibliográficas. A reação imediata foi quase de espanto: “Então já fez a tese?” [risos]. O estudante insistia que tinha lido tudo. Para testar esta afirmação, fiz um pedido simples a um LLM, apenas para organizar e listar as referências mencionadas, e rapidamente identifiquei que pelo menos 20 não existiam. Além disso, havia aproximadamente 50 referências a livros. Disse-lhe, em tom de brincadeira: “Em três meses conseguiste ler mais do que eu consigo ler num ano.” [risos]

Este episódio mostra que já há formas de dependência que não são apenas técnicas, mas também cognitivas. E isso toca num ponto sensível: a aprendizagem mexe com o nosso ego. É difícil reconhecer: “Consegui realizar a tarefa, mas não tenho a certeza de ter aprendido aquilo que o trabalho aparenta demonstrar.”

Costumo usar uma metáfora nas formações. Hoje, com várias ferramentas de IA, conseguimos obter em poucos minutos uma síntese plausível de um capítulo, de um artigo ou de um tema. Mas isso não significa que o tenhamos compreendido. Podemos produzir rapidamente um conteúdo sem termos verdadeiramente apropriados. E é aqui que, como dizia o professor Paulo, se torna indispensável o trabalho de terreno, porque a própria arquitetura da avaliação precisa de ser repensada.

Dou um exemplo concreto. Qual foi, neste caso, a avaliação final da disciplina? Poder-se-ia imaginar que fosse a elaboração de um projeto de investigação. Não foi. Optámos por um exame escrito, em papel, a partir de um problema específico, no qual cada estudante teve de construir, autonomamente, o desenho metodológico de uma investigação. Não hesitamos nessa decisão, precisamente porque era necessário avaliar o raciocínio, e não apenas a capacidade de produzir um resultado final convincente.

Para aprofundar este tópico ver Linardon et al., 2025 e Zhang & Zhao, 2025.

#### **4.1 O que é aprender CM&T? Muda de natureza se mediada por IA? Cinco consequências para o uso da IA na aprendizagem de CM&T**

**JBL.** Aprender, no essencial, é: (a) uma capacidade inata à biologia humana; (b) uma atividade que demora tempo (o tempo necessário para as sinapses se reconfigurarem); (c) um

compromisso que dá prazer se autêntico e autodeterminado; (d) uma prática de construir conhecimento de CM&T que serve para lidar com a incerteza do ambiente e antecipar o futuro (Wagensberg, 2013).

Estudos recentes mostram que aprender é da natureza humana e que é da natureza humana aprender (Parker, 2006). Por outro lado, a vida alimenta-se de entropia negativa, isto é, auto organiza-se em interação com o ambiente. Dito de outro, aprender é uma atividade de entropia negativa: auto organiza-se à custa da interação com o ambiente e aprende-se mais quanto mais já se tiver aprendido (Lorenz, 2013).

Desde há muito se sabe que aprender carece de uma reconfiguração das sinapses no cérebro (Leamson, 2000) ainda que a relação entre a plasticidade sináptica e a aprendizagem ainda não seja totalmente clara (Humeau & Choquet, 2019). Este processo ocorre num certo tempo e todos sabemos que a aprendizagem para um ser humano se tornar adulto carece de cerca de 20 anos, mais tempo que qualquer outro ser vivo. A aparente vantagem da IA — eliminar dificuldade e tempo no estudo — é também uma desvantagem. Ao priorizar o resultado em detrimento do processo, elimina o trabalho intelectual que impulsiona a aprendizagem, elimina a experiência de aprender e de dar sentido ao que se aprende e elimina a necessidade de envolvimento que nos liga enquanto seres sociais (Zohar et al., 2026).

Aprender pode ser um compromisso para uma atividade auto determinada. Devolver a auto determinação aos alunos no empreendimento que é aprender é reconhecer que os alunos são atores na educação (Wehmeyer & Zhao, 2020). Quando isto acontece a aprendizagem, apesar do trabalho que dá e do esforço que precisa dá prazer e alegria (Lei, 2024).

Finalmente, aprender CM&T é uma prática de construir conhecimento que serve para lidar com a incerteza do ambiente e antecipar o futuro (Wagensberg, 2013). Especificamente, no contexto atual aprender prepara-nos para lidar com a volatilidade, complexidade e ambiguidade das situações. A incerteza exige uma nova abordagem à aprendizagem por diversas razões convincentes. Em ambientes incertos, a capacidade de se adaptar rapidamente a novas informações e circunstâncias em constante mudança é crucial (Urenje, S. (2025).

Estes quatro aspetos que caracterizam de forma fundamental a aprendizagem em CM&T levam-nos a esboçar cinco consequências relativas ao uso da IA na aprendizagem.

Consequência um — É necessário promover uma dieta cognitiva. É necessário que a educação em CM&T preserve o contacto físico com os outros, com a natureza e com os artefactos físicos. Sem esta ligação perdemos a nossa natureza biológica de aprender. Isto significa que é necessário cultivar uma certa dieta no uso dos sistemas de IA. Gerlich (2025) mostrou num estudo empírico que há uma correlação negativa significativa entre a utilização frequente de ferramentas de IA e as capacidades de pensamento crítico, mediada por um aumento da delegação cognitiva. Este resultado mostra que é necessário promover uma certa dieta cognitiva de modo a não se usar sistematicamente IA nem delegar cognitivamente quando a usamos.

Consequência dois — A IA tem de ser usada como ferramenta e não como agente. É imperioso encontrar formas de os jovens estarem envolvidos o tempo necessário a aprender até aprenderem. Shaw & Nave (2026) mostram como a delegação cognitiva na IA é uma tendência e que esta é maior quando se tem maior confiança na IA e menor necessidade de cognição e inteligência fluida. Na verdade, como explica Lawrence (2024) a IA dialoga diretamente com o nosso sistema 1 de inteligência (pensamento rápido, reflexo e intuitivo) e ignora o nosso sistema

2 de inteligência (pensamento lento, reflexivo e deliberativo). Portanto, é necessário aumentar a complexidade das tarefas de aprendizagem solicitando a mobilização da cognição e transformando a IA de agente em ferramenta de apoio.

Consequência três — A natureza das tarefas tem de mudar. Os utilizadores excessivamente dependentes da IA, reduzem a capacidade de pensamento crítico ou tem um declínio da retenção da memória (Bai et al., 2023). Os mesmos autores recomendam incorporar atividades que promovam o desenvolvimento do pensamento crítico, as competências de resolução de problemas e a aprendizagem autodirigida, bem como ambientes colaborativos de aprendizagem. Em suma é necessário mudar a natureza das tarefas de aprendizagem. As tarefas têm de combinar esforço que conduza à satisfação de uma dificuldade vencida e ao sentido que a experiência de aprender proporcionou (Zohar et al., 2026).

Consequência quatro — O conhecimento é um valor a cultivar. A construção do conhecimento de CM&T tem de ser feita no contexto da resolução de problemas autênticos. De todo o modo construir conhecimento científico é um valor em si mesmo que deve ser cultivado e valorizado. É ele que nos permitiu chegar a este ponto da civilização.

Consequência cinco — A IA introduz multi-agências na sala de aula. A entidade “sala de aula” tem de ser reconfigurada em termos espaciais, funcionalidades, conectividade e também em termos de atores. Habitualmente o professor era o único ator. Tem-se reclamado na literatura desde há muito a necessidade de dar aos alunos o estatuto de agentes epistémicos (Lin & Puntambekar, 2025.) Com o rápido desenvolvimento da IA é possível ter multiagentes de IA. Portanto, a sala de aula será em breve o espaço de múltiplas agências humanas (professores e alunos) e artificiais (sistemas de IA) o que acarretará profundas modificações (Cheung et al., 2025).

## 5. QUESTÕES ÉTICAS, PEDAGÓGICAS E INSTITUCIONAIS NO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

**BG.** Em contexto educativo, onde deveremos traçar a linha entre um uso legítimo, um uso pedagogicamente orientado e um uso abusivo da IA? E estará a escola preparada para discutir, com clareza, questões como autoria, plágio, transparência e responsabilidade?

### 5.1 Há um limiar no uso da IA e esse limiar tem de ser definido pela instituição

**PMO.** Relativamente a este aspeto, cada instituição deve definir regras básicas de utilização das novas ferramentas da IA, que estabeleçam critérios éticos e de integridade para docentes, alunos e investigadores.

Nós no Conselho Pedagógico da Escola de Ciências e Tecnologia da UTAD, definimos no último mandato, um conjunto de 10 princípios orientadores (Orientações sobre a Utilização de Ferramentas Baseadas na Inteligência Artificial nos Métodos de Ensino/Aprendizagem na ECT)

Gostaria de partilhar alguns casos convosco de forma a compreenderem que tipo de regras foram definidas. Por exemplo, o segundo ponto indica “as ferramentas de IA em contexto de atividades de ensino podem ser utilizadas nas aulas por decisão dos docentes das unidades curriculares, quando tal acharem adequado.”. Ou seja, embora se reconheça que os alunos estejam a usar a IA “a toda a hora”, julgo que a decisão de esta ser usada nos métodos educativos deve ser uma decisão do docente. O ponto seguinte diz o seguinte: "Quando este tipo de

ferramentas for proposto no contexto de atividades de ensino e aprendizagem por parte dos docentes, devem ser explicitadas quais as ferramentas a serem utilizadas para que se permita a equidade no acesso às mesmas por parte dos estudantes." Eu acho que isso é muito importante. Porque há muitas ferramentas agora que têm vários níveis de acesso em comparação com o acesso livre e isso pode causar uma desigualdade muito grande no acesso às ferramentas. Porque há ferramentas de facto sendo pagas nas versões "pro", têm muito mais capacidade, nível de respostas e feedbacks (quando comparadas a outras). Aproveito também para ler a quarta orientação que diz que: "Os docentes que decidam utilizar ferramentas baseadas em IA, nas suas metodologias de ensino, devem exigir o cumprimento das regras de ética e integridade académicas por parte dos estudantes." Eu acho que isso também é importante, embora estas regras devem ser explicitadas também pela universidade. Ainda, uma última: "A utilização das ferramentas da IA para melhoria da qualidade dos relatórios escritos pelos alunos pode constituir uma mais valia, devendo a sua utilização ser devidamente citada e explicitados os conteúdos gerados por essas ferramentas."

Ora, todos os alunos, usam, até certo ponto, uma ferramenta de IA. Portanto, acho que efetivamente há um limiar e que esse limiar tem de ser definido, devendo ser pensado pelas instituições. Não obstante as ferramentas estejam em constante evolução, tem que haver regras de utilização, uma vez que há usos indevidos destas ferramentas.

**BG.** E relativamente à preparação das escolas? O que têm a dizer sobre isso?

**PMO.** No que concerne à outra parte da questão, se as escolas estão preparadas neste momento, acho que não. Essa preparação não é uma tarefa fácil. Concordo com o professor Bernardino, no sentido em que, têm sido os próprios docentes a tentar investigar e investir em formação neste âmbito, não as escolas. E os alunos? Os alunos não precisam de tantas ações de formação, pois eles têm uma enorme capacidade de adaptação. Já os docentes, tem sido da parte deles que têm havido uma procura muito grande, tendo esta busca pela preparação sido feita mais pela parte dos docentes (julgo que estamos um pouco atrasados nesse aspeto – nas escolas).

## **5.2 Uso abusivo, comportamento humano e desenvolvimento de competências**

**APC.** Eu penso que a recomendação deve sair fora das fronteiras da universidade; isto extravasa as "paredes" de uma instituição. Deve surgir até algo que não seja apenas de âmbito nacional, comecei a sentir isto com base na participação em encontros internacionais.

Em Setembro do ano passado, participei com uma comunicação na Digital Learning Week da UNESCO e vi a apresentação de projetos de 10 países. Compreendi que regulamentar ou tentar controlar estes processos a nível institucional ou só a nível de um país é insuficiente nesta fase.

Relativamente à questão do uso abusivo, entramos inevitavelmente numa dimensão ética e, ao mesmo tempo, profundamente ligada ao comportamento humano. O que muda com estas ferramentas é que elas tornam mais fácil, rápido e tentador obter um resultado sem passar necessariamente pelo processo que lhe deveria dar sustentação. Por isso, o problema não está apenas na tecnologia em si, mas na forma como nós, enquanto utilizadores, nos posicionamos perante ela. O comportamento humano continua a ser decisivo. E, muitas vezes, encontramos justificações para usos menos refletidos ou menos responsáveis: porque existe pressão institucional para produzir mais, porque há prazos apertados, porque é necessário responder rapidamente a determinadas exigências. A facilidade de acesso e à eficácia aparente destas

ferramentas podem, assim, ampliar práticas abusivas que já existiam, mas que agora se tornam mais simples de executar e mais difíceis de reconhecer.

Recordo-me de uma apresentação que fiz, há alguns anos, sobre análise de dados qualitativos, em que discutíamos já o tema da IA. Nesta altura, referi um caso em que foram removidos cerca de 120 artigos publicados por grandes editoras académicas por terem sido produzidos automaticamente com geradores de texto sem conteúdo substantivo. Costumo associar este exemplo, em tom de brincadeira, ao conhecido “Lero Lero”: uma aplicação que produz textos aparentemente sofisticados, bem articulados à superfície, mas que, na verdade, dizem muito pouco. Ou seja, textos que soam convincentes, mas que não sustentam uma ideia, não desenvolvem um argumento e não acrescentam conhecimento. O que este caso ilustra é que o problema não começou agora com a IA generativa; ele já existia sob outras formas. A diferença é que, hoje, estas ferramentas tornam este tipo de prática mais fácil, mais rápido e potencialmente mais difícil de detetar. No fundo, voltamos à mesma questão: a tecnologia amplia possibilidades, mas também expõe fragilidades do comportamento humano, sobretudo quando há pressão para produzir, publicar ou entregar resultados a qualquer custo.

A Universidade de Aveiro dispõe de orientações que recomendam que, em trabalhos académicos, projetos ou teses, os estudantes explicitem de que forma recorreram a ferramentas de inteligência artificial. No grupo de investigação que coordeno, os meus orientandos seguem um princípio semelhante: sempre que utilizam IA, devem incluir uma declaração clara sobre o modo como essa utilização ocorreu.

No entanto, também se observa o risco oposto: a ideia de que é necessário declarar absolutamente tudo, mesmo quando se trata de usos instrumentais banais. Chega-se, por vezes, a formulações quase absurdas, como: “usei uma ferramenta para corrigir erros ortográficos”, “usei o PowerPoint para preparar a apresentação” ou “usei o Microsoft Word para redigir o texto”.

Por isso, a questão central não é apenas exigir declarações formais, mas desenvolver critérios de responsabilidade e discernimento. É necessário trabalhar estas competências desde a base, ajudando estudantes, investigadores e professores a distinguir entre usos relevantes, que interferem no processo intelectual ou na autoria, e usos meramente operacionais. Se conseguirmos fazer este trabalho formativo, estaremos mais preparados. Ainda assim, a próxima vaga de sistemas, como a IA agentiva, colocará desafios de governação e supervisão muito mais exigentes.

### **5.3 Capacitar os alunos como agentes epistémicos e éticos: mudar as tarefas, o ensino e a avaliação**

**JBL.** Concordo com os meus colegas Paulo e António que na questão da regulação têm uma visão complementar. É preciso regular institucionalmente, mas não basta, é preciso também regular de forma supra institucional e supra nacional. Também concordo com a visão do meu colega António relativamente à natureza do comportamento humano atreito a abusos que são facilitados pela IA, pois é extremamente eficaz e rápida. Não temos alternativa, temos mesmo de desenvolver competências no exercício da ética e também desenvolvê-las nos alunos (Floridi, 2023). Os professores têm de aprender a lidar com os abusos e as instituições têm de ser mais claras e assertivas com as fraudes.

Porém, gostaria de centrar a atenção no uso de IA em tarefas de CM&T no contexto da aprendizagem. Vai ser necessário mudar várias coisas. A primeira é mudar a natureza das tarefas para permitir que os alunos sejam agentes da sua própria aprendizagem. E neste contexto a IA pode ajudar os alunos a: (a) compararem informação; (b) aplicar a solução a casos limite; (c) estender o contexto de aplicação; (d) procurar cenários alternativos para os problemas. Ou seja, trata-se transformar os nossos alunos em agentes epistêmicos e éticos e orientá-los para aprendizagens mais profundas.

O essencial é que a IA seja usada com proveito e como uma mais valia, como uma ferramenta epistêmica e não como uma forma sofisticada de delegação cognitiva.

Outro aspeto a mudar é foco da avaliação. A avaliação não pode estar focada no produto, tem de estar focada no processo. Isto é a avaliação tem de estar centrada no percurso intelectual dos alunos. Isso demora mais tempo e vai ter de se inventar novas formas de fazer isso. Tem de estar centrada também em competências de alto nível.

Finalmente, gostaria de chamar a atenção para um aspeto decisivo. Nós, enquanto indivíduos, enquanto sociedade, temos que manter o comando sobre a IA. Não podemos deixar que IA seja comandada de forma autónoma, nem comandada por multinacionais sem qualquer controlo, nem por Estados. Se nós não garantimos isto, então sim, aquele cenário traçado pelo filósofo inglês Toby Ord (2020), que identificou a IA como um dos gatilhos que pode provocar, uma catástrofe existencial no sentido que ele define, uma quebra irreversível na civilização. Segundo o mesmo autor é um risco 100 vezes mais provável do que as alterações climáticas para originar uma catástrofe existencial. Para que isto não aconteça, os humanos precisam de estar ao comando. Em termos macro, os humanos devem estar ao comando da IA. Em termos educativos, os estudantes devem estar ao comando, serem gentes epistêmicos. Os professores têm um papel fundamental na formação dos estudantes como agentes epistêmicos e éticos, mudando as tarefas, o ensino e a avaliação.

## **6. CENÁRIOS PARA DAQUI A CINCO ANOS**

**BG.** Daqui a cinco anos, o que vos parece mais provável mudar primeiro: as práticas de ensino, a natureza das tarefas propostas aos alunos, ou os modelos de avaliação?

### **6.1 Mudar as tarefas de aprendizagem, mudar a avaliação e fazer estudos empíricos sobre a utilização da IA em sala de aula**

**APC.** Eu reformularia a pergunta: não daqui a cinco anos, mas já a partir de setembro. Estamos praticamente a terminar o ano letivo, e há mudanças que precisam de começar a ser pensadas e implementadas desde já.

Podemos analisar separadamente as práticas de ensino, a natureza das tarefas e os modelos de avaliação, mas, na realidade, estas três dimensões estão profundamente interligadas. Se altero a tarefa proposta ao estudante, tenho necessariamente de repensar a forma como ensino e, por consequência, também a forma como avalio.

Há hoje um investimento crescente em tutores de IA e em sistemas de apoio personalizado à aprendizagem. Ainda assim, se tivesse de identificar a dimensão que deve mudar primeiro, começaria pelas tarefas. É isso que temos vindo a explorar na UC de Metodologias de

Investigação em Educação: alterar a própria estrutura da unidade curricular, propondo reflexões sucessivas em que os estudantes são provocados a usar IA de forma intencional e crítica.

Um aspeto particularmente interessante foi verificar que alguns estudantes só começaram a recorrer à IA a partir da quinta reflexão, por não se sentirem inicialmente confiantes no seu uso. Outros perceberam que utilizar IA para estudar um tema que ainda não dominam pode, paradoxalmente, tornar o processo mais exigente e até gerar maior confusão. Por exemplo, se um estudante começa a explorar paradigmas de investigação sem qualquer conhecimento prévio, a IA pode produzir uma resposta aparentemente clara, mas que depois exige leitura, validação e confronto com outras fontes. Caso contrário, o estudante corre o risco de repetir formulações que não compreende verdadeiramente e de não conseguir sustentá-las quando é questionado.

Esta experiência mostra que a IA não substitui conhecimento prévio; pelo contrário, tende a ser mais útil quando existe já uma base que permita avaliar, selecionar e problematizar o que ela devolve.

Por isso, começaria pela transformação das tarefas. A avaliação virá depois, até porque tende a ser um processo mais reativo e institucionalmente mais lento. Alterar modelos avaliativos exige formação, discussão coletiva e tempo de adaptação. Assim, a mudança mais urgente não é para daqui a cinco anos: deve começar já, com a reformulação das tarefas de aprendizagem.

**PMO.** Na minha opinião vão ter que mudar as três:

- práticas de ensino- têm de mudar. Há práticas de ensino utilizadas hoje que são da época medieval...
- natureza das tarefas propostas aos alunos- tem de se mudar a natureza de algumas tarefas, de forma a garantir que efetivamente o aluno teve uma participação ativa na sua elaboração.
- Modelos de avaliação- Tem de haver mais momentos dedicados à avaliação para garantir a efetiva aquisição de competências e conhecimentos. Isto com muitos alunos pode ser muito difícil de implementar. Tem de se combater o facilitismo que se está a instalar.

**JBL.** No imediato, concordo com o António e o Paulo, o que há a mudar é as tarefas que se colocam aos alunos e a forma como se avalia. Isto realmente pode fazer-se desde já. Da experiência que tenho e do que se sabe da investigação a mudança de tarefas cria experiências de aprendizagens diferentes e o professor progressivamente vai mudando o seu papel. Por exemplo, a tarefa tradicional de pedir aos alunos que resolvam vários problemas de física pode ser transformada numa tarefa recorrendo a IA. Para que isto seja proveitoso para os alunos pode-se começar por dar soluções erradas e pedir para identificar os erros e pedir adicionalmente: (a) expande a tua compreensão da física por trás do problema, por exemplo: (i) colocando uma condição diferente da do enunciado (por exemplo para o problema 24, supõe que a colisão é perfeitamente inelástica); (ii) identificando que outros problemas são deste mesmo tipo; (iii) identificando o que acontece para valores limite dos parâmetros (zero ou infinito) ou o valor de um é muito maior que o de outro; (b) um relatório de interação com a IA acompanhado de uma reflexão incidindo sobre aspetos como (i) que aspetos da solução foram para ti uma surpresa, (ii) como verificaste que o raciocínio e/ou a solução é correta; (iii) que conceitos e/ou procedimentos a IA usou para resolver o problema; (iv) o que aprendeste de Física. Neste cenário, e com este tipo de tarefa, apesar de haver alguns alunos que usam a IA para obter respostas, a maioria tira

proveito do uso da IA de forma a mais rapidamente explorar várias possibilidades que a simples abordagem de um problema proporciona.

Claro, ao mudar as tarefas a avaliação terá de mudar como já referi.

Há outros aspetos a mudar que carecem de maior reflexão e mais tempo. Como já referi a sala de aula como ecossistema terá de ser reconfigurada em termos físicos, de conectividade e principalmente como “espaço” de interação entre múltiplas agências (professor, alunos, IA e eventualmente outros especialistas). O primeiro desafio é criar condições para que os alunos sejam agentes epistémicos e éticos. Estas mudanças levarão a profundas mudanças no ensino e na aprendizagem. Na minha opinião, teremos de redescobrir a verdadeira natureza do que é ensinar e do que é aprender e reinventar os papéis de professor e alunos.

Finalmente, gostaria de destacar a imperiosa necessidade de fazer estudos empíricos sobre a utilização da IA em sala de aula para se criar um corpo de conhecimentos sobre: (a) como usar a IA com proveito; (b) que novas competências são necessárias e como desenvolvê-las; (c) como se reconfiguram os papéis de professor e alunos; (d) que características têm os novos ecossistemas educativos que se estão a concretizar; (e) que riscos e ameaças estão a surgir para o desenvolvimento intelectual e ético dos alunos; (f) que novas oportunidades estão a surgir para o uso proveitoso da IA.

## **7. REFLEXÕES SUSCITADAS PELO PÚBLICO E APROFUNDAMENTO DO DEBATE**

O moderador, Bruno Gavaia, deu a palavra ao público no sentido de se aprofundar alguns assuntos. De entre os assuntos abordados neste período da mesa redonda destacam-se cinco tópicos sintetizados pelo moderador.

A reflexão sobre o papel das grandes empresas tecnológicas e a possibilidade de estarmos a ser “ingênuos” ao pensar apenas em aplicações pedagógicas interessantes para as nossas aulas, quando existem interesses e dinâmicas globais que poderão afetar-nos de forma muito mais rápida e profunda. Foi referida, por exemplo, a expressão clara dos interesses destas grandes empresas tecnológicas.

A questão dos explicadores de Matemática, da preparação para exames e dos tutores de IA. Discuti-se a possibilidade de cada aluno vir a ter um tutor de IA personalizado, levantando-se a questão de saber se estes tutores poderão, ou não, funcionar como equivalentes aos explicadores humanos.

A preocupação com a formação de monoculturas científicas e com uma possível colonização do conhecimento sem precedentes, dada a dificuldade de controlar a evolução da IA. Neste ponto, foi também referido que os sistemas de IA dialogam diretamente com o nosso sistema de inteligência mais reativo, e não tanto com o sistema reflexivo, o que pode tornar os utilizadores mais suscetíveis à influência destes sistemas, de forma semelhante ao que já acontece com as redes sociais (Lawrence, 2024).

A ideia de que uma possível abordagem sobre o uso da IA na educação passa por cultivar a diversidade, procurando deliberadamente que os alunos produzam respostas, interpretações e formas de pensar diferentes entre si. Foi também referida a necessidade de algum tipo de ativismo para garantir que os humanos se mantêm no controlo da IA face à possibilidade de

catástrofe existencial, a exemplo do ativismo contra as alterações climáticas cujo risco é menor como foi visto acima.

Houve também uma provocação associada à avaliação, nomeadamente à distinção entre avaliação da aprendizagem, avaliação para a aprendizagem, ou uma eventual combinação das duas. Neste contexto, discutiu-se a possibilidade de existirem momentos em que a utilização da IA seja permitida e outros em que não o seja, cultivando uma certa dieta cognitiva. A reflexão apontou também para a necessidade de deslocar o foco do produto final para o processo, recorrendo eventualmente a métodos mistos de avaliação: momentos com recurso à tecnologia, incluindo IA, e momentos sem qualquer tipo de equipamento ou apoio digital.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A discussão realizada nesta mesa redonda permitiu evidenciar que a integração da inteligência artificial na educação em Ciências, Matemática e Tecnologia representa um dos maiores desafios contemporâneos para os sistemas educativos. Longe de se limitar à introdução de novas ferramentas digitais, a IA surge como uma transformação estrutural capaz de alterar profundamente os modos de ensinar, aprender, avaliar e produzir conhecimento.

Os contributos dos participantes convergiram na ideia de que a questão central já não reside em decidir se a IA deve ou não ser utilizada em contexto educativo, mas antes em compreender como pode ser integrada de forma pedagogicamente significativa, ética e humanamente responsável. Neste sentido, a IA foi descrita simultaneamente como oportunidade e ameaça: oportunidade pela capacidade de apoiar a personalização da aprendizagem, estimular novas formas de interação e ampliar possibilidades cognitivas; ameaça pelos riscos associados à delegação cognitiva, à superficialidade do conhecimento, à perda de pensamento crítico e ao enfraquecimento da autonomia intelectual dos estudantes.

Um dos aspetos mais relevantes do debate foi o reconhecimento de que a utilização da IA exige mudanças profundas na natureza das tarefas educativas e nos modelos de avaliação. As práticas centradas exclusivamente no produto final revelam-se insuficientes perante ferramentas capazes de gerar respostas rápidas e sofisticadas. Consequentemente, torna-se necessário privilegiar processos de aprendizagem que valorizem o raciocínio, a reflexão, a argumentação, a validação crítica da informação e a explicitação dos percursos intelectuais dos estudantes.

Do mesmo modo, o papel do professor tende a sofrer uma reconfiguração significativa. O docente deixa progressivamente de ser visto apenas como transmissor de conteúdos, assumindo funções de mediador, orientador e “arquiteto da aprendizagem”. Esta mudança implica não apenas novas competências técnicas, mas também capacidades éticas, epistemológicas e pedagógicas que permitam enquadrar criticamente o uso da IA em ambientes educativos complexos.

Outro eixo central da discussão foi a necessidade de desenvolver literacia em IA, tanto nos professores como nos alunos. A formação para o uso crítico destas tecnologias foi apresentada como condição essencial para evitar dependências acríticas, promover a autonomia cognitiva e garantir que os estudantes permaneçam agentes epistémicos ativos no processo de construção do conhecimento.

Ficou evidente que os desafios colocados pela IA ultrapassam as fronteiras das instituições educativas e exigem respostas articuladas a nível institucional, nacional e internacional. Questões relacionadas com autoria, integridade académica, transparência, supervisão humana e regulação ética tornam-se incontornáveis num contexto em que os sistemas de IA evoluem rapidamente e adquirem crescente autonomia.

Finalmente, destacou-se a necessidade de desenvolver mais trabalho de campo e investigação empírica, de forma a compreender o que está efetivamente a acontecer nas escolas e nas salas de aula, nomeadamente ao nível da utilização da IA por professores e alunos, da avaliação, da gestão pedagógica e dos impactos reais destas ferramentas.

Em síntese, a mesa redonda reforçou a ideia de que o futuro da educação dependerá menos da tecnologia em si e mais das escolhas pedagógicas, éticas e sociais que forem feitas relativamente ao seu uso. A IA poderá contribuir para uma educação mais rica, crítica e significativa, desde que os seres humanos — professores e estudantes — permaneçam no centro das decisões e dos processos de aprendizagem.

## REFERENCES

- Bai, L., Liu, X., & Su, J. (2023). ChatGPT: The cognitive effects on learning and memory. *Brain-X*, 1 (3), e30.
- Cain, W. (2025). Cognitive partners in design: Using generative AI for active online learning in a graduate-level course. *Educational Research: Theory and Practice*, 36(1), 42-51.
- Cheung, K. K. C., Long, Y., Liu, Q., & Chan, H. Y. (2025). Unpacking epistemic insights of artificial intelligence (AI) in science education: A systematic review. *Science & Education*, 34(2), 747-777.
- Floridi, L. (2023). *The ethics of artificial intelligence: Principles, challenges, and opportunities*. Oxford University Press.
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6.
- Ho, J. Q. H., Hu, M., Chen, T. X., & Hartanto, A. (2025). Potential and pitfalls of romantic Artificial Intelligence (AI) companions: A systematic review. *Computers in Human Behavior Reports*, 19, 100715. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100715>
- Humeau, Y., & Choquet, D. (2019). The next generation of approaches to investigate the link between synaptic plasticity and learning. *Nature neuroscience*, 22(10), 1536-1543.
- Ibrahim, L., Hafner, F. S., & Rocher, L. (2026). Training language models to be warm can reduce accuracy and increase sycophancy. *Nature*, 652(8112), 1159–1165. <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10410-0>
- Kong, L., Zhang, W., Huang, W., Huang, L., & Huang, S. (2026). Challenge or threat? The double-edged sword effect of AI use on innovative teaching behavior among primary and secondary school teachers in China. *Humanities and Social Sciences Communications*.
- Lawrence, N. D. (2024). *The atomic human: Understanding ourselves in the age of AI*. Random House.
- Leamson, R. (2000). Learning as Biological Brain Change. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 32(6), 34–40. <https://doi.org/10.1080/00091380009601765>
- Lei, Y. (2024). Unlocking the secrets of STEM success: Exploring the interplay of motivation to learn science, self-regulation, and emotional intelligence from a perspective of self-determination theory. *Learning and Motivation*, 87, 102012.
- Lin, F., & Puntambekar, S. (2025). Epistemic scaffolding: Understanding and designing the support for epistemic growth in science. *International Journal of Science Education*, 47(6), 769-793.

- Linardon, J., Jarman, H. K., McClure, Z., Anderson, C., Liu, C., & Messer, M. (2025). Influence of Topic Familiarity and Prompt Specificity on Citation Fabrication in Mental Health Research Using Large Language Models: Experimental Study. *JMIR Ment Health*, *12*, e80371. <https://doi.org/10.2196/80371>
- Lorenz, K. Z. (2013). Keynote: Innate bases of learning. In *Learning as self-organization* (pp. 1-52). Psychology Press.
- Ord, T. (2020). *The precipice: Existential risk and the future of humanity*. Hachette UK.
- Parker, S. (2006). The biology of learning. In *Human Learning* (pp. 16-31). Routledge.
- Shaw, S. D., & Nave, G. (2026). *Thinking-Fast, Slow, and Artificial: How AI is Reshaping Human Reasoning and the Rise of Cognitive Surrender*. Available at SSRN 6097646.
- Urenje, S. (2025). Learning for a Future We Do Not Know. In *Teacher Training and Student Learning-Past Values, Present Uncertainties and Future Prospects*. IntechOpen.
- Wagensberg, J. (2013). *La rebelión de las formas: o, cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta*. Metatemas.
- Wang, S., & Zhang, H. (2026). Pedagogical partnerships with generative AI in higher education: how dual cognitive pathways paradoxically enable transformative learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *23*(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41239-026-00585-x>
- Wehmeyer, M., & Zhao, Y. (2020). *Teaching students to become self-determined learners*. Ascd.
- Wenger, E., & Kenett, Y. N. (2026). Large language models are homogeneously creative. *PNAS nexus*, *5*(3), pgag042.
- Zhang, M., & Zhao, T. (2025). Citation Accuracy Challenges Posed by Large Language Models. *JMIR Med Educ*, *11*, e72998. <https://doi.org/10.2196/72998>
- Zohar, E., Bloom, P., & Inzlicht, M. (2026). Against frictionless AI. *Communications Psychology*, *4*(1), 39.

## BREVES NOTAS SOBRE OS PARTICIPANTES

**Bruno Gavaia**, doutorando em Didática de Ciências e Tecnologia na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, com investigação centrada na utilização de inteligência artificial generativa e conversacional por docentes em processos de planificação e preparação de aulas. É docente na área da educação e tecnologias digitais, tendo desenvolvido trabalho em contextos de ensino básico e superior, nomeadamente em programação, robótica educativa, modelação 3D, pensamento computacional e integração pedagógica de recursos digitais. Os seus interesses de investigação incidem sobre a formação de professores, a criatividade docente, a inovação pedagógica, a utilização de artefactos digitais no ensino e o papel da inteligência artificial enquanto mediadora de processos de conceção, adaptação e desenvolvimento de práticas educativas.

**J. Bernardino Lopes**, Professor Catedrático da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, na área da Didática da Física. É investigador do CIDTFF, onde coordena um laboratório de investigação, e atualmente exerce funções como Diretor do Programa Doutoral em Investigação em Educação em Ciências e Tecnologia da UTAD. É também diretor e editor da revista científica internacional *APeDuC Journal*. Conta com mais de 200 publicações científicas e uma vasta experiência na orientação de investigadores, incluindo doutorandos e pós-doutorandos. Os seus interesses de investigação centram-se na educação em ciências e tecnologia, com particular enfoque na mediação da aprendizagem, na formação de professores e na utilização de artefactos digitais — incluindo a inteligência artificial — enquanto ferramentas para potenciar a aprendizagem.

**António Pedro Costa**, investigador do Centro de Investigação e Intervenção Educativas, da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto e está associado ao desenvolvimento do software de análise qualitativa webQDA. É docente na área das metodologias de investigação e coordenador de importantes eventos científicos internacionais, como o Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa e a World Conference on Qualitative Research. É ainda editor principal da revista *New Trends in Qualitative Research*. Os seus interesses de investigação incidem sobre a utilização de tecnologias na investigação, incluindo a inteligência artificial, a ética, os métodos mistos e a curadoria de dados. Foi distinguido, em 2023, com menção honrosa no Prémio Investigador da Universidade de Aveiro.

**Paulo Moura Oliveira**, Professor Associado com Agregação no Departamento de Engenharia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. É investigador sénior no INESC-TEC e possui formação na área da Engenharia Eletrotécnica, com doutoramento em Engenharia de Controlo pela Universidade de Salford, no Reino Unido. A sua investigação centra-se nas áreas do controlo automático de sistemas, inteligência artificial, computação evolucionária e otimização, no contexto da resolução de problemas em engenharia. É autor de mais de 200 publicações científicas com revisão por pares.



**S4**

**LIVROS E COMPANHIA:  
RECENSÕES CRÍTICAS E  
SUGESTÕES DE INTEGRAÇÃO  
DE RECURSOS DIDÁTICOS**

—

**BOOKS AND MORE: CRITICAL  
REVIEWS AND SUGGESTIONS  
FOR INTEGRATING TEACHING  
RESOURCES**

# S4

Esta secção destina-se a acolher:

- A. Recensões críticas de obras científicas /literárias /artísticas /educativas, com potencial relação com Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia;
  - B. Sugestões de recursos (blogs, simulações, animações, vídeos, jogos, aplicativos online, etc) com a respetiva descrição da experiência educativa de integração.
- 

This section is intended to accommodate:

- A. Critical reviews of scientific/literary/artistic/educational works, with potential relation to Education in Science, Mathematics and Technology;
  - B. Suggestions of resources (blogs, simulations, animations, videos, games, online applications, etc) with the respective description of the educational experience of integration.
- 

Esta sección está destinada a acomodar:

- A. Reseñas críticas de obras científicas / literarias / artísticas / educativas, con potencial relación con la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología;
- B. Sugerencias de recursos (blogs, simulaciones, animaciones, vídeos, juegos, aplicaciones en línea, etc.) con la respectiva descripción de la experiencia educativa de integración.

**SUGESTÃO DE INTEGRAÇÃO DO RECURSO DIDÁTICO “SIMULAÇÃO INTERATIVA  
PHET – LABORATÓRIO DO CAPACITOR: BÁSICO”**

SUGGESTION FOR INTEGRATING THE TEACHING RESOURCE “PHET INTERACTIVE SIMULATION –  
CAPACITOR LAB: BASICS”

SUGERENCIA PARA INTEGRAR EL RECURSO DIDÁCTICO “SIMULACIÓN INTERACTIVA PHET –  
LABORATORIO DEL CAPACITOR: BÁSICO”

**Wellington Cantanhede dos Santos & Edvan Moreira**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Rede Nordeste de Ensino (RENOEN) - Universidade Estadual do  
Maranhão (UEMA)  
wellingtonc.santos@hotmail.com



**Figura 1.** Laboratório do Capacitor: Básico. University of Colorado Boulder.

[https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/1.6.34/capacitor-lab-basics\\_pt.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/1.6.34/capacitor-lab-basics_pt.html)

## 1. ENQUADRAMENTO DO RECURSO DIDÁTICO

O recurso digital representado na Figura 1 “Laboratório do Capacitor: Básico”, disponibilizado pelo projeto PhET Interactive Simulations, permite explorar o funcionamento de um capacitor por meio da manipulação de variáveis como tensão aplicada, área das placas, distância entre as placas, capacitância e carga armazenada, além de possibilitar a observação da descarga do capacitor em circuito com lâmpada. A simulação encontra-se disponível gratuitamente online, podendo ser utilizada em diferentes idiomas, inclusive em português.

O recurso foi integrado em uma atividade didática voltada ao estudo de capacitores, capacitância e processos de carga e descarga em circuitos elétricos, no contexto do ensino médio. A proposta foi utilizada como estratégia de aprofundamento e consolidação de conceitos de Eletrostática e Eletrodinâmica, especialmente aqueles relacionados à relação entre diferença de potencial, quantidade de carga armazenada e geometria do capacitor.

A integração desse recurso mostra-se particularmente pertinente no estudo de capacitores no ensino médio, uma vez que esse conteúdo costuma exigir dos alunos um nível considerável de abstração. Em geral, não basta memorizar as expressões que relacionam capacitância, carga e voltagem; é necessário compreender que a capacitância depende da geometria do sistema e que a carga armazenada, a diferença de potencial e a energia elétrica estão relacionadas, mas não se confundem conceitualmente (Halliday et al., 2016; Tipler & Mosca, 2009; Young & Freedman, 2009). Nesse sentido, a simulação favorece a articulação entre representação visual, manipulação de variáveis e discussão conceitual, tornando mais acessíveis ideias que, muitas vezes, permanecem excessivamente formais quando abordadas apenas por meio de quadro, fórmula e resolução algébrica.

## 2. DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA EDUCATIVA DE INTEGRAÇÃO DO RECURSO

A experiência educativa foi desenvolvida com 42 alunos na disciplina de Física em uma aula de aproximadamente 50 minutos, em ambiente com acesso à internet, com os alunos organizados em duplas. Inicialmente, o professor retomou, de forma breve, o conceito de capacitor como dispositivo de armazenamento de carga elétrica, problematizando o papel desse componente em circuitos eletrônicos e em situações do cotidiano tecnológico.

Em seguida, os estudantes acessaram a simulação “Laboratório do Capacitor: Básico” e exploraram, com mediação do professor, as abas “Capacitância” e “Lâmpada”. Em um primeiro momento, foi solicitado que carregassem o capacitor utilizando uma bateria de 1,5 V, observando o comportamento do sistema e medindo a tensão no capacitor após a desconexão da fonte. Essa etapa teve como finalidade discutir se o capacitor mantém ou não a diferença de potencial acumulada após ser desligado da bateria.

Posteriormente, os alunos fecharam o circuito com a lâmpada, de modo a observar o processo de descarga do capacitor. A partir dessa exploração, foram convidados a descrever o que acontecia com o brilho da lâmpada ao longo do tempo e a relacionar esse comportamento com a liberação gradual da energia previamente armazenada no capacitor.

Na sequência, os estudantes manipularam a área das placas e a distância entre elas, analisando qualitativamente o efeito dessas alterações sobre a capacitância e sobre a quantidade

de carga armazenada. O professor orientou a discussão com questões como: o que acontece com a capacitância quando a área das placas aumenta? O que ocorre quando a distância entre as placas diminui? De que forma a tensão inicial influencia a quantidade de carga acumulada e a descarga observada?

As respostas foram registradas em um roteiro de exploração entregue aos alunos, contendo perguntas abertas e solicitações de justificativa. Ao final da atividade, houve um momento de socialização oral, no qual as duplas compartilharam suas conclusões e confrontaram previsões iniciais com o que foi observado na simulação.

Os alunos demonstraram boa receptividade ao recurso, sobretudo pela possibilidade de manipular as variáveis e observar imediatamente os seus efeitos. A visualização dinâmica do processo favoreceu o envolvimento da turma e contribuiu para tornar mais acessível a compreensão de ideias que, frequentemente, são trabalhadas de modo excessivamente abstrato. As principais dificuldades estiveram relacionadas à distinção entre tensão, carga e capacitância, bem como à compreensão de que a capacitância depende da geometria do sistema e não apenas da tensão da bateria.

### **3. BALANÇO E SUGESTÕES**

A integração da simulação “Laboratório do Capacitor: Básico” revelou-se pedagogicamente relevante para o ensino de capacitores, especialmente por permitir que os alunos relacionassem representações visuais e manipulações diretas com conceitos físicos de maior abstração. O recurso mostrou-se particularmente útil para explorar, de forma qualitativa, a influência da área das placas e da distância entre elas sobre a capacitância, assim como para discutir os processos de carga e descarga em circuitos simples.

Do ponto de vista didático, uma das principais vantagens da atividade foi favorecer uma aula mais centrada no aluno, marcada por observação, levantamento de hipóteses, teste de ideias e argumentação. Além disso, a simulação permitiu explorar o erro como parte do processo de aprendizagem, uma vez que os estudantes puderam rever interpretações iniciais à medida que manipulavam o recurso e discutiam os resultados com os colegas.

Como limitação, observou-se que alguns alunos tendem a interpretar a descarga do capacitor de forma apenas descritiva, sem conseguir, num primeiro momento, relacioná-la ao escoamento gradual de carga no circuito e à diminuição da energia armazenada. Por isso, a atividade torna-se mais proveitosa quando acompanhada por um roteiro orientador e pela mediação constante do professor, sobretudo em turmas que ainda apresentam fragilidades na compreensão dos conceitos básicos de eletricidade.

Para docentes que pretendam utilizar este recurso, sugere-se a organização dos alunos em duplas, o uso de um roteiro curto com questões investigativas e a seleção de poucas variáveis por vez, evitando sobrecarga cognitiva. Também se recomenda que a exploração da simulação seja articulada com uma discussão final coletiva, de modo a sistematizar os conceitos e corrigir interpretações equivocadas.

Em síntese, trata-se de um recurso acessível, visualmente intuitivo e com elevado potencial para apoiar o ensino de capacitores no ensino médio, podendo ser utilizado tanto em atividades de introdução como de aprofundamento ou revisão de conteúdos.

## REFERÊNCIAS

- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2016). *Fundamentos de física: Eletromagnetismo* (10ª ed., Vol. 3). LTC.
- Physics Education Technology Project. (n.d.). *Laboratório do capacitor: Básico*. University of Colorado Boulder. [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/capacitor-lab-basics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/capacitor-lab-basics)
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2009). *Física para cientistas e engenheiros* (6ª ed., Vol. 2, *Eletricidade e magnetismo, óptica*). LTC.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física III: Eletromagnetismo* (12ª ed.). Pearson.

## ROTEIRO DE ATIVIDADE

### SIMULAÇÃO INTERATIVA PHET – LABORATÓRIO DO CAPACITOR: BÁSICO

#### 1. IDENTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE

Recurso utilizado	Simulação PhET — Laboratório do Capacitor: Básico (University of Colorado Boulder)
Link de acesso	<a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/1.6.34/capacitor-lab-basics_pt.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/1.6.34/capacitor-lab-basics_pt.html</a>
Conteúdo	Capacitores, capacitância, carga elétrica, descarga em circuitos simples
Nível	Ensino Médio (2.º ou 3.º ano — Eletrostática/Eletrodinâmica)
Duração	Aproximadamente 50 minutos
Organização	Alunos em duplas
Requisitos	Computadores, tablets ou celulares com acesso à internet

#### 2. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Ao final da atividade, espera-se que o(a) aluno(a) seja capaz de:

- ✓ Compreender o funcionamento de um capacitor como dispositivo de armazenamento de carga elétrica.
- ✓ Relacionar a capacitância com a geometria do capacitor (área das placas e distância entre elas).
- ✓ Distinguir, conceitualmente, tensão (diferença de potencial), carga armazenada e capacitância.
- ✓ Descrever e explicar o processo de carga e descarga do capacitor em um circuito simples com lâmpada.
- ✓ Levantar hipóteses, testar previsões e argumentar com base nas evidências observadas na simulação.

#### 3. CRONOGRAMA DA AULA

Tempo	Etapa	Descrição da Atividade
0–5 min	Abertura	O professor retoma brevemente o conceito de capacitor como dispositivo de armazenamento de carga, problematizando exemplos do cotidiano tecnológico (flash de câmera, desfibrilador, fonte de computador).
5–10 min	Acesso	As duplas acessam a simulação no link indicado e exploram livremente a interface por 2–3 minutos antes de iniciar o roteiro orientador.
10–20 min	Exploração 1	Atividade guiada na aba 'Capacitância': os alunos carregam o capacitor com 1,5 V, desconectam a bateria e observam a

		tensão retida. Em seguida, manipulam área das placas e distância, registrando os efeitos.
20–30 min	Exploração 2	Atividade na aba 'Lâmpada': os alunos fecham o circuito e observam o processo de descarga do capacitor, relacionando o brilho da lâmpada com a energia liberada ao longo do tempo.
30–40 min	Registro	As duplas respondem às questões do roteiro orientador, justificando suas respostas com base no que foi observado.
40–50 min	Socialização	Cada dupla compartilha uma conclusão. O professor sistematiza os conceitos no quadro e corrige interpretações equivocadas.

#### 4. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- ✓ Computadores, notebooks, tablets ou celulares com acesso à internet.
- ✓ Projetor ou TV para demonstração inicial pelo professor (opcional, mas recomendado).
- ✓ Este roteiro impresso ou disponível digitalmente para cada dupla.
- ✓ Lápis, caneta ou acesso a formulário digital para registro das respostas.

#### 5. ROTEIRO ORIENTADOR PARA OS ALUNOS

##### PARTE A — Carga do Capacitor (Aba: Capacitância)

Siga as instruções abaixo e registre suas observações:

1. Conecte a bateria de 1,5 V ao capacitor e aguarde alguns instantes.
2. Observe o valor da tensão exibida no voltímetro.
3. Desconecte a bateria. O que acontece com a tensão marcada no capacitor?
4. Agora aumente a área das placas. Observe o que acontece com a capacitância e a carga armazenada.
5. Diminua a distância entre as placas. O que muda na capacitância?

1	Após desconectar a bateria, o capacitor ainda mantém tensão? Por quê? Relacione sua resposta ao papel do capacitor como dispositivo de armazenamento. Resposta:
2	O que acontece com a capacitância quando a área das placas aumenta? A carga armazenada também muda, mantendo a mesma tensão? Explique. Resposta:
3	Ao diminuir a distância entre as placas, o que ocorre com a capacitância e com a carga?  Resposta:

## PARTE B — Descarga do Capacitor (Aba: Lâmpada)

Com o capacitor carregado, feche o circuito com a lâmpada e observe:

1. Carregue o capacitor (use 1,5 V) e, em seguida, conecte a lâmpada.
2. Observe o comportamento do brilho da lâmpada ao longo do tempo.
3. Repita o processo com 3,0 V e compare o brilho inicial e a duração da descarga.

<b>1</b>	O brilho da lâmpada permanece constante durante a descarga? O que esse comportamento indica? Relacione o brilho à energia armazenada no capacitor. Resposta:
<b>2</b>	Ao usar tensão maior (3,0 V), o que muda na descarga? A lâmpada brilha por mais ou menos tempo?  Resposta:
<b>3</b>	Em que situações práticas esse comportamento de descarga gradual pode ser útil? Dê um exemplo. Pense em equipamentos eletrônicos do dia a dia. Resposta:

## 6. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO FORMATIVA

Esta atividade pode ser avaliada de forma formativa, observando:

- ✓ Participação ativa das duplas durante a exploração (engajamento, perguntas levantadas).
- ✓ Qualidade das respostas registradas no roteiro, especialmente a presença de justificativas conceituais, não apenas descritivas.
- ✓ Contribuição na socialização oral: clareza das conclusões e capacidade de confrontar previsões iniciais com as observações.

## 7. SUGESTÕES DE MELHORIA PARA APLICAÇÕES FUTURAS

### 7.1 Aprimoramentos Pedagógicos

- ✓ Introduzir uma etapa de previsão escrita antes do acesso à simulação, promovendo conflito cognitivo ao comparar previsão x observação. Isso ativa conhecimentos prévios e aumenta o engajamento metacognitivo.
- ✓ Adicionar uma questão de aplicação contextualizada ao final, como: 'Por que o flash de uma câmera fotográfica usa um capacitor em vez de uma bateria diretamente?' Isso favorece a transferência do aprendizado para situações reais.

- ✓ Incluir uma etapa quantitativa opcional para turmas mais avançadas: calcular  $Q = C \cdot V$  usando os valores exibidos na simulação e verificar a coerência com o que foi observado.
- ✓ Propor, em aulas seguintes, a conexão com o conceito de energia armazenada ( $E = C \cdot V^2/2$ ), ampliando progressivamente a formalização matemática.

## 7.2 Ajustes na Organização da Turma

Considerar grupos de três alunos em turmas com acesso limitado a dispositivos, delegando papéis: um operador da simulação, um observador/anotador e um comunicador responsável pela socialização.

Para turmas com maior heterogeneidade, preparar uma versão simplificada do roteiro com menos variáveis por etapa, reduzindo a sobrecarga cognitiva de alunos com mais dificuldades.

Reservar 5 minutos adicionais no final da socialização para que o professor sistematize no quadro os conceitos centrais em forma de mapa ou tabela-resumo, consolidando o aprendizado.

## 7.3 Integração com Outras Estratégias Didáticas

- ✓ Articular a simulação com um experimento físico real (mesmo que simplificado, como a descarga de um capacitor eletrolítico em um LED), criando uma ponte entre o ambiente virtual e o laboratório.
- ✓ Utilizar a simulação em uma sequência didática mais ampla: 1-introdução pelo professor 2-exploração na simulação 3- resolução de problemas 4- sistematização 5- avaliação, tornando a atividade parte de um ciclo de aprendizagem completo.
- ✓ Gravar ou projetar a tela durante a exploração de uma dupla como ponto de partida para a socialização, tornando a discussão mais concreta e menos dependente de relatos orais.

## 7.4 Avaliação e Registro da Aprendizagem

Implementar um portfólio digital simples (pode ser um documento colaborativo compartilhado) onde os alunos registrem suas reflexões ao longo das atividades com simulação, criando um histórico de aprendizagem.

Aplicar um quiz rápido (3 a 5 questões de múltipla escolha conceitual) imediatamente após a atividade para mensurar ganhos de aprendizagem e identificar lacunas persistentes.

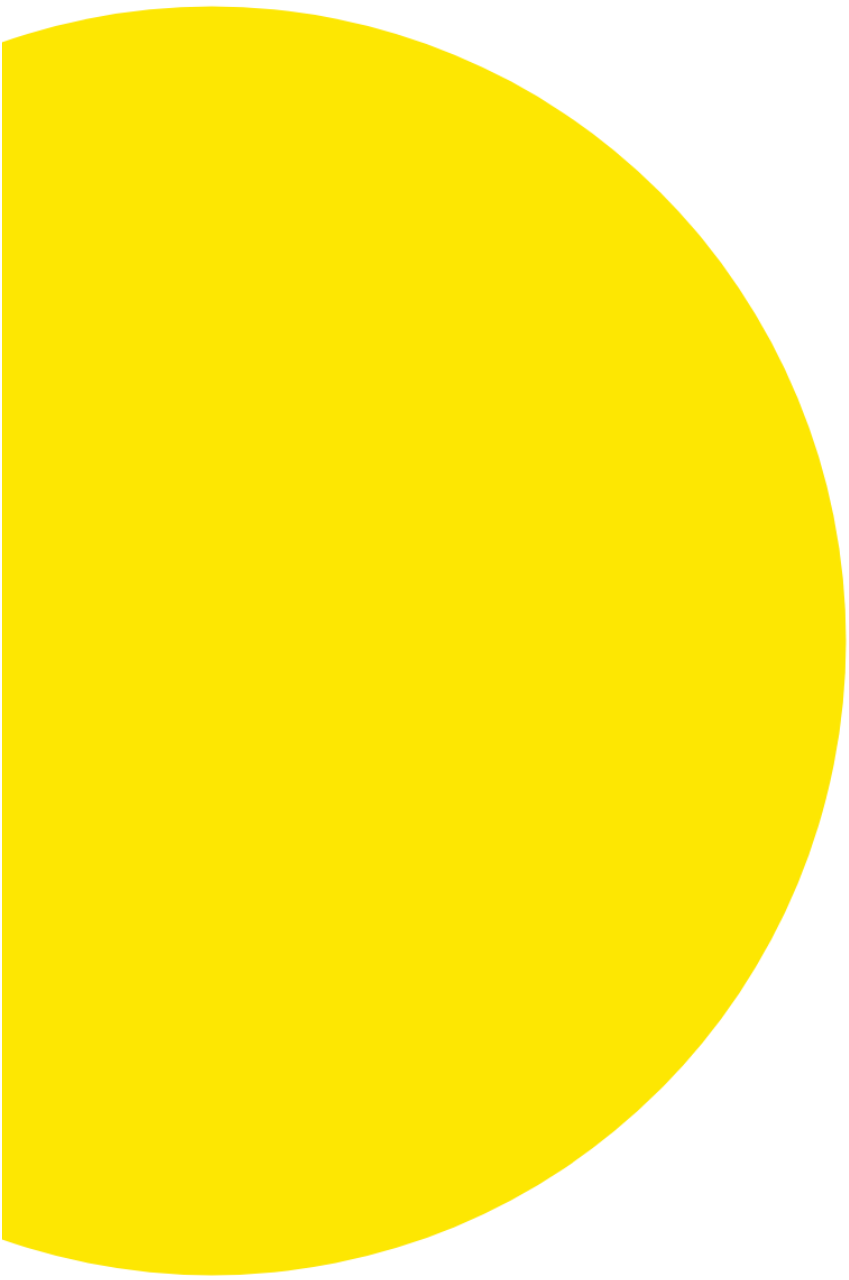
Retomar, em aula posterior, as questões que geraram mais dúvidas ou respostas equivocadas, utilizando os próprios registros dos alunos como ponto de partida para a revisão.

## **7.5 Acessibilidade e Inclusão**

Para alunos com deficiência visual ou baixa visão, explorar a compatibilidade da simulação com leitores de tela e, se necessário, preparar descrições verbais das variáveis e comportamentos observados.

Disponibilizar o roteiro em versão com fonte ampliada e espaçamento maior para alunos com necessidades específicas de leitura.

Verificar previamente a acessibilidade dos dispositivos disponíveis na escola e testar a simulação no navegador padrão dos computadores do laboratório para evitar imprevistos técnicos.



**S5**

TEM A PALAVRA...

—

GIVING THE FLOOR...

# S5

Espaço de opinião ou curta entrevista a profissionais envolvidos na Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

---

Opinion space or short interview to professionals involved in Science, Mathematics, and Technology Education or Communication.

---

Espacio de opinión o entrevista corta con profesionales de la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología.

## ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NUMA VIRADA CULTURAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

SCIENTIFIC LITERACY IN A CULTURAL TURN IN SCIENCE EDUCATION

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN UN GIRO CULTURAL EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

**Glória Queiroz & Giselle Faur**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
gloriapcq@gmail.com

**RESUMO** | Neste trabalho, partimos da ideia já consolidada da Ciência como parte da Cultura para incluir conhecimentos Yanomami, em especial os apresentados no livro *A Queda do Céu*, construindo caminhos no Ensino de Ciências que valorizam práticas dialógicas e cordiais que incluem diversas culturas e povos. Para isso, apresentamos o processo dinâmico de desenvolvimento de pesquisas que buscam dar conta de elementos e dimensões da Educação em Ciências e seus referenciais teórico-metodológicos. Privilegiamos aqui a Alfabetização Científica e seus eixos estruturantes e a formação inicial de professores como espaço privilegiado para pensar a ciência e seu ensino. Concluimos com a ideia de Complexidade como caminho de integração. Na busca por diálogos interculturais, localizamos pontos de convergência entre os Conhecimentos indígenas e os da Ciência hegemônica e problematizamos a visão empírico-indutivista da ciência ainda ensinada e que influencia negativamente o modo de entender outras formas de conhecimento por considerá-las inferiores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conteúdos cordiais, Alfabetização científica, Educação em ciências, Complexidade.

**ABSTRACT** | In this work, we start from the already consolidated idea of Science as part of Culture to include Yanomami knowledge, especially that presented in the book *The Fall of the Sky*, building pathways in Science Education that value dialogical and cordial practices that include diverse cultures and peoples. To this end, we present the dynamic process of developing research that seeks to account for elements and dimensions of Science Education and its theoretical-methodological frameworks. We prioritize Scientific Literacy and its structuring axes, and the initial training of teachers as a privileged space for thinking about science and its teaching. We conclude with the idea of Complexity as a path to integration. In the search for intercultural dialogues, we locate points of convergence between Indigenous knowledge and that of hegemonic Science, and we problematize the empirical-inductivist view of science still taught, which negatively influences the way other forms of knowledge are understood by considering them inferior.

**KEYWORDS:** Friendly content, Scientific literacy, Science education, Complexity.

**RESUMEN** | Partimos de la idea de la Ciencia como parte de la Cultura para incluir el saber Yanomami, especialmente el presentado en el libro *La Caída del Cielo*, construyendo caminos en la Educación Científica que valoran las prácticas dialógicas y cordiales que incluyen diversas culturas. Presentamos el proceso dinámico de desarrollo de la investigación que busca dar cuenta de los elementos y dimensiones de la Educación Científica y sus marcos teórico-metodológicos. Priorizamos la Alfabetización Científica y la formación inicial del profesorado como un espacio privilegiado para reflexionar sobre la ciencia y su enseñanza. Concluimos con la idea de la Complejidad como camino hacia la integración. En la búsqueda de diálogos interculturales, localizamos puntos de convergencia entre el saber indígena y el de la Ciencia hegemónica, y problematizamos la visión empírico-inductivista de la ciencia que aún se enseña, la cual influye negativamente en la manera en que se comprenden otras formas de saber al considerarlas inferiores.

**PALABRAS CLAVE:** Contenido amigable, Alfabetización científica, Educación científica, Complejidad.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao aceitarmos o convite de Graeber & Wengrow (2022) para imaginarmos o futuro que desejamos, consideramos a importância de incorporar perspectivas para uma “mudança transcultural” na alfabetização científica no ensino de ciências, tema debatido há décadas na literatura. Incluímos abordagens híbridas que não se restringem à inclusão de elementos culturais de povos indígenas, mas consideram toda a complexidade do conhecimento desses povos, levando em conta as diferenças epistemológicas (Queiroz et al., 2024). Os autores citados buscam “contribuições ao pensamento social que vieram de fora do cânone europeu e, em particular, dos povos indígenas” (pag. 19), procurando entender algumas posições preconceituosas que têm impedido qualquer possibilidade concreta de troca intelectual e até mesmo de algum diálogo. E eles se perguntam o porquê se insistir em afirmar que todas as formas de progresso humano anteriores ao século XX só podem ser atribuídas a um único grupo de seres humanos, que costuma se referir a si mesmo como ‘a raça branca’ (formada pelos napë, para o povo Yanomami). E concluem dizendo que “não há nenhuma razão para isso” (Graeber & Wengrow pag.32).

Nos dias de hoje os Yanomami acreditam que “cientistas e pesquisadores” devem aprender a ouvir os pajés, pois eles são os que conhecem os “lugares de perigo” que os napë insistem em pisar e deixar seus rastros de destruição (Benucci, 2025). Além desse tipo de alerta que vem sendo feito pelos povos indígenas de várias etnias, há muitas preocupações e interesses ambientais e sociais que nos levam, como educadores em ciências da natureza, a buscar impactos positivos na valorização dos conhecimentos cosmológicos que sustentam os argumentos oriundos das culturas dos povos originários, desrespeitados quanto a seus direitos humanos em nosso país (Santos, 2022).

Temos desenvolvido, há uma década, projetos pedagógicos com conteúdos cordiais (Oliveira et. al. 2025), buscando sensibilizar com a razão cordial em favor da defesa de pessoas e comunidades vulnerabilizadas tratadas como os diferentes e primitivos. Há quatro anos tais projetos (Queiroz, 2022, Queiroz et. al. 2024, 2025, Catarino et al. 2023) nos apresentaram algumas ideias e palavras do Yanomami David Kopenawa, no livro com o antropólogo francês Bruce Albert (2015), e nos indicaram um caminho de interação entre Educação em Direitos Humanos e Educação em Ciências: “Essas coisas que os brancos cobiçam tanto, como teriam vindo a existir? De que são feitas?” Ao que responde: “O que os brancos chamam de “minério” são as lascas do céu, da lua, do sol e das estrelas que caíram no primeiro tempo. Por isso nossos antigos sempre nomearam o metal brilhante *mareaxi* ou *xitkarixi*, que é também o nome das estrelas... Esse metal debaixo da terra vem do antigo céu *Hutukara* que desabou antigamente sobre os nossos ancestrais” (Kopenawa; Albert, 2015, pag 357).

Identificamos analogias entre a conhecida afirmação *somos todos poeira de estrelas* de Carl Sagan (1986), e o conhecimento Yanomami aqui relatado, tendo ambos surgido como resposta a indagações similares: enquanto, no final do século XIX, os cientistas queriam saber de que eram feitas as estrelas e iniciaram um caminho para responder a essa questão, esse povo indígena se pergunta, movido pela dúvida sobre o porquê dos brancos cobiçam tanto os metais, como eles teriam vindo a existir? De que são feitos? De onde vieram?

A essa pergunta, a ciência respondeu com a teoria do Big Bang e com a Nucleossíntese Estelar, processo que ocorre no interior das estrelas, dando origem a elementos químicos da Tabela Periódica. Pressionados pelo avanço do garimpo, essa visão Yanomami (vinda da Sabedoria dos líderes xamãs) ganharam novas interpretações:

As coisas que os brancos extraem das profundezas da terra com tanta avidez, os minérios e o petróleo, não são alimentos. São coisas malélicas e perigosas, impregnadas de tosses e febres, que só Omama (demiurgo criador da terra-floresta e de tudo que há nela) conhecia. Ele, porém, decidiu escondê-las sob o chão da floresta para que não nos deixassem doentes (Kopenawa & Albert, 2010, p. 357).

Confessa que ficou arrasado ao ver os seus morrendo com as febres e doenças causadas pela queima do mercúrio aglomerado ao ouro nos rios e lagos, e que, por isso, começou a viajar para terras distantes para falar contra os garimpeiros e suas fumaças de epidemia: “Se a floresta e os Yanomami não estivessem morrendo desse jeito, eu jamais teria feito todas essas viagens!” (pag 376). Sua profecia contém também uma advertência e um alerta aos brancos que “não param de cavar o solo sem trégua: não acham que, fazendo isso, serão tão contaminados quanto nós. Estão enganados.” (pag. 356) “Se o pensamento dos brancos não mudar de rumo, tememos morrer todos antes de eles mesmos acabarem se envenenando!” (Kopenawa & Albert, 2015, pag. 363).

Segundo Salgado (2013) e Santos (2022), o diálogo com outras culturas que constroem conhecimento coletivamente de maneira mais igualitária pode servir como referência para gerar um senso de pertencimento transcultural baseado em nossa história, criando respeito pelas culturas indígenas que precisam ser protegidas. Salgado (2013) afirma que, ao destruirmos a floresta como fazemos hoje no Brasil e invadirmos territórios indígenas, estamos destruindo esse grande marco de referência, lembrando que somos um dos poucos povos do planeta que ainda pode conviver com seu passado, pois ele permanece vivo em um território que preservam há séculos.

Podemos aqui trazer questões fundamentais para pensar a Educação em Ciências diante desse cenário e dos alertas feitos pelos Yanomami: Qual é o papel do Ensino de Ciências na construção de uma sociedade que entenda a urgente necessidade de manter condições de vida no planeta? De que maneira o diálogo entre culturas pode contribuir para um ensino mais dialógico e potencializar uma visão mais coerente de Ciência e suas relações com a sociedade? É diante de tais perguntas que trazemos o já consolidado referencial de Alfabetização Científica como possível caminho para colocar em diálogo conhecimentos indígenas e a Educação em Ciências, na perspectiva da virada cultural. Entendemos por virada cultural uma mudança de paradigma que coloca a cultura no centro dos debates, inclusive científico, para compreender o conhecimento e suas formas de produção. Essa virada marca, assim, a construção de uma visão que inclui os sujeitos e a linguagem na produção do conhecimento dialógico e em constantes processos de transformação.

Partindo dos problemas acima colocados, este trabalho apresenta o processo dinâmico de desenvolvimento de pesquisas e práticas na formação de professores que busca dar conta de vários elementos e dimensões da área da Educação em Ciências e seus referenciais teórico-metodológicos. Apresentamos, assim, a Alfabetização Científica e seus eixos estruturantes, o Ensino de Física, nossa área de atuação, e a formação inicial de professores como espaço privilegiado para pensar a ciências e seu ensino, e alcançamos a ideia de Complexidade como caminho de integração.

## **2. CIÊNCIA COMO CULTURA**

Reforçamos aqui uma visão de Educação Científica que compreende a necessidade de envolver diversos elementos e aspectos nos processos de ensino e aprendizagem, entendendo a ciência como parte da cultura (ZANETIC, 2006). Ao colocar em destaque aportes sociológicos, históricos e antropológicos, considerando esses múltiplos olhares como necessários para definir ciência, Sasseron (2015) considera essencial à educação estabelecer a ciência como uma cultura, se aproximando a nosso ver de uma concepção própria ao nosso diálogo com outras culturas, uma vez que almejamos nos desprender de uma visão monocultural como de origem inicial exclusivamente europeia. Uma vez que o estudo científico da natureza possui diferentes fontes de produção e usos sociais, buscamos repostas para a pergunta feita pela autora: o que seria esperado que a escola ensinasse em aulas de ciências da natureza?

Sasseron e Carvalho (2011) criaram Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica a partir da análise de referenciais da área de Ensino de Ciências que apresentavam ideias e habilidades a serem desenvolvidas com o intuito de colocar em ação esse processo. Tais eixos marcam grandes linhas orientadoras para o trabalho em sala de aula e transitam entre pontos canônicos do currículo de ciências e elementos que marcam a apropriação desses conhecimentos para ações em esferas extraescolares. Ainda que os três eixos estruturantes possam não se fazer presentes em todas as aulas, é necessário que eles sejam equitativamente considerados ao longo do desenvolvimento de um tema, em nosso caso um tema cordial. Os três eixos são: (a) a compreensão básica de termos e conceitos científicos, retratando a importância de que os conteúdos curriculares próprios das ciências sejam debatidos na perspectiva de possibilitar o entendimento conceitual; (b) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, deflagrando a importância de que o fazer científico também ocupe espaço nas aulas de mais variados modos, desde as próprias estratégias didáticas adotadas, privilegiando a investigação em aula, passando pela apresentação e pela discussão de episódios da história das ciências que ilustrem as diferentes influências presentes no momento de proposição de um novo conhecimento; e (c) o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, permitindo uma visão mais completa e atualizada da ciência, vislumbrando relações que impactam a produção de conhecimento e são por ela impactadas, desvelando, uma vez mais, a complexidade existente nas relações que envolvem o homem e a natureza.

Partindo dos problemas apresentados na introdução deste trabalho e dos elementos e dimensões dos eixos estruturantes elaborados por Sasseron e Carvalho (2011), é possível apontar impactos positivos já percebidos por alguns na incorporação da astronomia cultural e da educação ambiental intercultural a partir de temas interculturais (Forato e Santos, 2025, Santos 2024) para a formação de cidadãos atuantes por mais justiça social. Vamos então tratar da formação de professores, espaço privilegiado para discutir potenciais práticas que incluam o diálogo entre culturas, como no Ensino de Física.

## **3. ENSINO DE FÍSICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES**

Os conhecimentos ancestrais de grupos originários brasileiros, além de desconhecidos nos cursos de Licenciatura em Física no Brasil, são tratados como inferiores àqueles eurocentrados. No entanto as culturas ameríndias sabem, como sempre souberam, interagir com a natureza de maneira harmoniosa, dando valor aos cuidados com as florestas para a manutenção de uma vida

possível do nosso planeta, não sendo os responsáveis pelas devastações e as consequentes epidemias vividas pela humanidade. É passada a hora de se divulgar a validade de conhecimentos alternativos, sendo necessário para tal desenvolver-se um processo cunhado por Quijano (2012) como descolonização epistemológica, em busca de um pensamento dialógico com conhecimentos que têm sido silenciados. A Diversidade epistemológica precisa ser validada tanto quanto a Biodiversidade já é quando se trata da manutenção da vida (Mazzochi, 2018).

Para Viveiros de Castro em prefácio no livro “A queda do céu” (Kopenawa e Albert, 2015), esses autores abriram a muralha dialógica erguida entre indígenas e brancos (napë). Nessa trilha pelo diálogo, buscamos contribuir com potencialidades que a Teoria da Atividade pode trazer para a Formação de Professores, em especial de Física. Nosso objetivo principal tem sido a promoção de conteúdos cordiais que formem professores como agentes socioculturais que, por meio de aprendizagens expansivas, eduquem por maior igualdade e justiça social.

Em 2023, ao apresentarmos essas ideias (Queiroz et al., 2024) em uma disciplina de uma universidade pública do RJ, houve resistência de alguns estudantes em aceitá-las como de uma ciência (Machado, 2025) originária desse povo. Outros estudantes, no entanto, acataram o desafio de elaborarem projetos interculturais sobre o tema, podendo ser destacados dois deles: “Astrofísica e a valorização do conhecimento indígena” e “Produção de cordéis sobre culturas diversas”.

Os resultados iniciais nos levaram a entender que a pesquisa acerca da Formação de Professores para estabelecer relações entre conhecimentos de diferentes origens precisava ser aprofundada. Escolhemos a Teoria da Atividade como caminho para tais estudos, atentando ao ponto ressaltado por Engeström (2016): todas as vozes conflitantes e complementares dos vários grupos do sistema de atividade – sujeitos, professores e estudantes - objetiva o reconhecimento de pontos de convergência interculturais entre as culturas de origem europeia e Yanomami e na saída formar professores agentes pelos direitos humanos por meio de reconhecimento da cultura dos povos originários. Além disso, os artefatos mediadores possuem papel fundamental, sendo a linguagem e ideias provenientes de livros dos próprios indígenas e a Divisão do Trabalho, na organização dos estudantes para elaborar aulas a serem apresentados aos colegas de turma. Os princípios da interculturalidade e do paradigma da complexidade (Dias, Tostes e Neffa, 2023) e as dificuldades de “integração” de conteúdos (Mazzochi, 2018) foram envolvidos, seguindo bases da teoria da atividade sociocultural: coletividade; multivocalidade; historicidade; contradições para mudanças e transformações expansivas.

Como resultados, os licenciandos(as) produzem projetos que levam em conta: reconhecimento do valor do conhecimento indígena; possibilidade de aprendizagem de temas dialógicos entre as culturas como a História da origem dos elementos estelares e a importância dos diferentes conhecimentos para preservação da Natureza e questões sociais.

#### **4. O PARADIGMA DA COMPLEXIDADE COMO CAMINHO DE INTEGRAÇÃO**

Na busca por diálogos interculturais, localizamos possíveis pontos de convergência entre os conhecimentos do povo Yanomami e os da Ciência hegemônica, como algumas inferências sobre a origem dos minerais encontrados na Terra e conhecimentos sobre a necessidade de preservação das florestas. Porém, a ciência ainda é ensinada de forma hegemônica entre nós em uma visão empírico-indutivista, o que influencia no modo de considerar outras formas de

conhecimento, considerando-as inferiores por não se encaixarem no “método científico” padronizado e único que de forma equivocada ainda é considerado adequado.

Essa ciência é uma face da colonialidade do saber científico, sendo esse muito mais amplo do que aquele dito ser desenvolvido nas instituições científicas ocidentais (Machado, 2025). Do ponto de vista epistemológico, alguns pontos em comum já encontrados e que, estando presentes em teorias da física contemporânea, deveriam já estar sendo ensinados de forma ampla, são fundamentais para a construção de um ensino intercultural no qual o diálogo com culturas que constroem conhecimento levando em conta fatores diversos e complexos pode servir como referência para gerar um senso de respeito pelas culturas indígenas que precisam ser protegidas.

Tal respeito, além do impacto educativo, está em consonância com as considerações de direitos humanos, promovendo a incorporação de conteúdo cordial baseado na razão cordial (Cortina, 2007; Oliveira et al., 2025) no ensino de ciências, que une a razão cognitiva para abordar questões que esta, sozinha, não consegue alcançar. Em uma complexa percepção das ciências ocidentais, já existe um consenso de que a compreensão das partes isoladas de um problema é uma abordagem limitada. Nessa nossa jornada de pesquisa o objetivo tem sido reunir elementos que construam pontes entre conhecimentos e valores de diferentes culturas, buscando encontrar pontos de ressonância. Alguns desses pontos já encontrados na ciência ocidental são a incerteza, a indeterminação, as formas coletivas de construção do conhecimento e a inseparabilidade entre o homem e a natureza, se considerarmos o paradigma da complexidade como um caminho para a construção de uma epistemologia pluricultural. Dimensões da complexidade (Queiroz et al, 2025) Geralmente codificado e transmitido em rituais exóticos e incompreensíveis para a maioria de nós, os conhecimentos de outras culturas não podem ser considerados apenas como simples conjuntos de informações empiristas (Garcia, 2002), uma vez que apresentam noções “teórico-culturais” mescladas às observações, que assim não são a única base a ser considerada como fonte primeira e o último juízo do conhecimento, que assim vai além do que é simplesmente percebido por fontes sensoriais, que no caso aqui descrito seria a coincidência percebida entre o brilho das estrelas e o de minérios encontrados na Terra.

Nas visões de mundo indígena e de outros povos, Natureza e Sociedade não constituem domínios separados, sendo a humanidade percebida como pertencente a uma rede de vida, interconectada, e a relação entre humanos e natureza é vista como simbiótica: do ambiente em que vivem, as populações indígenas obtêm sua subsistência e autonomia, contribuindo ao mesmo tempo com a sua conservação e tendo hoje a noção de que assim contribuem para todo o planeta.

Os universos indígena e quilombola são usualmente retratados por seus povos, em diferentes versões, de forma coerente com o paradigma da complexidade, como um todo altamente complexo e interconectado, no qual todas as partes são interdependentes, passando constantemente por ciclos multidimensionais, gerando o reconhecimento da não previsibilidade intrínseca do seu conhecimento e, como consequência, o fato de que o manejo da terra tem que ser feito sob condições de incerteza e cuidado. A complexidade do mundo quando o todo não se reduz à soma das suas partes, em que essas partes não são mais identificadas com objetos possíveis de serem isolados, sendo substituídos por elos de ligação sujeito-objeto e a quando se concebe um mundo tornando-se muitas vezes diferente, leva à indeterminação e à inconstância dos fenômenos que, no entanto, comporta flutuações aleatórias emergentes que podem gerar

novas estabilidades, novas formas de organização (Dias; Tostes; Neffa 2023). Em acordo com isso, o paradigma da complexidade vem nos levando a não considerar tais conhecimentos somente com respeito aos resultados bem sucedidos quanto ao nível empirista, pois são um conjunto complexo que envolve crenças, mitos e práticas, reiterando que a cultura desses povos tem coevoluído por processos adaptativos entre seres vivos uns com os outros e com o ambiente através de gerações.

Sintetizando: a proposta aqui apresentada é de que por meio de temas e projetos pedagógicos cordiais que exigem paradigmas complexos para sua compreensão requerem novos “conteúdos cordiais” cujos planejamentos contemplem 3 dimensões da complexidade (Kawamura, Watanabe, 2020; Queiroz et al, 2025): Dimensão Educativa - a busca por aprendizagens para a formação de cidadãos críticos, agentes socioculturais transformadores por justiça social e respeito aos direitos humanos e da natureza; Dimensão Ensino-aprendizagem, nos pontos de convergência interculturais criamos pontes para temas curriculares de ciências interdisciplinares, como por exemplo a origem de elementos químicos pesados já citada pode ser ensinada a partir de conhecimentos oriundos de outras culturas de povos que se autodenominam povos das estrelas, se tornando um conteúdo cordial híbrido ao ser posto lado a lado com aspectos de nucleossíntese estelar<sup>1</sup> dos elementos químicos; Dimensão Epistemológica, para a perspectiva da ciência mais adequada para tratar questões de natureza aberta e dinâmica, como as da crise socioambiental atual. (Queiroz et al, 2024), defendemos a necessidade de olharmos o complexo conhecimento especial de alguns povos indígenas com a ideia de cosmo percepção (Oyëwùmí, 2021), entendendo que há modos diferentes de compreender a realidade, pois cada sociedade tem em seu sistema de crenças percepções que definem sua identidade cultural e racionalizam seu conhecimento para práticas de sobrevivência mais promissoras. Para isso o desprendimento epistemológico se faz necessário, saindo da exclusividade do paradigma hegemonicamente adotado na escola básica e também em boa parte das instituições que formam professores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É comum se estabelecer como pertencente ao universo cultural qualquer coisa que sofreu intervenção humana, como por exemplo uma comida cozida, um prédio, uma poesia ou um desenho na parede são considerados eventos culturais (Machado, 2025). Por outro lado, tudo que não sofreu interferência humana seria pertencente à natureza, como uma nuvem, uma montanha ou uma árvore. Porém, a antropologia e as ciências sociais têm modificado essa noção de cultura (Kuper, apud Machado, 2025). Com a teoria de Darwin da seleção natural gerando um modelo biológico das mudanças dos seres vivos, qualquer coisa do âmbito das sociedades humanas passou a ser visto como oposto ao biológico/da natureza e, portanto, cultural. Machado (2025) afirma que a oposição entre natureza e cultura é equivocada, sendo uma das razões o fato de que intervenções na considerada natureza muitas vezes ocorrem devido a espécies não humanas, em relações ecológicas como por exemplo na chamada Catástrofe do oxigênio a partir da liberação de oxigênio em grande escala pelos seres fotossintéticos.

---

<sup>1</sup> Nucleossíntese estelar é o conjunto de reações nucleares que tem lugar nas estrelas para fabricar elementos mais pesados.

Para a maioria dos povos indígenas tal distinção entre Natureza e Cultura não existe pois se veem dentro da natureza e não fora dela, tornando tudo relação social. Conhecemos a produção de parentesco que fazem com os rios, as árvores e a própria Terra. Citando Marilyn Strathern (2024), Machado (2025) traz: “e se a identidade for concebida não como uma fronteira a ser definida, e sim como um nexo de relações e transações no qual o sujeito está ativamente comprometido?” Tal forma de conhecimento complexo dos povos originários, hoje já reconhecida como ciência indígena por Machado (2025) ou uma verdadeira ciência agrônômica por Silveira; Melo; Jesus (2016), vem acompanhada de exemplos de apego à sustentabilidade do planeta diante da crise ambiental vivida por eles e enfrentada por previsões catastróficas e de exemplos de conservação das florestas onde vivem. Consideramos nesse trabalho a importância de incorporar ao ensino de ciências perspectivas e conteúdos cordiais que caracterizem o diálogo intercultural em uma autêntica “virada cultural” na alfabetização científica a ser praticada há décadas na educação formal e também na não formal.

## REFERÊNCIAS

- Benucci, T. (2025). *O jeito Yanomami de pendurar redes*. Perspectiva.
- Catarino, G. F.; Queiroz, G.; Pessoa, A. L. M. (2023). Interactions Towards Interdisciplinarity at School: The Case of a Physics Teacher at a Public Teacher Education High School. In: *Theory na Practice* New York City: Springer v.31, p.113-128.
- Cortina, A. (2007). *Ética cordial: Educar na cidadania no século XXI*. Edições Nobel.
- Dias, G. V., Tostes, J. G. R., & Neffa, E. (2023). *Complexidade, capitalismo e ciências ambientais*. Telha.
- Engeström, Y. (2016). *Aprendizagem expansiva* (2ª ed.). Pontes Editores.
- Forato, T., & Santos, D. (2025). Podcast Pion, *Ligado na Física – Ciência fora da caixa: Estamos todos sob o mesmo céu?*
- Garcia, R. (2002). *O conhecimento em construção*. Artmed.
- Graeber, D., & Wengrow, D. (2022). *O despertar de tudo: Uma nova história da humanidade*. Companhia das Letras. (Trabalho original publicado em 2021)
- Kawamura, M. R., & Watanabe, G. (2020). Contribuições das produções sobre a complexidade: Aportes para a educação científica escolar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2).
- Kopenawa, D., & Albert, B. (2015). *A queda do céu: Palavras de um xamã Yanomami* (14ª ed.). Companhia das Letras.
- Kuper, A. (2002). Cultura, a visão dos antropólogos. In V. Machado (2025). *O espectro Jenipapo: Ciências, povos indígenas e redes de conhecimento*. Companhia Editora Nacional.
- Mazzocchi, F. (2018). Why “integrating” Western science and Indigenous knowledge is not an easy task: What lessons could be learned for the future of knowledge? *Journal of Futures Studies*, 22(3), 19–34.
- Oliveira, R. D.; Queiroz, G. R.; Souza Junior, E.; Souza Cruz, E.; LOPES, J. B. (2025). Articulação da Investigação prática sobre os Conteúdos Cordiais na Educação em Ciências: dez anos trilhando caminhos para formar professores. *APeDuC* v.6 p 221-251.
- Oyèwùmí, O. (2021). *A invenção das mulheres*. Bazar do Tempo.
- Queiroz, G. R. (2022). Reflexões Teóricas sobre a Interdisciplinaridade na Pesquisa em Ensino de Física: da Epistemologia Genética de Piaget à interação com a Educação em Direitos Humanos. *Impacto: Pesquisa em Ensino de Ciências*, Rio de Janeiro, n. 1. DOI: 10.12957/impacto.2022.71032.
- Queiroz, G. R.; Catarino, G. F.; Barbosa-Lima, M. C. (2024). O que pensam licenciandos em Física sobre as relações entre o Conhecimento dos Yanomami e a Ciência Ocidental Hegemônica, *Anais XX EPEF*.

- Queiroz, G. R.; Pessôa, A. L.; Moreira, J.; Massaud, B. (2025). Dimensões da complexidade de projetos de pesquisa e pedagógicos de um grupo de pesquisa em ensino de Física do Rio de Janeiro. *Anais do XXVI SNEF*.
- Quijano, A. (2012). “Bienvivir”: Entre o “desarrollo” y la des/colonialidad del poder. *Viento Sur*, 122, 46–56.
- Sagan, C. (1994). *Pálido ponto azul*. Companhia das Letras. <https://barbacenaonline.com.br/compreendendo-a-frase-somos-todos-poeira-de-estrelas/>
- Salgado, S. (2013). *Gênesis*. Taschen.
- Santos, D. J. S. (2022). *Confluências historiográficas das ciências no contexto escolar pós-moderno: Em busca de um senso de pertencimento histórico-cultural em adolescentes por meio de uma narrativa sobre a astronomia Tupinambá nos seiscentos* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Paulo).
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(spe). <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1).
- Silveira, H. S., Melo, C. R., & Jesus, S. C. (Orgs.). (s.d.). *Diálogos com os Guarani*. Editora UFSC.
- Strathern, M. (2014). *O efeito etnográfico*. Cosac Naify. (Citado em Machado, V., 2025, *O espectro Jenipapo: Ciências, povos indígenas e redes de conhecimento*. Companhia Editora Nacional).
- Zanetic, J. (2006). Física e arte: uma ponte entre duas culturas, *Pró-Posições*, v. 17 n.1(49) - jan./abr.

VOLUME 7 | NÚMERO 1

MAIO 2026

*Revista*  
**APEduC**  
*Journal*

INVESTIGAÇÃO E PRÁTICAS EM EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

RESEARCH AND PRACTICES IN SCIENCE,  
MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION

ISSN: 2184-7436

