

VOLUME 6 | NÚMERO 2

NOVEMBRO 2025

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

EDITOR / DIRETOR

J. Bernardino Lopes

EDITORES ASSISTENTES / ASSISTANT EDITORS

Carla Morais
Elisa Saraiva
Ron Blonder
Xana Sá-Pinto

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: apeduc revista@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 of 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 6(2) <i>J. Bernardino Lopes</i>	7
<i>Secção 1 - Investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia</i> <i>Section 1 - Research in Science, Mathematics and Technology Education</i> <i>Sección 1 - Investigación en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología</i>	11
<i>A química verde nos documentos curriculares e nos manuais escolares de química portugueses</i> Green chemistry in curriculum documents and in Portuguese chemistry textbooks La química verde en los documentos curriculares y en los libros de texto de química portugueses <i>Carina Soares, Conceição Costa, Mariette Pereira, Telma Esperança & Natália Silva</i>	13
<i>Clipping científico como ferramenta de apoio à democratização do acesso ao conhecimento: análise da percepção de estudantes de matemática e ciências da computação</i> Scientific clipping as a tool to support the democratization of knowledge access: analyzing the perception of mathematics and computer science students Clipping científico como herramienta de apoyo a la democratización del acceso al conocimiento: análisis de la percepción de estudiantes de matemáticas y ciencias de la computación <i>Natália Alves Machado, Cristiane Cataldi S. Paes, Juliana B. Carvalho & Frederico A. O. Cruz</i>	31
<i>O conhecimento especializado do conteúdo em geometria e medida: análise do desempenho de professores dos 1.º e 2.º ciclos</i> Specialized content knowledge in geometry and measure: analysis of the performance of 1st and 2nd cycle teachers Conocimiento especializado del contenido en geometría y medida: análisis del rendimiento de los profesores de 1º y 2º ciclo <i>Alexandra Gomes & Catarina Vasconcelos Gonçalves</i>	46
<i>Implicações da estratégia formativa Espiral RePARE em um contexto on-line</i> Implications of the RePARE spiral training strategy in an online context Implicaciones de la estrategia de entrenamiento en Espiral RePARE en un contexto en línea <i>Tamiles da Silva Oliveira & Eurivalda Ribeiro dos Santos Santana</i>	60

<i>Abordagem experimental do efeito estufa e aquecimento global no ensino de química da 10ª classe</i>	
Experimental approach to the greenhouse effect and global warming in 10th grade chemistry teaching	
Enfoque experimental del efecto invernadero y el calentamiento global en la enseñanza de la química en 10º curso	
Alfredo Pedro Mabica & João Castigo João Tesoura	79
Secção 2 - Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia	
Section 2 - Practices in Science, Mathematics and Technology Education	
Sección 2 - Prácticas en Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología	98
<i>Utilização da ciência forense para contextualizar a abordagem da química no ensino médio</i>	
Use of forensic science to contextualize the approach to chemistry in high school	
Uso de la ciencia forense para contextualizar el enfoque de la química en la escuela secundaria	
Roberta Bezerra & Grazielle Tavares Malcher	100
<i>Bringing ethics into biology education: a best practice example on animal ethics</i>	
Introduzir a ética no ensino da biologia: um exemplo de boas práticas sobre ética animal	
Introducir la ética en la enseñanza de la biología: un ejemplo de buenas prácticas sobre ética animal	
Sonja Michaela Enzinger-Mühlbacher	116
<i>Educação científica em Cabo Verde: motivação e resultados de um clube de ciências</i>	
Science education in Cape Verde: motivation and results of a science club	
Enseñanza de las ciencias en Cabo Verde: motivación y resultados de un club de ciencias	
Fredson Jorge Santos Delgado & Betina Lopes	134
<i>Experimentação numa aula de física: kits didáticos ou experimentos simples de baixo custo?</i>	
Experimentation in a physics class: teaching kits or simple, low-cost experiments?	
Experimentación en una clase de física: kits didáticos o ¿experimentos simples de bajo costo?	
Luciano Gomes de Medeiros Junior & Giovana Luzório do Nascimento	148
<i>Mundo microscópico: o ensino sobre os microrganismos no sistema prisional no Espírito Santo, Brasil</i>	
Microscopic world: teaching about microorganisms in the prison system in Espírito Santo, Brazil	
Mundo microscópico: enseñanza sobre microorganismos en el sistema penitenciario de Espírito Santo, Brasil	
Brunela Santana	164
<i>Ganhos de aprendizagem de graduandos em química resultantes do ensino por meio de estudos de caso interrompidos</i>	
Learning gains of undergraduate chemistry students resulting from teaching through interrupted case studies	
Ganancias de aprendizaje de los estudiantes de química como resultado de la enseñanza mediante estudios de casos interrumpidos	
Salete Linhares Queiroz & Ricardo Matos	177

<i>Casos forenses como estratégia didática: facilitando a aprendizagem de genética no ensino médio</i> Forensic cases as a teaching strategy: facilitating the learning of genetics in high school Casos forenses como estrategia de enseñanza: facilitando el aprendizaje de la genética en la escuela secundaria Marcos Vinicius Beserra & Regina Célia Pereira Marques	191
<i>Ensino através da resolução de problemas para futuros professores de matemática</i> Teaching through problem solving to mathematics preservice teachers La resolución de problemas en la formación de profesores de matemática Rafael Roberto Germinaro & Bruno Rodrigo Teixeira	203
Secção 3 - Articulação entre Investigação & Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia Section 3 - Articulation between Research and Practices in Science, Mathematics, and Technology Education Sección 3 - Relación entre la Investigación y la Práctica en la Educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología	219
<i>Articulação da investigação-prática sobre os conteúdos cordiais na educação em ciências: dez anos trilhando caminhos para formar professores como agentes socioculturais</i> Articulating research-practice on cordial content in science education: ten years on the road to training teachers as socio-cultural agents Articulación de la investigación-práctica sobre los contenidos cordiales en la educación en ciencias: diez años tramando caminos para formar docentes como agentes socioculturales Roberto Dalmo Oliveira, Glória Regina Queiroz, Ernani Viana de Souza Júnior, Eliane de Souza Cruz & J. Bernardino Lopes	221
Secção 4 – Livros e companhia: resenhas críticas e sugestões de integração de recursos didáticos Section 4 – Books and more: critical reviews and suggestions for integrating teaching resources Sección 4 – Libros y compañeros: reseñas críticas y sugerencias para integrar recursos didáticos	252
<i>Recensão crítica de “Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection” de John Green</i> Critical review of “Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection” from John Green Reseña crítica del libro "Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection" de John Green Rita Ponce	254
<i>Sugestão de integração do recurso didático “Overview of Cell Structure”</i> Suggestion for integrating the teaching resource "Overview of Cell Structure" Sugerencia para integrar el recurso didáctico "Overview of Cell Structure" Sara Aboim	257

Secção 5 – Tem a palavra...

Section 5 – Giving the floor to...

Sección 5 – Tiene la palabra...

260

Tem a palavra... Mónica Baptista

Giving the floor to... Mónica Baptista

Tiene la palabra... Mónica Baptista

Mónica Baptista

262

EDITORIAL 6(2)

É com entusiasmo que a **APEDuC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia** apresenta o seu Volume 6, Número 2. Nele reafirma-se o compromisso da revista com a divulgação de investigação e práticas educativas inovadoras, em diálogo constante entre a teoria e a ação, na educação científica, matemática e tecnológica.

A **APEDuC Revista**, publicação científica da Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APEDuC), pauta-se por um rigoroso processo de revisão por pares duplamente cego, garantindo a qualidade e a credibilidade dos artigos publicados. Nesta edição, apenas 29% dos manuscritos submetidos à Secção 1 (Investigação) e 57% à Secção 2 (Práticas) foram aprovados, o que evidencia critérios de exigência científica e relevância educativa.

Os textos publicados demonstram diversidade temática e geográfica, reunindo contributos de autores de Portugal, Brasil, Moçambique, Cabo Verde e Áustria, e abordam questões centrais como sustentabilidade, ética, formação de professores, experimentação e democratização do conhecimento. Estes trabalhos revelam preocupações comuns: a necessidade de ligar a ciência à sociedade, de promover aprendizagens significativas e de reforçar o papel dos educadores como agentes de mudança.

Destaque especial merece o artigo da Secção 3, dedicado à articulação entre investigação e prática, que celebra uma década de desenvolvimento do conceito de Conteúdos Cordiais — uma proposta humanista que integra ética, ciência e cidadania na formação docente.

A **Secção 1 — Investigação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia** apresenta estudos de investigação que ampliam a

It is with enthusiasm that the **APEDuC Journal - Research and Practice in Science, Mathematics and Technology Education** presents its Volume 6, Number 2. In it, the journal's commitment to disseminating innovative educational research and practices, in constant dialogue between theory and action, in science, mathematics, and technology education, is reaffirmed.

The **APEDuC Journal**, a scientific publication of the Portuguese Association of Science Education (APEDuC), is governed by a rigorous double-blind peer review process, ensuring the quality and credibility of the published articles. In this edition, only 29% of the manuscripts submitted to Section 1 (Research) and 57% to Section 2 (Practice) were approved, which demonstrates criteria of scientific stringency and educational relevance.

The published texts show thematic and geographic diversity, bringing together contributions from authors from Portugal, Brazil, Mozambique, Cape Verde, and Austria, and address central issues such as sustainability, ethics, teacher training, experimentation, and the democratisation of knowledge. These works reveal common concerns: the need to link science to society, to promote meaningful learning, and to strengthen the role of educators as agents of change.

Special emphasis is placed on the article in Section 3, dedicated to the articulation between research and practice, which celebrates a decade of development of the concept of Cordial Content — a humanist proposal that integrates ethics, science, and citizenship in teacher training.

Section 1 — Research in Science, Mathematics and Technology Education presents research studies that broaden the

compreensão dos processos educativos nestas áreas. O artigo **“A Química Verde nos Documentos Curriculares e nos Manuais Escolares de Química Portugueses”** analisa a presença da Química Sustentável no currículo e nos manuais escolares, concluindo que o tema é praticamente ausente no 3.º ciclo. Os autores propõem práticas laboratoriais mais seguras e ecológicas, reforçando o compromisso com a educação científica sustentável. Em **“Clipping Científico como Ferramenta de Apoio à Democratização do Acesso ao Conhecimento”**, investigadores brasileiros exploram o impacto de um *clipping* digital de notícias científicas na formação de estudantes. Os resultados apontam para o seu potencial enquanto ferramenta de mediação e democratização da ciência. O estudo português **“O Conhecimento Especializado do Conteúdo em Geometria e Medida”** examina o Conhecimento Matemático para Ensinar de professores dos 1.º e 2.º ciclos, revelando fragilidades na compreensão conceptual e na validação de raciocínios matemáticos. Defende-se o reforço da formação docente inicial e contínua. O artigo **“Implicações da Estratégia Formativa Espiral RePARE em Contexto On-line”** apresenta um processo de formação de professores, no Brasil, baseado em reflexão e ação colaborativa, desenvolvido virtualmente. O estudo sublinha a importância do apoio institucional e técnico para garantir aprendizagens significativas na formação digital. O último trabalho é de autor moçambicano **“Abordagem Experimental do Efeito Estufa e Aquecimento Global no Ensino de Química da 10ª Classe”**, e estuda como a experimentação prática favorece a compreensão de fenómenos ambientais e estimula a consciência ecológica dos estudantes.

A **Secção 2 — Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia** reúne relatos e reflexões sobre práticas pedagógicas inspiradoras, em contextos diversos. Em **“Utilização da Ciência Forense para Contextualizar a Abordagem da Química no Ensino Médio”**, professores brasileiros utilizam o tema da ciência forense para aproximar os alunos

understanding of educational processes in these areas. The article **“Green Chemistry in Portuguese Chemistry Curriculum Documents and Textbooks”** analyses the presence of Sustainable Chemistry in the curriculum and textbooks, concluding that the topic is practically absent in the 3rd cycle (ages 12–15). The authors propose safer and more ecological laboratory practices, reinforcing the commitment to sustainable science education. In **“Scientific Clipping as a Tool to Support the Democratisation of Knowledge Access”**, Brazilian researchers explore the impact of a digital scientific news clipping on student training. The results point to its potential as a tool for mediating and democratising science. The Portuguese study **“Specialised Content Knowledge in Geometry and Measure”** examines the Mathematical Knowledge for Teaching of primary school teachers (1st and 2nd cycles), revealing weaknesses in conceptual understanding and in validating mathematical reasoning. The reinforcement of initial and continuing teacher training is advocated. The article **“Implications of the RePARE Spiral Training Strategy in an Online Context”** presents a teacher training process in Brazil, based on collaborative reflection and action, developed virtually. The study underlines the importance of institutional and technical support to ensure meaningful learning in digital training. The final work is by a Mozambican author, **“Experimental Approach to the Greenhouse Effect and Global Warming in 10th Grade Chemistry Teaching”**, and studies how practical experimentation favours the understanding of environmental phenomena and stimulates students’ ecological awareness.

Section 2 — Practice in Science, Mathematics and Technology Education brings together reports and reflections on inspiring pedagogical practices in diverse contexts. In **“Using Forensic Science to Contextualise the Approach to Chemistry in high school”**, Brazilian teachers use the theme of forensic science to bring students

da Química, promovendo motivação e compreensão conceitual. O artigo austríaco **“Bringing Ethics into Biology Education: A Best Practice Example on Animal Ethics”** propõe uma abordagem inovadora que integra debates éticos e dilemas morais no ensino da Biologia, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e da educação moral. No estudo **“Educação Científica em Cabo Verde: Motivação e Resultados de um Clube de Ciências”**, um autor cabo-verdiano e uma autora portuguesa analisam o impacto de um clube de ciências no ensino público, destacando o seu papel na promoção da literacia científica e do pensamento crítico. O artigo **“Experimentação numa Aula de Física: Kits Didáticos ou Experimentos Simples de Baixo Custo?”** compara diferentes formas de experimentação e conclui que a simplicidade pedagógica, quando bem orientada, é tão eficaz quanto o uso de kits especializados, sobretudo em escolas com poucos recursos. **“Mundo Microscópico: o Ensino sobre os Microrganismos no Sistema Prisional no Espírito Santo”** apresenta uma experiência educativa num estabelecimento prisional brasileiro, revelando como o ensino de Ciências pode ser instrumento de ressocialização e transformação social. O trabalho **“Ganhos de Aprendizagem de Graduandos em Química Resultantes do Ensino por Meio de Estudos de Caso Interrompidos”** analisa a aplicação de casos sobre a acrilamida em alimentos, evidenciando melhorias na aprendizagem e no trabalho colaborativo de estudantes universitários. Em **“Casos Forenses como Estratégia Didática: Facilitando a Aprendizagem de Genética no Ensino Médio”**, o uso de casos simulados favoreceu a compreensão de conceitos mendelianos e reforçou o interesse e a motivação dos alunos. Por fim, **“Ensino através da Resolução de Problemas para Futuros Professores de Matemática”** apresenta uma prática formativa em que licenciandos vivenciam a metodologia de resolução de problemas, desenvolvendo autonomia e reflexão pedagógica.

closer to Chemistry, promoting motivation and conceptual understanding. The Austrian article **“Bringing Ethics into Biology Education: A Best Practice Example on Animal Ethics”** proposes an innovative approach that integrates ethical debates and moral dilemmas into Biology teaching, contributing to the development of critical thinking and moral education. In the study **“Science Education in Cape Verde: Motivation and Results of a Science Club”**, a Cape Verdean author and a Portuguese author analyse the impact of a science club in public education, highlighting its role in promoting scientific literacy and critical thinking. The article **“Experimentation in a Physics Class: Educational Kits or Simple Low-Cost Experiments?”** compares different forms of experimentation and concludes that pedagogical simplicity, when well guided, is as effective as the use of specialised kits, especially in schools with limited resources. **“Microscopic World: Teaching about Microorganisms in the Prison System in Espírito Santo”** presents an educational experience in a Brazilian prison, revealing how Science teaching can be an instrument of resocialisation and social transformation. The work **“Learning Gains of Chemistry of Undergraduates chemistry students from Teaching through Interrupted Case Studies”** analyses the application of cases on acrylamide in food, showing improvements in the learning and collaborative work of university students. In **“Forensic Cases as a teaching Strategy: Facilitating the Learning of Genetics in high school”**, the use of simulated cases favoured the understanding of Mendelian concepts and reinforced student interest and motivation. Finally, **“Teaching through Problem Solving to Mathematics preservice Teachers”** presents a training practice where undergraduates experience the problem-solving methodology, developing autonomy and pedagogical reflection.

Section 3 — Articulation between Research and Practice with the article **“Articulating research-practice on cordial content in science education: ten years on the road to training teachers as socio-cultural agents”** constitutes the

A **Secção 3 — Articulação entre Investigação e Prática** com o artigo “**Articulação da Investigação-Prática sobre os Conteúdos Cordiais na Educação em Ciências**” constitui o eixo reflexivo desta edição. Resultante de uma mesa-redonda promovida pela revista, o texto reúne autores brasileiros e um editor português numa discussão sobre os Conteúdos Cordiais — proposta que integra a ética da razão cordial e a educação em direitos humanos na prática docente. A reflexão defende uma educação científica humanizada e dialogante, alicerçada na co-criação entre investigadores e professores, capaz de unir conhecimento, valores e ação.

A **Secção 4 — Livros e Companhia**, apresenta a recensão crítica do livro “Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection”, de John Green, que combina história, ciência e narrativa social, e a sugestão de integração do recurso didático “Overview of Cell Structure”, um vídeo didático de grande utilidade para o ensino da Biologia Celular.

Na **Secção 5 — tem a palavra...**, a presidente da APEDuC faz um balanço do seu mandato.

Este número da **APEDuC Revista** evidencia a riqueza e a vitalidade das investigações e práticas educativas no espaço lusófono e internacional. As contribuições reunidas partilham uma visão comum: educar para compreender, questionar e transformar o mundo.

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.

Reafirmamos o compromisso com a **ciência aberta, o rigor académico e a humanização da educação**, pilares que sustentam o futuro da educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

reflective focus of this edition. Resulting from a round table promoted by the journal, the text brings together Brazilian authors and a Portuguese editor in a discussion about Cordial Content — a proposal that integrates the ethics of cordial reason and human rights education into teaching practice. The reflection advocates for a humanised and dialogical science education, grounded in co-creation between researchers and teachers, capable of uniting knowledge, values, and action.

Section 4 — Books and Company presents the critical review of the book “Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection” by John Green, which combines history, science, and social narrative, and the suggestion for integrating the didactic resource “Overview of Cell Structure”, a highly useful educational video for teaching Cell Biology.

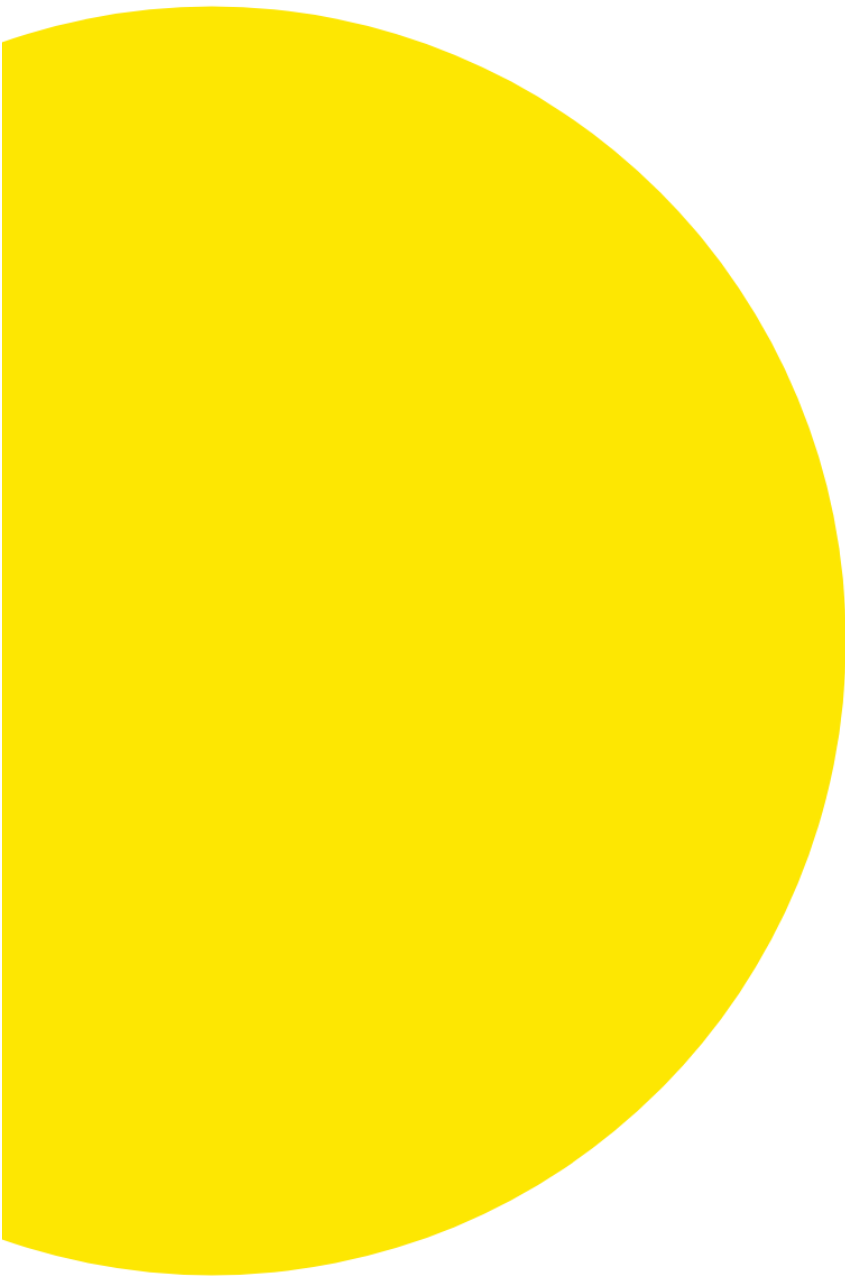
In the **Section 5 — The APEDuC President’s** takes the flour to stock of her mandate.

This issue of the **APEDuC Journal** highlights the richness and vitality of educational research and practices in the Lusophone and international space. The contributions gathered share a common vision: to educate to understand, question, and transform the world.

We invite readers, researchers, teachers, and students to explore, disseminate, and cite the works presented here, amplifying the impact of knowledge and strengthening this scientific community. The **APEDuC Journal** renews the invitation to submit new articles that promote the dialogue between research and practice and consolidate this space for academic sharing.

We reaffirm the commitment to open science, academic rigour, and the humanisation of education, pillars that support the future of Science, Mathematics, and Technology Education.

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.

A QUÍMICA VERDE NOS DOCUMENTOS CURRICULARES E NOS MANUAIS ESCOLARES DE QUÍMICA PORTUGUESES

GREEN CHEMISTRY IN CURRICULUM DOCUMENTS AND IN PORTUGUESE CHEMISTRY TEXTBOOKS

LA QUÍMICA VERDE EN LOS DOCUMENTOS CURRICULARES Y EN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA PORTUGUESES

Carina Soares¹, Conceição Costa², Mariette Pereira³, Telma Esperança⁴ & Natália Silva³

¹Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Portugal

²Escola Secundária Avelar Brotero, Coimbra, Portugal

³Institute of Molecular Sciences (IMS): CQC – Centro de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra, Portugal

⁴CFISUC, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal
natalia.silva@qui.uc.pt

RESUMO | Esta investigação analisou a presença da temática da Química Verde nos documentos curriculares e nos manuais escolares de Química do 3.º ciclo do ensino básico e do ensino secundário em Portugal. O estudo seguiu uma abordagem qualitativa, recorrendo à análise de conteúdo e à técnica de frequência lexical de termos relacionados com a Química Verde, utilizando como exemplo contrastivo o nitrato de chumbo(II), pela sua toxicidade e implicações ambientais. Os resultados indicam que o termo Química Verde é praticamente inexistente nos documentos e manuais analisados do 3.º ciclo, embora presente no ensino secundário. Verificou-se, ainda, que todos os manuais escolares do 8.º ano analisados propõem atividades laboratoriais com nitrato de chumbo(II). Face a estes resultados, são apresentadas recomendações para tornar a operacionalização das práticas laboratoriais mais sustentáveis, bem como alternativas à utilização deste reagente.

PALAVRAS-CHAVE: Química Sustentável, Educação em Ciência, Sustentabilidade, Currículo Português, Atividades laboratoriais.

ABSTRACT | This study analysed the presence of the theme of Green Chemistry in the curriculum documents and chemistry textbooks for the 3rd cycle of basic education and secondary education in Portugal. The study followed a qualitative approach, employing content analysis and the technique of lexical frequency analysis of terms related to Green Chemistry, using lead(II) nitrate as a contrasting example due to its toxicity and environmental implications. The results indicate that the term Green Chemistry is virtually absent from the documents and textbooks analysed for the 3rd cycle, although it is present at the secondary education level. It was also found that all 8th-grade textbooks analysed propose laboratory activities involving lead(II) nitrate. Based on these results, recommendations are made to make the implementation of laboratory practices more sustainable, as well as to suggest alternatives to the use of this reagent.

KEYWORDS: Sustainable Chemistry, Science Education, Sustainability, Portuguese Curriculum, Laboratory Activities.

RESUMEN | Esta investigación analizó la presencia de la temática de la Química Verde en los documentos curriculares y en los libros de texto de Química del tercer ciclo de educación básica y de la educación secundaria en Portugal. El estudio siguió un enfoque cualitativo, recurriendo al análisis de contenido y a la técnica de frecuencia léxica de términos relacionados con la Química Verde, utilizando como ejemplo contrastivo el nitrato de plomo(II) debido a su toxicidad e implicaciones ambientales. Los resultados indican que el término Química Verde está prácticamente ausente en los documentos y libros de texto analizados del tercer ciclo, aunque presente en la educación secundaria. Además, se constató que todos los libros de texto de 8.º año analizados proponen actividades de laboratorio con nitrato de plomo(II). A partir de estos resultados, se presentan recomendaciones para hacer más sostenible la implementación de las prácticas de laboratorio, así como alternativas al uso de este reactivo.

PALABRAS CLAVE: Química Sostenible, Educación en Ciencias, Sostenibilidad, Currículo Portugués, Actividades de laboratorio.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade tem impulsionado transformações significativas no ensino das ciências, em particular no ensino da Química. A Química Verde, ao propor práticas mais seguras e ambientalmente responsáveis, constitui uma oportunidade pedagógica para reconfigurar o modo como se ensina e aprende Química nas escolas (Sánchez Morales et al., 2024).

Nos ensinos básico e secundário, as práticas laboratoriais desempenham um papel crucial na aprendizagem, promovendo o pensamento científico crítico, a experimentação ativa e a compreensão de conceitos abstratos (Gericke et al., 2022). Neste contexto, consideramos que as atividades experimentais aumentam a motivação dos alunos, desenvolvem competências de investigação e de observação crítica, bem como incentivam procedimentos laboratoriais responsáveis. Para isso, a sua implementação deve considerar sempre critérios de segurança e sustentabilidade, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (Nações Unidas, 2024).

A escolha adequada de reagentes e a gestão de resíduos químicos nas escolas são desafios a serem superados tanto por professores como por alunos para garantir um ensino da Química mais responsável e ambientalmente consciente (Hoffman & Dicks, 2020). Consideramos que o ensino da Química deve incluir uma forte componente prática e laboratorial. No ensino básico e no ensino secundário, por vezes, os professores utilizam atividades laboratoriais apelativas para captar a atenção e motivar os alunos para o estudo desta ciência e para a enquadrar na resolução de problemas da vida real (Etzkorn & Ferguson, 2023), mas que nem sempre se orientam pelos princípios de sustentabilidade.

Considerando que alguns sistemas de recolha ou tratamento de resíduos químicos em laboratórios escolares revelam-se frequentemente deficientes (Nahlik et al., 2023), a escolha cuidadosa dos reagentes e dos produtos das reações nessas atividades é importante para não comprometer a segurança do professor, dos alunos, mas também do meio ambiente. Apesar de em Portugal estar prevista a eliminação de reagentes perigosos de acordo com as orientações das entidades competentes (Direção-Geral da Educação, 2003), na prática, a gestão desses resíduos em laboratório escolar revela ainda fragilidades. Acresce que não é do nosso conhecimento qualquer realização de estudos sistemáticos sobre a situação da recolha de resíduos nas escolas em Portugal.

Neste contexto, as preocupações ambientais refletem-se nos *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável* das Nações Unidas que reconhecem que a educação e a escola devem ter um papel determinante na formação dos jovens. Para alcançar estes objetivos, consideramos que o ensino da Química, especialmente a sua componente experimental, deve estar alinhado com os doze Princípios da Química Verde, propostos originalmente por Anastas e Warner (1998). Mitarlis et al. (2023) citaram os próprios autores e o trabalho de Manahan (2006) tendo apresentado estes princípios resumidos em frases simples: 1. Prevenir o desperdício; 2. Maximizar a economia atómica; 3. Sintetizar produtos químicos seguros; 4. Planificar uma síntese química menos perigosa; 5. Usar solventes e condições de reação seguros; 6. Melhorar a eficiência energética; 7. Usar matérias-primas renováveis; 8. Evitar derivados químicos; 9. Usar um catalisador em vez de um reagente estequiométrico; 10. Planificar a síntese de produtos químicos

que se possam decompor após o uso; 11. Analisar em tempo real o processo químico para prevenir a poluição; 12. Minimizar os potenciais acidentes.

Estes princípios foram formulados no contexto de uma crescente preocupação com a necessidade de prevenir a poluição química e reduzir os riscos à saúde humana e ao ambiente, propondo um novo paradigma para o desenvolvimento de produtos e processos químicos sustentáveis. Inicialmente orientados para a indústria (Anastas & Warner, 1998), estes princípios passaram também a ser aplicados no ensino de ciências, promovendo práticas mais seguras e sustentáveis e contribuindo para a redução do impacto ambiental e da exposição a substâncias perigosas Mitarlis et al. (2023).

A Química Verde é essencial para promover um ensino experimental mais responsável, integrando a sustentabilidade na formação científica e incentivando a consciência ambiental dos alunos (Nahlik et al., 2023). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a temática da Química Verde nos documentos curriculares e nos manuais escolares das disciplinas da área da Química, no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, em Portugal. Adicionalmente, procurou-se identificar a eventual proposta de utilização do nitrato de chumbo(II) em atividades laboratoriais, considerando a sua reconhecida toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente, e o seu desajustamento face aos princípios de segurança e sustentabilidade que norteiam a Química Verde. Assim, pretendemos responder às seguintes questões de investigação: (1) Quais os documentos curriculares das disciplinas da área da Química, no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, que incluem a Química Verde? Em que anos de escolaridade está presente? (2) Quais os manuais escolares da área da Química adotados no ano letivo 2023/2024, no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, que abordam a Química Verde? (3) Que manuais escolares da área da Química adotados no ano letivo 2023/2024, no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, propõem a utilização do nitrato de chumbo(II) em atividades laboratoriais?

Os resultados fornecem uma análise detalhada sobre a presença dos Princípios da Química Verde nos documentos curriculares e nos manuais escolares de Química em Portugal. Este trabalho apresenta ainda sugestões para promover um ensino de Química mais alinhado com práticas sustentáveis, com o incentivo da substituição do reagente nitrato de chumbo(II) e a incorporação de práticas mais seguras e ecológicas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desenvolvimento Sustentável, Química Sustentável e Química Verde

A Agenda 2030 da Organização da Nações Unidas é uma estratégia alargada e ambiciosa que aborda várias dimensões do desenvolvimento sustentável (social, económico, ambiental) e que promove a paz, a justiça e instituições eficazes. A Química sustentável reflete-se nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas — especialmente no Objetivo 12, “Consumo e Produção Responsáveis” (Nações Unidas, 2024).

O conceito de Química Verde (QV) surgiu de uma mudança governamental promulgada pela “Lei de Prevenção da Poluição dos Estado Unidos” e que deu origem aos doze Princípios da Química Verde (PQV) enunciados no Green Chemistry: Theory and Practice (Anastas & Warner, 1998), abordados posteriormente no ensino (Bastin & Dicks, 2019; Hoffman & Dicks, 2023). A QV

pressupõe que os processos químicos sejam, por um lado, ambientalmente benignos e que, por outro lado, previnam a poluição, que é um tema que suscita interesse e preocupação dos alunos de cursos de Química (Hjeresen et al., 2000; Raad et al., 2024).

QV e Química Sustentável são conceitos que estão intimamente relacionados e interligados, mas são distintos. Celestino (2023) abordou esta distinção à luz da educação ambiental. A QV abrange o design, síntese e uso de substâncias químicas e processos químicos que têm pouco ou nenhum potencial de poluição ou risco ambiental. A Química Sustentável é o desenvolvimento e a aplicação de substâncias químicas e processos químicos que beneficiam as gerações atuais e futuras sem impactos nocivos para os seres humanos ou os ecossistemas. Em fevereiro de 2023, essa distinção foi esclarecida por uma lista de critérios para atender à definição de Química Sustentável (ECOSChem, 2023). Um exemplo prático, que permite distinguir estes dois conceitos, passa por considerar que um processo químico pode ser assumido como verde, quando há a preocupação de se substituir um solvente orgânico por água, no entanto pode não ser um processo sustentável se a quantidade de água extraída de fontes naturais for em demasia (Kolopajlo, 2017; Mutlu & Barner, 2022).

Para minimizar potenciais impactos negativos no meio ambiente, na sociedade e na economia, é necessário considerar uma abordagem holística para o desenvolvimento de novos processos e produtos químicos (Saraf et al., 2023), inspirada nos doze PQV. Salienta-se que a Química Sustentável está estreitamente relacionada com os doze PQV privilegiando-se os processos de produção que promovem o valor do produto, mas simultaneamente contribuem para a proteção da saúde humana e do meio ambiente (Mutlu & Barner, 2022).

Valderrama et al. (2023) constataram que a química tradicional está em transição para um novo paradigma baseado nos PQV. Por isso, nos últimos anos, aumentou o interesse em introduzir estes princípios nas salas de aula de ciências, nos níveis de ensino básico e secundário, principalmente, através de atividades experimentais (Cannon et al., 2023; Etzkorn, & Fergleson, 2023; Mitarlis et al., 2023; Nahlik et al., 2023). Por exemplo, Mitarlis et al. (2023) demonstraram que é possível reduzir a quantidade de reagentes utilizados sem comprometer os objetivos pedagógicos das práticas laboratoriais. Na atividade de separação de misturas utilizando cristais de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a redução da massa de 1 g para 0,5 g resultou num tempo de dissolução mais curto e num menor consumo de energia, evidenciando a aplicação dos PQV 1, 5, 6 e 12. Esta abordagem contribui também para a diminuição dos resíduos gerados durante as atividades práticas. No caso da utilização de indicadores ácido-base naturais, a extração de pigmentos de flores de hibisco com água como solvente reflete a aplicação dos PQV 1, 5 e 7. O uso de flores murchas permite reaproveitar recursos sem comprometer outras funções, como a sua utilização ornamental, promovendo práticas mais sustentáveis no ensino da Química e contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mesmo em contextos de pequena escala.

O ensino da QV, a alunos destes níveis de ensino, revela ter um impacto positivo nas suas atitudes e perceções da química na sociedade através de experiências e demonstrações menos perigosas para a saúde e para o ambiente. Por outro lado, contribui para preparar futuros cidadãos com maior consciência ambiental (Cannon et al., 2023; Nahlik et al., 2023).

Cannon et al. (2023) e Nahlik et al. (2023) também salientam a importância da formação de professores na área da QV para que estes adquiram conhecimento sobre os princípios e as práticas da QV e tenham contacto com atividades laboratoriais mais ecológicas, que substituam

algumas das atividades laboratoriais tradicionais, bem como possam interpretar e analisar métricas de QV com o objetivo de avaliar a sustentabilidade de processos e reações químicas.

Algumas métricas utilizadas na educação ou na investigação em QV no ensino secundário são: (1) a Economia Atômica – se todos os átomos dos reagentes forem incorporados no produto desejado, sem a formação de subprodutos indesejados, então a economia atômica será de 100%; (2) o Fator E (*Environmental*) - uma métrica de desperdício – idealmente deveria ser zero de acordo com o primeiro PQV - Prevenir o desperdício (Sheldon, 2023) e, ainda, (3) a métrica holística da Estrela Verde que permite avaliar a qualidade verde de uma síntese a partir do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) (Ribeiro et al., 2014).

2.2 Integração da Sustentabilidade e da Química Verde nos Documentos Curriculares e Manuais Escolares

Segundo João et al. (2022), no ensino português tem havido um esforço para integrar as diretrizes internacionais da Educação para o Desenvolvimento Sustentável nos documentos curriculares. Contudo, as três dimensões do desenvolvimento sustentável não são abordadas de forma equilibrada, sendo atribuída maior relevância à dimensão ambiental, seguida da sociocultural, enquanto a dimensão económica está ausente em alguns documentos (João et al., 2022). Verificou-se igualmente que os documentos curriculares da escolaridade obrigatória em Portugal abordam o tema da sustentabilidade de modo limitado e, portanto, os futuros desenhos curriculares devem procurar uma abordagem mais ambiciosa em relação à sustentabilidade (Suárez-López & Eugenio-Gozalbo, 2021). Além do mais, existem diretrizes e um quadro jurídico para a implementação da educação para o desenvolvimento sustentável nos currículos em Portugal (DGE, 2018), contudo não garantem, por si só, a sua operacionalização no ensino e nas escolas (João et al., 2022).

De acordo com investigações internacionais, os manuais escolares têm um papel importante na vida diária de um professor, nomeadamente na seleção de métodos, conteúdos e objetivos educacionais para a preparação das aulas. Continuam a ser uma das principais fontes para projetar o conteúdo das aulas, porque são um meio de tradução do currículo pretendido (Vojíř & Ruked, 2022). Para o aluno, as funções do manual escolar são orientadas para as aprendizagens escolares, como são o caso da transmissão de conhecimentos, desenvolvimento de capacidades e competências e consolidação das aquisições e aprendizagens (Rego et al., 2010). É um recurso educativo que está acessível a todos os alunos independentemente do seu estatuto cultural, socioeconómico ou da zona onde residem. Este aspeto fundamenta a importância da garantia da qualidade deste recurso.

Pereira (2014), num estudo qualitativo das propostas de atividades laboratoriais dos manuais escolares do 8.º ano de Química, que foram editados entre 2007 e 2020, revelou que mais de metade dessas atividades envolvem perigos para os estudantes e/ou professores, de entre os quais se destaca a sugestão de utilização do reagente nitrato de chumbo(II). A inclusão deste composto nas propostas educativas torna-se ainda mais preocupante quando se considera a sua reconhecida toxicidade e os impactos ambientais associados à exposição a metais pesados, como é o caso do chumbo. A consulta de uma ficha de dados de segurança do nitrato de chumbo(II) revela advertências importantes, nomeadamente que, segundo regulamentos dinamarqueses, jovens com menos de 18 anos não estão autorizados a utilizar o produto, e

mulheres grávidas ou lactantes não devem ter contacto direto com a substância (Labbox, 2023). A contaminação dos ecossistemas aquáticos e terrestres por metais pesados tóxicos constitui um problema ambiental e de saúde pública relevante. Sendo poluentes persistentes, os metais pesados acumulam-se no ambiente e, consequentemente, entram nas cadeias alimentares. Esta acumulação representa uma ameaça séria à saúde dos consumidores, incluindo os seres humanos (Ali et al., 2019).

Apesar do crescente reconhecimento da importância da Química Verde para um ensino mais sustentável e responsável, a sua efetiva integração nos documentos curriculares e nos manuais escolares utilizados nas escolas portuguesas necessita de análise aprofundada. Esta lacuna justifica a necessidade de investigar até que ponto os documentos curriculares e os manuais escolares da área da Química, no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, incorporam esta abordagem. Acresce a importância de avaliar se práticas laboratoriais tradicionalmente propostas, com a utilização do nitrato de chumbo(II), persistem nos manuais escolares, apesar dos riscos reconhecidos para a saúde humana e para o ambiente, contrariando os princípios que fundamentam a Química Verde. Neste sentido, esta investigação procura identificar evidências da presença (ou ausência) da temática da Química Verde nos documentos curriculares e nos manuais escolares, em vigor no ano letivo 2023/2024.

3. METODOLOGIA

Esta investigação, de natureza qualitativa, permitiu analisar documentos curriculares e manuais escolares adotados em Portugal em vigor no ano letivo de 2023/2024, nas disciplinas da área da Química, do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário. Nos termos do Despacho n.º 6605-A/2012, de 6 de julho, os documentos curriculares constituem os referenciais para orientar as diversas dimensões do desenvolvimento curricular, nomeadamente: a) O *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (PASEO), homologado através do Despacho n.º 6478/2017, de 9 de julho; b) As *Aprendizagens Essenciais*, homologadas através dos Despachos n.ºs 6944 -A/2018, de 19 de julho (ensino básico), 8476 -A/2018, de 31 de agosto (ensino secundário), 7414/2020, de 24 de julho (cursos profissionais), e 7415/2020, de 17 de julho (cursos artísticos); c) A *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*; d) Os perfis profissionais/referenciais de competência, quando aplicável.

As *Aprendizagens Essenciais* (AE) são documentos de orientação curricular e integram orientações ao nível de conhecimentos, capacidades e atitudes, indispensáveis e necessárias à formação do aluno e ao desenvolvimento das áreas de competências inscritas no *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Estes documentos foram desenvolvidos no seguimento da *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável* da OCDE e publicados em Despacho do Diário da República de Portugal e podem ser consultados na referida página eletrónica da DGE (s.d.).

Neste âmbito, procedeu-se à análise dos documentos curriculares relativos às Aprendizagens Essenciais das disciplinas de Físico-Química do 3.º ciclo do ensino básico (7.º, 8.º e 9.º anos), de Física e Química A (10.º e 11.º anos do ensino secundário) e de Química (12.º ano do ensino secundário), estes dois últimos pertencentes ao Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias (CT). Foram igualmente consultadas as AE da disciplina de Física e Química, integrada na componente de formação científica dos Cursos Profissionais (CP) do ensino

secundário (Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional, 2020), considerando-se apenas as AE relativas à componente de Química.

De forma a complementar esta análise, foi também considerado o documento oficial *Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade* (DGE, 2018) por abordar explicitamente a sustentabilidade e o seu enquadramento nos diferentes níveis de ensino. Este documento apresenta orientações para a integração da educação ambiental nas salas de aulas, como um saber transversal a diferentes áreas do conhecimento, de acordo com diretrizes apresentadas no documento curricular *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*.

Todos os documentos curriculares identificados foram retirados do sítio da Direção-Geral da educação e perfazem um total de nove documentos, que integram o corpus de análise do presente estudo.

Atendendo aos objetivos da investigação, procedeu-se igualmente à identificação dos manuais escolares adotados a partir da listagem oficial para as disciplinas de Físico-Química, Física e Química A, Química e, ainda, Física e Química do ensino profissional, no ano letivo 2023/2024. Foram identificados dezasseis manuais escolares do 3.º ciclo do ensino básico, dez do ensino secundário e seis do ensino profissional, num total de trinta e dois manuais escolares que também integram o corpus de análise do presente estudo.

Importa salientar que, nas disciplinas de Físico-Química do 3.º ciclo do ensino básico e de Física e Química A do ensino secundário, os manuais escolares são, habitualmente, organizados em dois volumes distintos: um dedicado à componente de Física e outro à de Química. Para este estudo, foram considerados apenas os volumes referentes à componente de Química, excluindo-se os de Física. Nos manuais do ensino profissional da disciplina de Física e Química, apenas foram analisados os módulos referentes à Química.

Para efeitos de organização e clareza na análise, os manuais escolares incluídos foram codificados com identificadores alfanuméricos [M1], [M2], ..., [M32], cuja correspondência com os respetivos manuais se encontra discriminada na Tabela 1.

O acesso às versões digitais dos manuais, este foi realizado através das plataformas online *Escola Virtual* e *Aula Digital*, respetivamente dos *Grupos Porto Editora* e *LeYa*, ambas de acesso reservado e com a obrigatoriedade de registo.

Tabela 1 – Identificação dos manuais escolares adotados

Ano Disciplina	Editora	Autores	Título do Manual Escolar	Cod.
Manuais Escolares Avaliados e Certificados - Nos termos do artigo 12.º da Lei n.º 47/2006, de 28 de agosto, do Decreto-Lei n.º 5/2014, de 14 de janeiro e do Despacho n.º 4947-B/2019, de 16 de maio, nas suas atuais redações.				
7.º Ano (vol. 2)	Físico-Química	Asa Editores II, SA	Beleza, M.D., Neli, M., & Cavaleiro, G. C.	FQ 7 (novo) [M1]
		Porto Editora, S.A.	Maciel, N., Magalhães, A., & Soares, J. M	Protão [M2]
		Lisb.Ed.,S.A/Raiz Ed.	Amaro, A., & Alexandre, P.	Para descobrir FQ 7 [M3]
		Areal Editores, SA	Gomes, A. A. & Sousa, B. S.	FAQ 7 [M4]
		Texto Editores, Lda.	Costa, S., Fiolhais, C., Fiolhais, M., Morais, C., & Paiva, J.	Universo 7 (novo) [M5]
		Porto Editora, S.A.	Januário, D. N., & Correia, E. C., & Brás, C.	Experimenta 7 [M6]
8.º Ano (vol. 1)		Porto Editora, S.A.	Brás, C., Januário, D. N., & Correia, E. C.	Experimenta 8 [M7]
		Areal Editores, SA	Gomes, A. A., Cunha, C. J., & Sousa, B. S.	FAQ 8 [M8]
		Porto Editora, S.A.	Maciel, N., Cação, A., Magalhães, A., & Soares, J. M	Neutrão [M9]
		Asa Editores II, SA	Beleza, M.D., Neli, M., & Cavaleiro, G. C.	FQ 8 [M10]
		Texto Editores, Lda.	Costa, S., Fiolhais, C., Fiolhais, M., Morais, C., & Paiva, J.	Universo 8 [M11]
9.º ano (vol. 2)	Porto Editora, S.A.	Januário, D. N., & Correia, E. C., & Brás, C.	Experimenta 9 [M12]	
	Areal Editores, SA	Gomes, A. A. & Sousa, B. S.	FAQ 9 [M13]	
	Porto Editora, S.A.	Maciel, N., Cação, A., Magalhães, A., & Soares, J. M	Eletrão [M14]	
	Asa Editores II, SA	Beleza, M.D., Neli, M., & Cavaleiro, G. C.	FQ 9 [M15]	
	Texto Editores, Lda.	Costa, S., Fiolhais, C., Fiolhais, M., Morais, C., & Paiva, J.	Universo FQ 9 [M16]	
Manuais Escolares (com revisão científica)				
10.º ano	Física e Química A	Porto Editora, S.A.	Silva, C. C., Cunha, C., & Vieira, M.	Química em Reação 10 [M17]
		Texto Editores, Lda.	Paiva, J., Matos, M. G., Morais, C., & Fiolhais, C.	10 Q [M18]
		Areal Editores, SA	Rodrigues, C., Santos, L., Miguelote, L., & Santos, P.	Rumo à Química 10 [M19]
		Texto Editores, Lda.	Dantas, M. C., Fontinha, M. T., & Ramalho, M. D.	Jogo de Partículas 10 [M20]
11.º ano		Porto Editora, S.A.	Silva, C. C., & Cunha, C	Química em Reação 11 [M21]
		Texto Editores, Lda.	Paiva, J., Matos, M. G., Morais, C., & Fiolhais, C.	11 Q [M22]
		Areal Editores, SA	Rodrigues, C., Santos, L., Miguelote, L., & Santos, P.	Rumo à Química 11 [M23]
		Texto Editores, Lda	Fontinha, M. T., Ramalho, M. D., & Jesus, P. A.	Jogo de Partículas 11 [M24]
12.º ano	Quim	Porto Editora, S.A.	Silva, C. C., & Cunha, C	Química em Reação 12 [M25]
		Texto Editores, Lda.	Paiva, J., Ferreira, A. F., Vale, J., & Morais, C.	12 Q [M26]
10.º 11.º 12.º CP	Física e Quím.	Areal Editores, SA	Amaro, A., Silva, M., & Raimundo, T.	Química - M. 1, 2, 3 [M27]
		Areal Editores, SA	Amaro, A., Silva, M., & Raimundo, T.	Química - M. 4, 5, 6, 7 [M28]
		Porto Editora, S.A.	Ferreira, C., Fernandes, E., & Santos, S. D.	Projeto Química - M. 1 a 3 [M29]
		Porto Editora, S.A.	Ferreira, C., & Santos, S. D.	Projeto Química - M. 4 a 7 [M30]
		Texto Editores, Lda.	Fontinha, M. T., Ramalho, M. D., & Jesus, P. A.	Pro em Química - M. 1 a 3 [M31]
		Texto Editores, Lda.	Fontinha, M. T., Ramalho, M. D., & Jesus, P. A.	Pro em Química - M. 4 a 7 [M32]

Nesta análise qualitativa de conteúdo, com recurso à técnica de análise de frequência lexical, foi utilizada a ferramenta de pesquisa "Localizar", identificada pelo ícone de uma lupa, para a procura, nos documentos em formato PDF e nos manuais escolares digitais, os seguintes termos: sustentabilidade, sustentável, sustentáveis, química verde e nitrato de chumbo(II). Esta decisão metodológica fundamenta-se na constatação de que a linguagem empregue nos documentos em análise nem sempre adota uma terminologia técnica unificada. Assim, a presença de ideias alinhadas com a QV pode surgir sob formas lexicalmente distintas, mas conceitualmente convergentes. A inclusão de termos mais amplos permitiu captar tanto menções explícitas quanto abordagens implícitas ou transversais, assegurando uma leitura mais sensível e representativa do corpus. Ao ampliar o espectro lexical analisado, procurou-se evitar a limitação de uma pesquisa centrada exclusivamente num único termo, o que poderia conduzir à subestimação da presença efetiva do tema no material em estudo (Bardin, 2014). Além disso, tópicos implicitamente

relacionados com sustentabilidade, como reciclagem, reutilização, energias renováveis, mudança climática e efeito estufa, foram igualmente considerados nos resultados apresentados a seguir. O termo nitrato de chumbo(II) foi incluído como exemplo lexical contrastivo, na identificação de práticas laboratoriais potencialmente contraditórias com os princípios da sustentabilidade. A escolha deste composto deve-se à sua toxicidade e persistência ambiental, podendo funcionar como marcador de propostas laboratoriais desajustadas às atuais orientações para uma Química segura, ecológica e pedagógica.

4. RESULTADOS

4.1 Análise dos documentos curriculares

A análise dos documentos curriculares evidencia que os conteúdos relacionados com a QV e a Química Sustentável encontram enquadramento curricular nas AE das disciplinas da área da Química, mas também na *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*, através do *Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade*, no qual é referido: “Os três pilares da sustentabilidade - económico, social e ambiental - foram integrados no currículo, passando a educação ambiental a ser abordada de uma forma integrada” (DGE, 2018, p. 12). Contribuem para este efeito as disciplinas de Geografia, Ciências Naturais e Físico-Química que podem abordar transversalmente temas como a gestão adequada dos recursos naturais, numa perspetiva de educação para a cidadania. O mesmo se passa quando se analisa o documento do PASEO. Um dos doze princípios que orienta que justifica e dá sentido ao referido perfil, é o princípio G. *Sustentabilidade*: “A escola contribui para formar nos alunos a consciência de sustentabilidade, um dos maiores desafios existenciais do mundo contemporâneo” (...) (DGE, 2017, p. 14).

A frequência com que os termos de pesquisa surgiram nos documentos curriculares está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência dos termos de pesquisa nos documentos curriculares

Documento Curricular	sustentabilidade	sustentável	química verde	química sustentável	nitrato de chumbo(II)
AE - FQ 7.º	1	-	-	-	-
AE - FQ 8.º	2	1	-	-	-
AE - FQ 9.º	1	-	-	-	-
AE - FQA 10.º - CT	-	3	-	-	-
AE - FQA 11.º - CT	1	1	1	-	-
AE - Q 12.º - CT	-	3	-	-	-
AE - FQ – CP	4	4	2	-	-
Ref. Educ. Amb. Sustent.	96	96	-	-	-
PASEO	5	3	-	-	-

Constata-se que a temática da QV apenas é referida de forma explícita nos documentos curriculares AE ao nível do 11º ano de escolaridade, do curso de ciências e tecnologias, e nos módulos Q2 e Q3 de Química do ensino profissional (Tabela 2). Os termos de pesquisa, química sustentável e nitrato de chumbo(II), não são referidos em qualquer um dos documentos curriculares. Quanto aos termos sustentabilidade e sustentável, surgiram de forma residual nos documentos curriculares, com exceção do *Referencial de Educação Ambiental para a*

Sustentabilidade, onde são mencionados em número relevante, o que mostra a importância deste documento transversal na educação para a cidadania. Neste documento, a pesquisa devolveu 245 termos de sustentabilidade a que foram subtraídos 149 por estarem incluídos na formatação de cada página, sendo considerados apenas 96 termos. Esta diferença explica-se pela natureza e objetivos distintos dos documentos e, portanto, expectável e coerente com o propósito específico do documento, refletindo a sua função transversal no reforço da educação para a cidadania e na integração da sustentabilidade no currículo escolar.

Numa análise de conteúdo, examinaram-se os documentos das AE para identificar as que estavam relacionadas com a sustentabilidade—seja ambiental, económica ou social—e com a QV (Tabela 3). O objetivo foi verificar se estes temas estavam presentes de forma implícita, não sendo capturados pelos termos de pesquisa previamente utilizados. Para isso teve-se em conta os termos de pesquisa: reciclagem, reutilização, energias renováveis, mudança climática, efeito de estufa, assim como outros relacionados com a sustentabilidade.

Tabela 3 – AE que se relacionam com a Sustentabilidade e a QV nos documentos das AE

Ano de Escolaridade	7.º	8.º	9.º	10.º CT	11.º CT	12.º CT	10.º ao 12.º CP
AE	5	2	1	5	10	10	10

Da análise anterior, constatou-se que as AE do ensino básico e do ensino secundário, na componente de Química, abordam principalmente dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: o número 12, "Consumo e Produção Responsáveis", e o número 13, "Ação Climática". No 3.º ciclo do ensino básico, o número de AE relacionadas com a sustentabilidade diminui ao longo dos três anos (de cinco no 7.º ano para uma no 9.º ano). Em contrapartida, no ensino secundário regular, observa-se um aumento (de cinco no 10.º ano para dez no 12.º ano no curso de CT). É importante notar que, na introdução de cada documento das AE, há uma preocupação em fornecer orientações gerais para a integração da sustentabilidade nas temáticas de Química, tornando os assuntos pertinentes e relevantes para os alunos no contexto atual.

No documento *Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade*, dirigido aos alunos da educação pré-escolar, do ensino básico e do ensino secundário, identificaram-se temáticas transversais que pretendem contribuir para a mudança de comportamento e de atitudes face ao ambiente (Tabela 4).

Tabela 4 – Temas transversais de educação ambiental para a sustentabilidade

Documento Curricular	Temas transversais
Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade	- Sustentabilidade, Ética e Cidadania - Produção e Consumo Sustentáveis - Território e Paisagem - Alterações Climáticas - Biodiversidade - Energia - Água - Solos - Economia Verde: linear e circular - Crescimento Verde

4.2 Análise dos manuais escolares adotados de Físico-Química, Física e Química A, Química, e Física e Química do ensino profissional

De acordo com a codificação dos manuais escolares apresentados na Tabela 1, procedeu-se à recolha dos termos de pesquisa nas versões digitais de cada manual. Os resultados obtidos encontram-se sistematizados na Tabela 5.

Tabela 5 – Frequência dos termos de pesquisa nos manuais escolares adotados

Ano de Escolaridade	Manual escolar	Sustentabilidade	sustentável	química verde	química sustentável
7.º	[M1]	9	-	-	-
	[M2]	6	5	-	-
	[M3]	4	2	1	-
	[M4]	2	3	1	-
	[M5]	6	5	-	-
	[M6]	4	6	6	-
8.º	[M7]	-	4	5	-
	[M8]	-	3	-	-
	[M9]	-	-	-	-
	[M10]	-	-	-	-
	[M11]	1	-	-	-
9.º	[M12]	12	-	-	-
	[M13]	3	-	1	-
	[M14]	2	-	-	-
	[M15]	2	2	-	-
	[M16]	2	-	-	-
10.º	[M17]	1	1	-	-
	[M18]	3	-	-	-
	[M19]	-	-	-	-
	[M20]	-	-	-	-
11.º	[M21]	4	4	11	-
	[M22]	11	15	15	-
	[M23]	1	5	14	-
	[M24]	4	-	19	-
12.º	[M25]	8	25	1	-
	[M26]	2	25	-	-
10.º ao 12.º CP	[M27]	2	3	-	-
	[M28]	2	3	1	-
	[M29]	7	4	1	-
	[M30]	10	8	1	-
	[M31]	4	2	1	-
	[M32]	6	7	2	-

Pela frequência dos termos de pesquisa, pode-se constatar que não há uma distribuição uniforme nos diferentes anos de escolaridade. Os termos “sustentabilidade” e “sustentável” têm uma maior presença nos manuais do 7.º, 9.º, 11.º e 12.º anos do ensino regular e do 10.º ao 12.º ano, no ensino profissional. O termo “química verde” está bastante presente nos manuais escolares do 11.º ano, mas também aparece referenciado em alguns manuais escolares dos restantes anos de escolaridade, exceto nos do 10.º ano. O termo “química sustentável” não surge explicitamente em qualquer manual escolar.

4.3 O nitrato de chumbo(II) nas propostas de atividades laboratoriais dos manuais escolares

Foram analisadas as atividades laboratoriais (AL) propostas nos documentos das Aprendizagens Essenciais (AE), totalizando 38 atividades, distribuídas da seguinte forma: 8 no 7.º ano, 8 no 8.º ano, 1 no 9.º ano, 6 no 10.º ano, 5 no 11.º ano, 5 no 12.º ano e 5 nos cursos profissionais (CP). As AL propostas para execução que incluem a utilização do reagente nitrato de

chumbo(II) foram identificadas apenas nos manuais escolares adotados (Tabela 6), não estando presentes nos documentos de AE (Tabela 2). No 7.º ano, o nitrato de chumbo(II) é sugerido numa atividade de demonstração de uma reação química, permitindo aos alunos observar a formação de um precipitado amarelo de iodeto de chumbo(II) e a mudança de cor associada. No 8.º ano, é utilizado em duas atividades distintas: uma dedicada à verificação da lei da conservação da massa e outra à demonstração de reações de precipitação. As mesmas atividades são também propostas nos cursos profissionais. No total, foram identificadas três atividades laboratoriais que recorrem a este reagente, apesar de se tratar de uma substância tóxica para a saúde humana e para o ambiente, com especial impacto nos organismos aquáticos.

Tabela 6 – Manuais escolares que propõem a utilização do nitrato de chumbo(II) em AL

Ano	Manuais escolares					n
7.º	[M1]	[M5]	-	-	-	2
8.º	[M7]	[M8]	[M9]	[M10]	[M11]	5
Cursos Prof.	[M29]	[M31]				2

Também se verificou que os manuais escolares do 7.º ano, [M2] e [M3], e do 11.º ano, [M23], contêm exemplos com ilustrações da utilização do reagente nitrato de chumbo(II), mas não sugerem a sua utilização em atividades laboratoriais.

5. DISCUSSÃO

Consideramos que a limitação desta investigação passa pela análise implícita da presença da sustentabilidade e da QV nas AE através de outros termos de pesquisa. A utilização da ferramenta de pesquisa “Localizar” nos documentos em formato PDF e nos manuais escolares digitais devolveu o número de termos de pesquisa, pelo que não foram considerados os que se repetiam com mesmo assunto e/ou estavam na mesma página do manual escolar. Contudo, a análise realizada permitiu identificar a presença da sustentabilidade e da QV nos documentos curriculares, cuja discussão é apresentada a seguir.

5.1 Discussão dos resultados da análise dos documentos curriculares

Os resultados mostram a presença limitada da palavra sustentabilidade e muito limitada da QV nos documentos das AE da componente de Química, havendo um predomínio da dimensão ambiental da sustentabilidade. Este resultado corrobora os estudos de Suárez-López e Eugenio-Gozalbo (2021) e de João et al. (2022).

A Química está intrinsecamente ligada ao meio ambiente, um dos pilares do desenvolvimento sustentável, pelo que consideramos que a inclusão da QV como um conceito holístico e relevante nos ensinos básico e secundário é plenamente justificada (Jusniar et al., 2023). No entanto, este estudo revelou que a abordagem da sustentabilidade nas AE, no contexto da Química Sustentável e da QV, é simplista e não estabelece uma interligação explícita com alguns dos PQV. Por esta razão, foi identificado o número de AE que, em cada ano de escolaridade, abordam explícita ou implicitamente a sustentabilidade (ambiental, económica ou social) e a QV (Tabela 3). É, no entanto, de salientar que as AE proporcionam flexibilidade para que cada escola e professor explorem os conteúdos de Química com diferentes níveis de

profundidade, promovendo uma abordagem mais sustentável e alinhada com a QV. Esta flexibilidade permite ainda a operacionalização dos PQV tanto no contexto das práticas laboratoriais como na sua aplicação à indústria e a exemplos concretos do quotidiano. Mas, para que a integração da QV nos ensinos básico e secundário seja efetiva, é fundamental que os professores disponham de condições laboratoriais, manuais escolares e outros recursos didáticos que ofereçam atividades diversificadas, apoiando-os nessa tarefa. Sem esses recursos, corre-se o risco de o conceito de QV não ser adequadamente abordado em sala de aula. O professor não tem poder para definir unilateralmente as condições laboratoriais. Estas decorrem de fatores institucionais e regulamentares (DGE, 2003). O professor atua dentro das condições existentes, podendo, no entanto, influenciar melhorias através da sua ação pedagógica. Para isso, a formação contínua dos professores em QV é igualmente essencial. Profissionais que concluíram a sua formação antes da integração da QV na escola, ou que não possuem habilitação profissional, podem sentir-se inseguros ao abordar estes temas (Suárez-López & Eugenio-Gozalbo, 2021). Consideramos que a inserção de novas práticas pedagógicas relacionadas com a QV nos currículos de formação docente ainda enfrenta desafios, refletindo-se na abordagem destes conteúdos de maneira desigual entre diferentes escolas e alunos. Além disso, a obrigatoriedade da disciplina de Físico-Química termina no final do 3.º ciclo do ensino básico, o que limita o tempo disponível para a introdução e aprofundamento de conceitos de QV. Portanto, é fundamental que os professores estejam bem preparados e disponham de recursos adequados para integrar efetivamente a QV nas suas práticas pedagógicas, garantindo uma formação mais completa e consciente aos alunos.

5.2 Discussão dos resultados da análise dos manuais escolares

Nos manuais escolares do 3º ciclo do ensino básico, verificou-se que há a introdução do conceito de QV (Tabela 5), apesar de não estar explícito nas AE (Tabela 2). Se apenas forem considerados os manuais do 7.º ano, o primeiro ano em que a matriz curricular inclui a disciplina de Físico-Química, constata-se que, dos seis manuais escolares certificados, três deles não fazem qualquer abordagem ao conceito de QV, dois fazem uma breve abordagem teórica à QV e um deles aborda o conceito, não somente do ponto de vista teórico, como explicita de um modo prático a forma de poder implementar alguns dos PQV nas atividades laboratoriais propostas. Esta análise evidencia que as AE oferecem orientações limitadas quanto à abordagem da QV, embora garantam aos professores a liberdade para integrar este conceito, como já foi referido.

No caso particular do 7º ano, verifica-se que os alunos, consoante o manual adotado, têm acesso a diferentes níveis de abordagem da QV, variando entre a ausência de referência ao conceito e a inclusão de atividades laboratoriais alinhadas com os seus princípios. Esta disparidade pode gerar desigualdades na formação científica dos alunos, corroborando uma das conclusões do estudo de Melo e Souza (2022). Quando as AE são mais claras e explícitas, como no caso das “energias renováveis”, presentes em todos os manuais, estas diferenças tendem a ser atenuadas.

No ensino secundário, a QV faz parte das AE no 11.º ano de escolaridade. Por esta razão, como as AE incluem explicitamente o conceito de QV, todos os manuais escolares do 11.º ano da componente de Química abordam esta temática. Contudo, tal como acontece nos manuais do 3.º ciclo do ensino básico, a interpretação e aplicação dos conteúdos solicitados nos documentos curriculares é diferente de manual para manual. Um exemplo disto é a abordagem às métricas da

QV, em que apenas um dos manuais escolares aborda a métrica - Fator E. Esta heterogeneidade compromete a equidade na formação científica e traduz-se em assimetrias no desenvolvimento de competências essenciais à construção de uma cidadania crítica e responsável.

5.3 Discussão de resultados da análise das atividades laboratoriais com a proposta de uso do nitrato de chumbo(II)

No 3.º ciclo do ensino básico, continua a ser comum a proposta da utilização do nitrato de chumbo(II) para exemplificar uma reação de precipitação, situação anteriormente identificada por Pereira (2014) num estudo com manuais escolares vigentes à época, anteriores aos atualmente adotados. Este reagente está sugerido em todos os manuais escolares do 8.º ano (Tabela 6) e em alguns do 7.º ano, assim como dos cursos profissionais, apesar de não estar mencionado em nenhum documento curricular (Tabela 2). É importante salientar que nem todos os manuais escolares contêm os pictogramas de perigo deste reagente ou informações de segurança. A única melhoria identificada nos manuais foi a sugestão de realizar a experiência com nitrato de chumbo(II) em microescala, conforme indicado em [M7] e [M8], ou de utilizar até dez gotas dos reagentes com o uso de tubos de ensaio. Este procedimento está alinhado com o PQV 1 – Redução de Resíduos. No entanto, verifica-se que, frequentemente, os professores não reconhecem esta prática como parte dos PQV, devido a uma compreensão limitada destes princípios (Jusniar et al., 2023).

A toxicidade (Labox, 2023) e o impacto ambiental do nitrato de chumbo(II) justificam a sua substituição por reagentes mais sustentáveis, eliminando a sua recomendação nos manuais escolares. Esta mudança, alinhada com os PQV, contribui para sensibilizar os alunos para práticas laboratoriais seguras e promover competências de sustentabilidade, em conformidade com o documento PASEO (DGE, 2017).

Existem alternativas ao reagente nitrato de chumbo(II), na realização de atividades laboratoriais que envolvem reações de precipitação. Uma das alternativas é o recurso a reações de precipitação com sais de carbonatos, nomeadamente o carbonato de cálcio. Fonseca (2023) apresenta uma proposta de reações de precipitação de carbonato de cálcio a partir dos sais de carbonato de sódio e cloreto de cálcio realizada em microescala. É um procedimento mais seguro para os alunos e professores em que as reações químicas apresentam um melhor alinhamento segundo os PQV.

Outros procedimentos podem ser integrados nas aulas de Química e interligados com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente o objetivo 12 (consumo e produção responsáveis) e o objetivo 13 (mudança climática) e, ainda, associados aos PQV. A Química tem conceitos que devem ser estudados em atividade laboratoriais e, por isso, requerem reagentes químicos. Neste contexto, as atividades laboratoriais são uma boa forma de poder introduzir a QV orientada para os PQV, principalmente através dos princípios: (1) prevenção de resíduos; (5) usar solvente seguro; (6) eficiência energética; (7) uso de matéria-prima renovável e (12) minimizar o potencial de acidentes (Mitarlis et al., 2023). A introdução desses PQV explicitamente nos documentos curriculares e nos manuais escolares são uma forma de consciencializar o aluno para a sua importância e de promover atitudes sustentáveis através das aulas de Química.

6. CONCLUSÕES

Embora não existam AE explícitas relativas à QV na disciplina de Físico-Química do 3.º ciclo do ensino básico, as AE relacionadas com a sustentabilidade, revelam-se redutoras e limitadas. Esta lacuna conduz a variadas interpretações e, conseqüentemente, a uma ampla diversidade de abordagens sobre sustentabilidade nos manuais escolares. Tal diversidade poderá potenciar aprendizagens distintas de aluno para aluno, colocando em causa a consistência e coerência no desenvolvimento de uma educação científica equitativa, principalmente nos casos em que não sejam feitas referências ao assunto ou que este seja abordado de forma muito superficial. No ensino secundário, a QV apenas surge explicitamente no 11.º ano do curso de CT e nos módulos Q2 e Q3 do ensino profissional. Observa-se, contudo, um aumento das AE relacionadas com sustentabilidade neste ciclo de ensino, refletindo um esforço de integração progressiva.

No que diz respeito aos manuais escolares do ano letivo 2023/2024, nem todos fazem referência explícita à QV, no 3.º ciclo do ensino básico, o que poderá ser justificado pela ausência deste conceito nas AE da disciplina. No ensino secundário, a inclusão formal da QV constitui um passo relevante, mas exige maior uniformidade na sua abordagem, de forma a assegurar uma aprendizagem equitativa e o desenvolvimento da consciência ambiental dos alunos.

Adicionalmente, constata-se que ainda existem nove manuais escolares (Tabela 6) que propõem a utilização da solução aquosa de nitrato de chumbo(II) nas atividades laboratoriais, alguns recorrendo já à execução em microescala, enquanto outros sugerem a realização da reação em tubo de ensaio, o que constitui um aspeto a valorizar.

Dado o caráter muito tóxico desta substância, é importante considerar a sua substituição por outras alternativas nas propostas de atividades laboratoriais. É essencial considerar as alternativas para substituir os protocolos com nitrato de chumbo(II), aproveitando a perspetiva didática dessa substituição para abordar os PQV nos 7.º e 8.º anos e no ensino profissional.

Sendo o 3.º ciclo do ensino básico o último contacto com a área da Química para muitos alunos, e, portanto, a base da sua formação científica, a abordagem do tema da QV torna-se necessária e, portanto, há ainda um caminho a percorrer no sentido de introduzir, neste nível de ensino, estes conteúdos de forma objetiva e explícita nas AE da disciplina de Físico-Química. As aulas de Química, para todos os alunos, guiadas pelos PQV são importantes para desenvolver as competências necessárias a um compromisso interventivo na sociedade para a sustentabilidade do Planeta, de modo a construírem uma consciência coletiva para uma melhor gestão dos recursos naturais e assim se formarem cidadãos intervenientes de forma consciente e empenhada em questões cívicas.

7. IMPLICAÇÕES

Na sequência da investigação realizada sugere-se, numa perspetiva de aprofundamento e interdisciplinaridade, ampliar este estudo aos manuais escolares da componente de Física, excluídos nesta investigação, nomeadamente avaliando a eficiência energética dos materiais utilizados e respetivos impactes ambientais. Sugere-se ainda que, nos manuais escolares de Química, se desenvolva uma pesquisa mais alargada que permita identificar a presença de outros reagentes que não sejam “verdes” e se criem alternativas para a sua substituição.

Como resultado da investigação realizada, oferecem-se recomendações dirigidas aos diferentes intervenientes do ensino da Química. Para os autores de manuais escolares sugere-se que as futuras edições considerem as recomendações feitas neste estudo quanto ao reagente nitrato de chumbo(II). Para as entidades responsáveis pela atualização dos documentos curriculares, destaca-se a necessidade de incluir, de forma clara e inequívoca, a abordagem dos PQV, adaptada ao nível de escolaridade, garantindo que todos os alunos tenham contacto com estes princípios essenciais para uma formação científica sustentável.

Recomenda-se, ainda, que os professores orientem a sua atividade pedagógica, reforçando práticas laboratoriais mais seguras e sustentáveis nas atividades em que sejam utilizados reagentes que requeiram cuidados acrescidos, bem como promovendo uma abordagem reflexiva e de tomada de decisão sobre os conteúdos apresentados nos manuais escolares, de modo a garantirem uma educação química alinhada com os desafios ambientais atuais.

Seria importante que futuramente o adjetivo “verde” fosse desnecessário e que toda a Química fosse ensinada como verde (Etzkorn & Ferguson, 2023). Encontrar alternativas aos reagentes não verdes para reagentes ambientalmente mais sustentáveis, nomeadamente utilizando reagentes provenientes de fontes renováveis, e explicar essa mudança aos alunos, é um primeiro passo para sensibilizá-los para a QV e, por sua vez, procurar desenvolver atitudes e competências de sustentabilidade de acordo com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CQC — Centro de Química de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (projetos UIDB/00313/2020 e UIDP/00313/2020), do CIQUP — Centro de Investigação em Química da Universidade do Porto, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (projeto UIDB/00081/2020) e do IMS — Instituto de Ciências Moleculares (projeto LA/P/0056/2020). Agradecemos igualmente o apoio do programa *Recuperar Portugal*, através do investimento RE-C06-i04 - Impulso Jovens STEAM, no âmbito do projeto *Living the Future Academy*, financiado pelo PRR - Plano de Recuperação e Resiliência e pelos fundos europeus *Next Generation EU*.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional (ANQEP). (2020). *Aprendizagens essenciais - cursos profissionais*. Física e Química. <https://www.anqep.gov.pt/np4/476.html>
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 2019, Article ID 67303056730305. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.
- Bardin, L. (2014). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bastin, L. D., & Dicks, A. P. (2019). Advances in green chemistry education. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12(2), 101-101. <https://doi.org/10.1080/17518253.2019.1621059>
- Cannon, A. S., Anderson, K. R., Enright, M.C., Kleinsasser, D. G., Klotz, A. R., O'Neill, N. J., & Tucher, L. J. (2023). Green Chemistry Teacher Professional Development in New York State High Schools: A Model for Advancing Green Chemistry. *Journal of Chemical Education* 100 (6), 2224-2232.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01173>

- Celestino, T. (2023). High School Sustainable and Green Chemistry: Historical–Epistemological and Pedagogical Considerations. *Sustainable Chemistry*, 4(3), 304–320. <https://doi.org/10.3390/suschem4030022>
- Direção-Geral da Educação. (2003). *Manual de utilização segura dos laboratórios escolares*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Esaude/manual_utilizacao_seguranca_escolas.pdf
- Direção-Geral da Educação (DGE). (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf
- Direção-Geral da Educação (DGE). (2018). *Referencial de educação ambiental para a sustentabilidade para a educação pré-escolar, o ensino básico e o ensino secundário*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ECidadania/ref_sustentabilidade.pdf
- Direção-Geral da Educação (DGE). (s.d.). *Currículo*. <https://www.dge.mec.pt/curriculo-nacional#>
- Etzkorn, F. A., & Ferguson, J. L. (2023). Integrating green chemistry into chemistry education. *Angewandte Chemie International Edition*, 62(2), e202209768. <https://doi.org/10.1002/anie.202209768>
- Expert Committee on Sustainable Chemistry (ECOSChem). (2023). *Defining sustainable chemistry: Report*. Lowell Center for Sustainable Production & Beyond Benign. <https://static1.squarespace.com/static/633b3dd6649ed62926ed7271/t/63ed54f40173a27145be7f74/1676498167281/Defining-Sustainable-Chemistry-Report-Feb-2023.pdf>
- Fonseca, P. J. M. (2023). *A Química Verde e Estações Laboratoriais de Física como Propostas Didáticas no Ensino Básico* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra]. Repositório Científico da Universidade de Coimbra. <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/110735?mode=full>
- Gericke, N., Höglström, P., & Wallin, J. (2022). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245–285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Hjeresen, D. L., Boese, J. M., & Schutt, D. L. (2000). Green chemistry and education. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1543. <https://doi.org/10.1021/ed077p1543>
- Hoffman, K. C., & Dicks, A. P. (2020). Shifting the paradigm of chemistry education by Greening the high school laboratory. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16, 100242. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100242>
- Hoffman, K. C., & Dicks, A. P. (2023). Incorporating the United Nations Sustainable Development Goals and green chemistry principles into high school curricula. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 16(1), 2185108. <https://doi.org/10.1080/17518253.2023.2185108>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- João, P., Sá, P., Henriques, M. H., & Rodrigues, A. V. (2022). Sustainable Development in Basic Education Sciences in Portugal—Perspective of Official Curriculum Documents. *Sustainability*, 14(9), 5651. <https://doi.org/10.3390/su14095651>
- Jusniar, J., Syamsidah, & Auliah, A. (2023). Teacher’s and Student’s Perceptions of Green Chemistry and its Principles in Chemistry Learning in High Schools. *Journal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 7924–7934. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4756>
- Kolopajlo, L. (2017). Green chemistry pedagogy. *Physical Sciences Reviews*, 2(2), 20160076. <https://doi.org/10.1515/psr-2016-0076>
- Labbox (2023). Ficha de dados de segurança - UN1469 Lead (II) nitrate AGR. https://labbox.eu/wp-content/uploads/FDS/SDS_PT_10294.pdf
- Melo, E. C. de, & Souza, K. dos S. de. (2022). Green chemistry in chemistry teaching: A review between 2011 and 2021 from scientific journals. *Research, Society and Development*, 11(9), e43711931981. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31981>

- Mitarlis, M., Azizah, U., & Yonata, B. (2023). The integration of green chemistry principles in basic chemistry learning to support achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) through education. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 233-254. <https://doi.org/10.3926/jotse.1892>
- Mutlu, H., & Barner, L. (2022). Getting the terms right: green, sustainable, or circular chemistry?. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 223(13), 2200111. <https://doi.org/10.1002/macp.202200111>
- Nações Unidas (2024). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- Nahlik, P., Kempf, L., Giese, J., Kojak, E., & Daubenmire, P. L. (2023). Developing green chemistry educational principles by exploring the pedagogical content knowledge of secondary and pre-secondary school teachers. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 24, 283-298. <https://doi.org/10.1039/D2RP00229A>
- Pereira, M. (2014). *Verdura Química de Atividades Laboratoriais-Avaliação de Manuais do Ensino Básico*. [Tese de Mestrado, Universidade do Porto]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/77332/2/33464.pdf>
- Raad, I. H. de, Iltes, M., Kosjakova, O., Meerholz, A., Portocarrero Gamarra, A., Tilquin, J., Helsloot, S., Jolivet, R. B., Phillips, G., Bauer, J., & Dziubinska-Kuehn, K. M. (2024). Evaluating the environmental impact of chemistry education: A pilot extracurricular activity for undergraduate students. *Journal of Chemical Education*, 101(4), 4756–4764. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00456>
- Rego, B., Gomes, C., & Balula, J. (2010). *A avaliação e certificação de manuais escolares em Portugal: um contributo para a excelência*. Évora: Universidade de Évora. https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/1483/1/Rego_Gomes_%26_Balula%282012%29.pdf
- Ribeiro, M. G. T. C., Yunes, S. F., & Machado, A. A. S. C. (2014). Assessing the Greenness of Chemical Reactions in the Laboratory Using Updated Holistic Graphic Metrics Based on the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals. *Journal of Chemical Education* 91 (11), 1901-1908. <https://doi.org/10.1021/ed400421b>
- Sánchez Morales, R., Sáenz-López, P., & de las Heras Perez, M. A. (2024). Green Chemistry and Its Impact on the Transition towards Sustainable Chemistry: A Systematic Review. *Sustainability*, 16(15), 6526. <https://doi.org/10.3390/su16156526>
- Saraf, M., Roy, M. A., Yarur Villanueva, F., Kundu, A., Tran, H. V., Ghosh, M., Ezenwa, S., Gastelu, G., Prebhalo, M. A., Cala, L. J., Cleary, S. R., Devineni, G., Lee, G. A., Umenweke, G. C., Koby, R. F., Nixon, R., Voutchkova, A., & Moores, A. (2023). Perspectives from the 2022 Cohort of the American Chemical Society Summer School on Green Chemistry & Sustainable Energy. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(38), 13822-13835. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c02935>
- Sheldon, R. A. (2023). The E factor at 30: a passion for pollution prevention. *Green Chem.*, 25, 1704-1728. <https://doi.org/10.1039/D2GC04747K>
- Suárez-López, R., & Eugenio-Gozalbo, M. (2021). How is sustainability addressed in primary and secondary education curricula? Assessing the cases of Spain and Portugal. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 31(2), 106-122. <https://doi.org/10.1080/10382046.2021.1924498>
- Valderrama, C. J., Morales Huamán, H. I., Valencia-Arias, A., Coronado, M. H., Cardona-Acevedo, S., & Delgado-Caramutti, J. (2023). Trends in Green Chemistry Research between 2012 and 2022: Current Trends and Research Agenda. *Sustainability*, 15(18), 13946. <https://doi.org/10.3390/su151813946>
- Vojíř, K., & Rusek, M. (2022). Of teachers and textbooks: lower secondary teachers' perceived importance and use of chemistry textbook components. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 23, 786-798. <https://doi.org/10.1039/D2RP00083K>

**CLIPPING CIENTÍFICO COMO FERRAMENTA DE APOIO À DEMOCRATIZAÇÃO DO
ACESSO AO CONHECIMENTO: ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES DE
MATEMÁTICA E CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

SCIENTIFIC CLIPPING AS A TOOL TO SUPPORT THE DEMOCRATIZATION OF KNOWLEDGE ACCESS:
ANALYZING THE PERCEPTION OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE STUDENTS

CLIPPING CIENTÍFICO COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA DEMOCRATIZACIÓN DEL ACCESO AL
CONOCIMIENTO: ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE ESTUDIANTES DE MATEMÁTICAS Y CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN

Natália Alves Machado¹, Cristiane Cataldi S. Paes², Juliana B. Carvalho³ & Frederico A. O. Cruz⁴

¹Departamento de Química e Física, Universidade Federal do Espírito Santo (Campus Alegre), Brasil

²Departamento de Letras, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

³Philips Healthcare, MRI R&D - Development Engineer, Holanda

⁴Departamento de Tecnologias e Linguagens, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

natalia.a.machado@ufes.br

RESUMO | Este estudo avaliou a percepção de estudantes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro sobre um *clipping* quinzenal contendo notícias científicas, com base nas respostas fornecidas por eles num questionário *online*. Os resultados mostraram avaliações positivas, destacando indicadores como "clareza e compreensão" e "confiabilidade das fontes", o que evidencia que o material é bem estruturado e de fácil entendimento. A "relevância dos temas" também foi bem avaliada, mas apresentou maior variação, refletindo a diversidade de interesses dos participantes. Em relação ao compartilhamento do material, observou-se que somente um pequeno grupo o faz regularmente, indicando a necessidade de estratégias para aumentar o alcance do projeto além dos leitores primários. Um ponto positivo observado nos dados é que o *clipping* demonstra grande potencial para promover o conhecimento científico, especialmente em contextos com acesso limitado a recursos educacionais, sendo uma importante ferramenta na democratização da informação científica.

PALAVRAS-CHAVE: Clipping científico, Educação em ciências, Educação em matemática, Divulgação científica, Democratização do conhecimento científico.

ABSTRACT | This study evaluated the perception of students from the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro regarding a biweekly clipping containing scientific news, based on responses provided through an online questionnaire. The results showed positive evaluations, highlighting indicators such as "clarity and comprehension" and "reliability of sources," which suggests that the material is well-structured and easy to understand. "Relevance of topics" was also well-rated, although with more variation, reflecting the diversity of participants' interests. Regarding the sharing of the material, it was observed that only a small group does so regularly, indicating the need for strategies to increase the project's reach beyond primary readers. A positive point observed from the data is that the clipping shows great potential to promote scientific knowledge, especially in contexts with limited access to educational resources, making it an important tool for the democratization of scientific information.

KEYWORDS: Science education, Mathematics education, Science communication, Democratization of scientific knowledge, Scientific news clipping.

RESUMEN | Este estudio evaluó la percepción de los estudiantes de la Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro sobre un recorte quincenal que contiene noticias científicas, basado en las respuestas proporcionadas a través de un cuestionario en línea. Los resultados mostraron evaluaciones positivas, destacando indicadores como "claridad y comprensión" y "confiabilidad de las fuentes", lo que evidencia que el material está bien estructurado y es fácil de entender. La "relevancia de los temas" también fue bien valorada, aunque con mayor variación, lo que refleja la diversidad de intereses de los participantes. En relación al compartir el material, se observó que solo un pequeño grupo lo hace regularmente, lo que indica la necesidad de estrategias para aumentar el alcance del proyecto más allá de los lectores primarios. Un punto positivo observado en los datos es que el recorte muestra un gran potencial para promover el conocimiento científico, especialmente en contextos con acceso limitado a recursos educativos, siendo una herramienta importante en la democratización de la información científica.

PALABRAS CLAVE: Educación en ciencias, Educación matemática, Divulgación científica, Democratización del conocimiento científico, Recorte científico.

1. INTRODUÇÃO

No parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE, 2002), no qual apresenta as diretrizes curriculares para o funcionamento dos cursos de Matemática no Brasil, consta que o estudante, ao entrar no ensino superior, traz consigo experiências e interpretações construídas ao longo do ensino fundamental e médio¹. A questão é que, considerando os últimos dados das avaliações nacionais e internacionais (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira [INEP], 2023; INEP, 2024a), muitos dos conhecimentos prévios que se espera desses estudantes talvez não sejam suficientes para a compreensão dos conteúdos com os quais terão contato ao longo da sua formação acadêmica. Essa realidade se faz presente em função de diversos fatores, que incluem a precarização da estrutura escolar, a inadequação da formação dos professores à disciplina que lecionam e as condições socioeconômicas dos estudantes (INEP, 2024b; Espinosa Andrade *et al.*, 2024; Lagravinese *et al.*, 2020; Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura [UNESCO], 2019).

No que diz respeito às condições das escolas brasileiras, o impacto sobre a aprendizagem é significativo e multifacetado. Muitas instituições enfrentam desafios estruturais, que vão desde a escassez de materiais pedagógicos adequados até problemas de segurança e higiene. A ausência de espaços bem equipados, como bibliotecas, laboratórios e áreas de recreação, restringe ainda mais as possibilidades de ensino diversificado, podendo reduzir a motivação dos alunos. Além disso, a inadequação das condições físicas, como salas de aula mal iluminadas ou ventiladas, compromete o bem-estar de todos e impõe obstáculos adicionais ao processo de ensino e aprendizagem (Soares *et al.*, 2020; Yangambi, 2023).

Já a atuação dos docentes é, sem dúvida, um dos principais aspectos para o desenvolvimento ou não dos alunos, visto que eles desempenham um papel crucial na mediação entre o conteúdo curricular e o contexto sociocultural no qual todos estão inseridos. A formação inicial e continuada desses profissionais, aliada à capacidade deles de inovar e adaptar-se às necessidades de diferentes turmas, pode impactar diretamente na qualidade do ensino, promovendo um ambiente de aprendizado motivador, inclusivo e alinhado à realidade dos alunos (Padilha Junior, Andrade Neto, 2024; Silva Junior *et al.*, 2024). No entanto, quando há falta de suporte pedagógico ou as condições de trabalho são inadequadas, é bastante provável que a atuação docente fique comprometida, gerando consequências negativas no processo educativo.

Contudo, são as condições socioeconômicas que, muitas vezes, tornam o desenvolvimento dos alunos mais complexo, uma vez que elas influenciam diretamente o acesso a recursos educacionais e culturais. As crianças e os jovens que vivem em contextos de vulnerabilidade social enfrentam dificuldades que vão além do ambiente escolar, como a ausência de livros e de materiais escolares em casa, acesso limitado à rede mundial de computadores (principalmente à restrição de acesso à internet e a equipamentos adequados para navegação online), e restrição às experiências em atividades culturais e/ou científicas (Souza *et al.*, 2019, Tan, 2024). Esse cenário restringe as possibilidades de aprendizagem dos alunos fora do ambiente escolar, ou seja, as oportunidades de uma aprendizagem mais ampla são afetadas, uma vez que o contato com elementos que poderiam contribuir para a compreensão de determinados temas é limitado. Em outras palavras, um indivíduo localizado numa região com poucos recursos culturais ou econômicos está, frequentemente, em desvantagem, já que

¹ Equivalente a educação básica e secundária em Portugal.

enfrentará obstáculos adicionais em comparação àqueles com acesso a um ambiente mais favorável (Souza *et al.*, 2019, Tan, 2024).

No contexto do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Campus Nova Iguaçu), grande parte dos estudantes provém do próprio município onde a instituição está inserida, uma região marcada por condições socioeconômicas longe do ideal e com uma realidade escolar com baixo índice de desenvolvimento na educação (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2023). Em função desse contexto, é importante e necessário que a universidade busque, além de oferecer disciplinas com conteúdos programáticos atualizados, desenvolver ações que possam fornecer informações diversificadas referentes a questões sociais, culturais, tecnológicas e científicas, que possam contribuir para uma formação sólida e abrangente. Essa perspectiva pode incluir projetos de extensão, atividades interdisciplinares, programas de iniciação científica e o acesso a materiais complementares que ampliem o repertório acadêmico dos estudantes, como *clippings* contendo informações atualizadas e de fontes confiáveis.

Diante desse contexto de limitações no acesso a recursos educacionais e culturais, este estudo volta-se para a análise de uma iniciativa concreta de divulgação científica implementada na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: um *clipping* científico. Para avaliar a percepção dos estudantes sobre esta ferramenta e o seu potencial como apoio à democratização do acesso ao conhecimento, o estudo procurou responder às seguintes questões de investigação:

- Como a impressão geral sobre o conteúdo do *clipping* "Gazeta Científica" se distribui entre os participantes e quais fatores podem influenciá-la?
- Quais são as principais percepções do público sobre o *clipping* em termos de clareza, relevância e acessibilidade?
- O *clipping* atende às necessidades informacionais do público sobre ciência?
- A frequência com que os participantes compartilham o conteúdo do projeto reflete o seu potencial de extensão?

2. REVISÃO DA LITERATURA

O *clipping* é um método amplamente utilizado para coletar, organizar e monitorar conteúdos divulgados na mídia sobre um determinado tema, organização ou indivíduo. O termo tem origem no inglês *clip*, que significa "recortar", pois, inicialmente, essa prática consistia no recorte manual de jornais e revistas para arquivar matérias relevantes. Com o avanço tecnológico e a digitalização dos meios de comunicação, esse processo se modernizou significativamente, abrangendo a busca, seleção e registro de materiais publicados em diversos formatos, como jornais impressos, revistas, *sites*, *blogs* e plataformas digitais. Dessa forma, o *clipping* tornou-se uma ferramenta essencial para análise e acompanhamento da informação midiática em diferentes contextos (Harro-Loit & Eberwein, 2024; Maia *et al.*, 2019; Teixeira, 2001).

Esse material, quase sempre associado à apresentação de notícias de interesse corporativo, não se restringe a esse público, sendo amplamente adotado em diversos outros setores, como, por exemplo, órgãos governamentais (Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina [ALESC], 2018), instituições de ensino superior (Instituto Politécnico de Beja [IPBEJA], 2024) e assessorias de imprensa (Mateus, 2022), divulgando, monitorando ou analisando

informações relevantes para as suas atividades. Além disso, o *clipping*, bem como o uso de notícias de maneira geral, também se mostra útil no ambiente educacional, já que pode contribuir para o desenvolvimento dos estudantes em determinado tema, a partir da análise e discussão das notícias, confrontando as informações apresentadas pelo professor durante as aulas (Bahng *et al.*, 2023; Dévara *et al.*, 2011; Sotério & Queiroz, 2023).

Uma questão importante que merece ser destacada é que a função do *clipping* evoluiu bastante com os avanços tecnológicos e hoje possui versões digitais amplamente utilizadas, uma vez que elas podem ser consultadas por meio de plataformas *online*, permitindo que usuários recebam, armazenem ou organizem conteúdos atualizados de maneira prática e rápida. Naturalmente, esse formato expandiu significativamente as possibilidades de uso, tornando-o ainda mais dinâmico e acessível para diferentes públicos, independentemente da localização, do tempo disponível ou das necessidades específicas de cada usuário.

No entanto, embora o mundo atual seja altamente digitalizado, nem todos dispõem das ferramentas necessárias para aproveitar plenamente esses recursos. A desigualdade na conectividade e no uso de dispositivos tecnológicos ainda é um obstáculo significativo, especialmente em determinados contextos socioeconômicos. No Brasil, apesar dos avanços significativos nos últimos anos, 13% da população brasileira ainda enfrenta alguma restrição quanto à conectividade (Helder, 2024). Assim, mesmo que o *clipping* digital ofereça novas oportunidades de aprendizado, é fundamental considerar alternativas que garantam que esse material chegue ao público de interesse, independentemente das suas condições de acesso, ampliando o seu potencial como instrumento de disseminação das informações.

Para materiais voltados a estudantes universitários em formação, é fundamental considerar as múltiplas potencialidades científicas e culturais que devem ser desenvolvidas ao longo da sua trajetória acadêmica. Durante esse período, eles são expostos a uma ampla variedade de conhecimentos e metodologias que ampliam a sua visão crítica e investigativa. Nesse contexto, um *clipping* pode se tornar um recurso relevante para a construção do saber, funcionando como uma ponte entre a informação científica e a prática no meio universitário. Além de auxiliar na atualização sobre descobertas e debates em diferentes áreas, ele pode estimular o interesse por temas diversos, incentivando a busca ativa por conhecimento e promovendo uma maior integração dos estudantes com a produção científica, especialmente em contextos onde o acesso a fontes qualificadas pode ser limitado.

Na perspectiva de ampliar o repertório científico e cultural dos estudantes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o Grupo de Pesquisa em Ensino-Aprendizagem da Física (GPEAF), que tem entre as suas linhas de pesquisa 'Divulgação e popularização da Ciência', desenvolveu um *clipping* com resumos de notícias científicas extraídas de diferentes jornais e portais especializados. Esse material foi distribuído quinzenalmente em versão impressa ao longo do ano de 2024 para um grupo de aproximadamente 112 alunos, buscando oferecer apoio que pudessem contribuir para enriquecer a sua formação acadêmica e futura prática profissional. Após sete meses de circulação, foi realizada uma pesquisa de opinião junto aos leitores, por meio de uma hiperligação disponibilizada numa plataforma *online*, opção que, embora paradoxal ante a discussão sobre o material ser impresso, mostrou-se adequada devido às condições mínimas, mas suficiente, de acesso digital da maioria dos participantes. O objetivo foi avaliar as percepções do público sobre o conteúdo produzido, considerando critérios como "clareza", "relevância" e

"acessibilidade", de modo a compreender o impacto da iniciativa na formação acadêmica e cultural dos estudantes.

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada teve natureza aplicada, visando avaliar a eficácia do *clipping* (figura 1) na formação acadêmica e científica dos estudantes. Quanto aos objetivos, caracterizou-se a ação como descritiva e exploratória, ao analisar as percepções dos participantes sobre diferentes dimensões do conteúdo do material. A abordagem metodológica adotada foi quantitativa, empregando escalas ordinais, incluindo a de Likert, para mensurar a opinião dos estudantes. Os procedimentos técnicos envolveram a aplicação de um questionário estruturado, conduzido no último mês do projeto, com as fontes primárias de dados obtidas diretamente das respostas fornecidas pelos participantes.



Figura 1 Parte da capa da primeira e última edição do Gazeta Científica disponibilizado aos estudantes em 2024.

A análise dos dados foi realizada a partir das respostas fornecidas pelos estudantes de diferentes anos e períodos acadêmicos dos cursos de Matemática e Ciências da Computação, do Instituto Multidisciplinar, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que participaram ativamente do projeto ao receberem quinzenalmente uma nova edição *online* do "Gazeta Científica", uma vez que, no *campus* onde o GPEAF está atualmente baseado, não há um curso de graduação em Física. O projeto começou em março e se estendeu até dezembro de 2024, durante o qual foram produzidas 13 edições do material. Esse levantamento buscou compreender como o material foi recebido, como contribuiu para o processo de informação e como foi percebido em termos de clareza, relevância e acessibilidade, fornecendo uma base sólida para a avaliação e possíveis melhorias em futuras edições.

A transformação das opiniões dos participantes em dados para investigação foi realizada por meio da criação de um questionário *online* restrito, desenvolvido conforme os métodos propostos por Tuckman (2000) e Batista *et al.* (2021). O questionário foi disponibilizado aos estudantes através da plataforma *Google Forms*, contendo 14 indicadores que abordaram as dimensões do *clipping*. Devido ao formato da pesquisa, que se baseou exclusivamente na coleta de percepções anônimas, sem intervenção direta nos participantes, e se enquadra no inciso I do artigo 1º da Resolução CNS 510/2016 (Conselho Nacional de Saúde [CNS], 2016), não foi necessária a submissão ao Comitê de Ética. Isso se deve à ausência de coleta de dados sensíveis ou informações que permitissem a identificação dos participantes.

Foram elaborados dez indicadores com base em uma escala ordinal do tipo Likert (Tabela 1), caracterizada como uma escala atitudinal com propriedades métricas ordinais (Likert, 1932, Zeng *et al.* 2024), além de outros quatro indicadores construídos a partir de diferentes escalas estatísticas. O objetivo foi compreender não apenas a interação dos estudantes com o conteúdo do *clipping*, mas também a percepção sobre a relevância do material para sua formação acadêmica e científica. Assim, nessas questões, solicitou-se aos participantes que classificassem frases de acordo com as suas percepções pessoais, atribuindo valores entre 1 e 5, sendo: 1 - "Discordo totalmente" e 5 - "Concordo plenamente". Os indicadores que compuseram o questionário foram elaborados de acordo com os objetivos da pesquisa, e a sua validade foi realizada por pesquisadores da área de educação científica e professores da universidade, que consideraram que mediam adequadamente o que se buscava aferir.

Tabela 1- Apresentação das dimensões e dos indicadores (questões) avaliados no questionário.

Dimensão	Indicadores	Escala
Clareza e Compreensão	1. "As notícias do <i>clipping</i> são apresentadas de forma clara e compreensível."	1 = discordo totalmente
Relevância temática	2. "Os temas abordados nas notícias do <i>clipping</i> são relevantes para o público geral."	
Equilíbrio e imparcialidade	3. "O <i>clipping</i> fornece uma visão equilibrada e imparcial dos temas científicos apresentados."	
Suficiência de informações	4. "As notícias do <i>clipping</i> incluem informações suficientes para que eu compreenda os temas tratados."	
Acessibilidade da linguagem	5. "A linguagem usada nas notícias do <i>clipping</i> é acessível para leitores sem formação científica."	
Diversidade de áreas científicas	6. "O <i>clipping</i> aborda uma variedade adequada de áreas científicas (ex.: biologia, física, química, tecnologia, matemática)."	5 = concordo totalmente
Confiabilidade das fontes	7. "As notícias do <i>clipping</i> incluem informações de fontes confiáveis."	
Informação e atualização científica	8. "O <i>clipping</i> ajudou-me a sentir-me mais informado(a) sobre avanços e descobertas científicas."	
Engajamento e interesse	9. "As notícias do <i>clipping</i> despertaram meu interesse em aprender mais sobre os temas apresentados."	
Usabilidade do formato	10. "As notícias do <i>clipping</i> despertaram meu interesse em aprender mais sobre os temas apresentados."	
Impressão geral	11. "Em relação ao conteúdo do <i>clipping</i> a minha impressão geral é":	Excelente Bom Satisfatório Regular Insatisfatório
Satisfação geral	12. "Em que medida você está satisfeito com o <i>clipping</i> ?"	1 = totalmente insatisfeito 10 = totalmente satisfeito
Compartilhamento	13. "Você costuma compartilhar o <i>clipping</i> com outras pessoas (colegas, amigos, família, etc.)?"	Sim Não Nunca
Frequência de compartilhamento	14. "Com que frequência você compartilha o <i>clipping</i> ?"	Raramente Às vezes Sempre

Na população de 112 estudantes que receberam o *clipping*, 59 responderam ao questionário, demonstrando um comprometimento expressivo com o estudo e evidenciando interesse pelo tema proposto. Por outro lado, não foi possível determinar os motivos pelos quais 53 estudantes não responderam ao questionário, uma vez que isso pode ter ocorrido por ausência de acesso digital no momento de responder a pesquisa, por limitações de tempo ou por desinteresse. No entanto, como essa situação não constituía o foco do presente trabalho, não foi objeto de análise mais detalhada.

A pesquisa foi conduzida de maneira estritamente anônima, sem a coleta de quaisquer informações pessoais, garantindo a confidencialidade e a proteção dos dados dos participantes segundo as normas éticas. A análise dos resultados foi orientada pelas questões de investigação, apresentadas anteriormente, que foram cuidadosamente elaboradas para abordar de maneira precisa os indicadores e as dimensões do questionário, permitindo uma compreensão aprofundada das percepções dos estudantes.

A análise quantitativa dos dados ordinais coletados no questionário foi realizada com o *software* estatístico JASP (*Jeffrey's Amazing Statistics Program*), que se caracteriza por ser de código aberto, multiplataforma e gratuito, desenvolvido pela *Universiteit van Amsterdam*. Com uma interface simples e intuitiva, ele oferece a possibilidade do uso de técnicas estatísticas básicas e avançadas (Love, 2019; Goss-Sampson, 2022). Nessa ferramenta, as dimensões e os indicadores foram reorganizados de acordo com as questões de investigação, como será apresentado a seguir:

- ✓ Impressão geral (indicadores 1 a 10): a análise incluiu dez questões cujo objetivo era investigar a relevância, utilidade e adequação do conteúdo às necessidades do público-alvo. Foram considerados aspectos como organização e estrutura do material, nível de aprofundamento temático e uso de exemplos para facilitar a compreensão. Além disso, avaliou-se a existência de possíveis lacunas ou necessidade de ajustes que comprometessem a sua clareza e adequação. Para obter uma visão geral das percepções dos participantes e identificar os principais fatores que influenciam a sua impressão, foram realizadas análises descritivas com cálculo de média e desvio padrão dos dez primeiros indicadores.
- ✓ Clareza, Relevância e Acessibilidade (indicadores 1, 2 e 5): esses indicadores foram usados para avaliar se as notícias do *clipping* foram compreendidas e se eram acessíveis, além de mensurar a pertinência dos temas abordados. Para isso, foram consideradas duas categorias: "Clareza e Compreensão" e "Relevância Temática e Acessibilidade da Linguagem". A análise descritiva foi também realizada por meio do cálculo da média e do desvio padrão, permitindo uma visão geral das avaliações dos participantes. Além disso, foi aplicado o "Teste de Wilcoxon", utilizado para verificar o impacto de uma intervenção sobre uma determinada amostra (Lapa, 2021).
- ✓ Necessidades Informacionais (indicadores 4, 6, 7 e 8): essas questões foram utilizadas para analisar se o *clipping* forneceu informações adequadas e confiáveis, além de verificar a diversidade de temas. Para isso, foram consideradas as dimensões: "Suficiência de Informações", "Diversidade de Áreas Científicas", "Confiabilidade das Fontes e Informação" e "Atualização Científica". A análise incluiu a correlação entre essas dimensões para avaliar a força e a direção das relações identificadas, sem implicar causalidade. Utilizou-se o coeficiente de correlação rho (ρ) de Spearman para verificar

se havia associações positivas e significativas. Os resultados quantitativos foram reportados com base no valor de p , que indica o nível de confiança das comparações (Nascimento *et al.*, 2021).

- ✓ Frequência de Compartilhamento (indicador 14): foi incluída uma questão sobre a frequência com que os participantes compartilham o material, com o objetivo de avaliar seu potencial de alcance e disseminação. As respostas foram classificadas como: "nunca", "raramente", "às vezes" e "sempre", possibilitando a análise percentual da distribuição das respostas e a compreensão do impacto do *clipping* como uma ação de extensão universitária.
- ✓ Nível de Satisfação (indicador 12): essa questão avaliou o nível de satisfação geral dos participantes com o conteúdo do *clipping*. Para mensurar essa percepção, realizou-se uma análise percentual das respostas, permitindo compreender o seu impacto na experiência de leitura.

4. RESULTADOS

A impressão geral do clipping Gazeta Científica é amplamente positiva, com médias superiores a 4,0 (numa escala de 1 a 5) em todos os indicadores, com destaque para a confiabilidade das fontes, a organização e estrutura visual (4,8), seguidas pela clareza e imparcialidade das notícias (4,7) (Tabela 2).

As avaliações dos participantes sobre o *clipping* Gazeta Científica mostraram médias acima de 4,0 (numa escala de 1 a 5) nos três aspectos principais analisados: clareza, relevância e acessibilidade. A clareza obteve média de 4,7, indicando percepção amplamente positiva sobre a compreensibilidade e estrutura das notícias, com baixa variabilidade nas respostas (desvio padrão de 0,701; $\gamma < 15\%$), enquanto a relevância apresentou média de 4,5, também bem avaliada, embora com dispersão um pouco maior (desvio padrão de 0,816; $\gamma \approx 18\%$). Já a acessibilidade da linguagem registrou média de 4,4, ainda que com maior variabilidade que os parâmetros anteriores (desvio padrão de 0,924; $\gamma = 21\%$).

Relativamente ao Teste de Wilcoxon para verificar o impacto sobre a clareza, a relevância e acessibilidade (Tabela 3), no primeiro teste, que comparou os indicadores de clareza e relevância, o valor de p ficou próximo do limite de significância ($\alpha = 0,05$), indicando percepções semelhantes, com leve tendência de melhor avaliação para a clareza ($r = 0,389$, diferença moderada).

Tabela 2- Estatísticas descritivas das respostas dos Estudantes sobre todos os indicadores.

Indicadores	Respostas	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
1. As notícias do <i>clipping</i> são apresentadas de forma clara e compreensível.	59	4,7	0,701	2	5
2. Os temas abordados nas notícias do <i>clipping</i> são relevantes para o público geral.	59	4,5	0,816	1	5
3. O <i>clipping</i> fornece uma visão equilibrada e imparcial dos temas científicos apresentados.	59	4,7	0,604	2	5
4. As notícias do <i>clipping</i> incluem informações suficientes para que eu compreenda os temas tratados.	59	4,4	0,893	2	5
5. A linguagem usada nas notícias do <i>clipping</i> é acessível para leitores sem formação científica.	59	4,4	0,924	2	5
6. O <i>clipping</i> aborda uma variedade adequada de áreas científicas (ex.: biologia, física, química, tecnologia, matemática).	59	4,6	0,853	1	5
7. As notícias do <i>clipping</i> incluem informações de fontes confiáveis	59	4,8	0,473	3	5
8. O <i>clipping</i> ajudou-me a sentir-me mais informado(a) sobre avanços e descobertas científicas.	59	4,7	0,822	1	5
9. As notícias do <i>clipping</i> despertaram o meu interesse em aprender mais sobre os temas apresentados.	59	4,4	0,914	1	5
10. O formato do <i>clipping</i> facilita o acesso às notícias e a navegação pelos temas.	59	4,8	0,468	3	5

Tabela 3 - Teste estatístico de Wilcoxon a partir das respostas dos Estudantes sobre Clareza, Relevância e Acessibilidade

Indicador 1	Indicador 2	W	Z	P	r
1. As notícias do <i>clipping</i> são apresentadas de forma clara e compreensível.	2. Os temas abordados nas notícias do <i>clipping</i> são relevantes para o público geral.	282,0	1,799	0,055	0,389
1. As notícias do <i>clipping</i> são apresentadas de forma clara e compreensível.	5. A linguagem usada nas notícias do <i>clipping</i> é acessível para leitores sem formação científica.	195,5	2,781	0,004	0,693
2. Os temas abordados nas notícias do <i>clipping</i> são relevantes para o público geral.	5. A linguagem usada nas notícias do <i>clipping</i> é acessível para leitores sem formação científica.	275,0	0,874	0,367	0,183

O segundo teste, entre clareza e acessibilidade, o p indicou diferença estatisticamente significativa, com tamanho de efeito alto ($r = 0,693$), mostrando que a clareza foi avaliada de forma superior à acessibilidade da linguagem. Enquanto no terceiro teste, entre relevância e acessibilidade, não houve diferença estatisticamente significativa ($r = 0,183$), evidenciando avaliações semelhantes entre esses dois aspectos. Quando realizada as análises de correlação de Spearman (Gráfico 1), é observado a existência entre correlações positivas e significativas entre os indicadores, evidenciando associação entre as dimensões avaliadas.

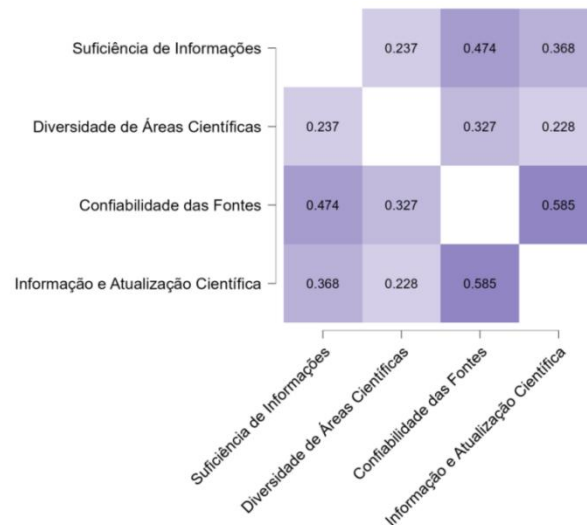


Gráfico 1 Mapa de calor contendo os coeficientes de correlação ρ de Spearman.

Detectou-se correlação positiva moderada entre “suficiência das informações” e “confiabilidade das fontes” ($\rho = 0,474$; $p < 0,001$), indicando que quanto mais completas as informações foram percebidas, maior a confiança atribuída às fontes. Houve também correlação significativa entre “suficiência das informações” e “atualização científica” ($\rho = 0,368$; $p = 0,004$). A “diversidade de áreas científicas” apresentou correlação positiva com “confiabilidade das fontes” ($\rho = 0,327$; $p = 0,011$) e tendência de associação com “suficiência das informações” ($\rho = 0,237$; $p = 0,070$) e “atualização científica” ($\rho = 0,228$; $p = 0,082$), ainda que sem significância estatística robusta.

A correlação mais forte ocorreu entre “confiabilidade das fontes” e “informação e atualização científica” ($\rho = 0,585$; $p < 0,001$), indicando relação direta entre confiança nas fontes e percepção de atualização do conteúdo. Quanto à disseminação, 54% dos participantes relataram compartilhar o *clipping* ocasionalmente, 36% raramente ou nunca (20% e 16%, respectivamente) e apenas 10% o fizeram regularmente, apontando para alcance moderado e necessidade de estratégias de maior engajamento dos leitores.

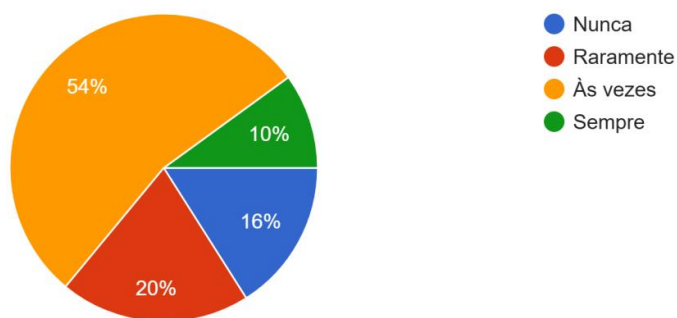


Gráfico 2 Frequência de Compartilhamento do clipping com outras pessoas.

Os dados de satisfação (Gráfico 3) mostram que 76,3% dos participantes atribuíram notas 9 ou 10 ao *clipping* Gazeta Científica, indicando elevada aprovação. Apesar disso, o contraste com o baixo índice de compartilhamento sugere que, embora o conteúdo seja amplamente reconhecido como claro, confiável e relevante, fatores estruturais, especialmente relacionados ao formato impresso, limitam seu potencial de disseminação.

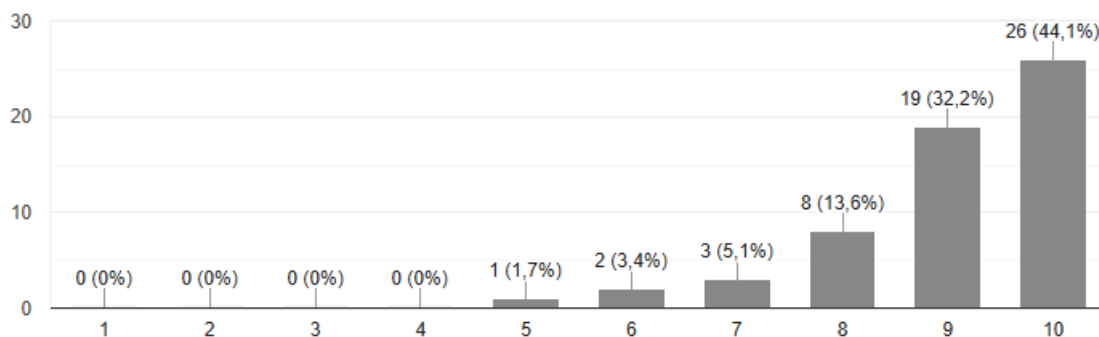


Gráfico 3 Avaliação de satisfação dos participantes em relação ao clipping, onde o eixo horizontal representa o nível de satisfação e o eixo vertical indica o percentual de participantes que escolheram cada opção na escala.

5. DISCUSSÕES

Os resultados obtidos estão em consonância com estudos recentes sobre materiais usados na divulgação científica (Cormick, 2022; Fähnrich *et al.*, 2023), como o caso do *clipping* em questão, que destacam a importância da clareza e confiabilidade para a eficácia de materiais de popularização da ciência. A alta avaliação da confiabilidade das fontes (média de 4,8) é também corroborada na literatura, uma vez que a credibilidade é apontada como fator crítico para a aceitação de conteúdo científico pelo público não especializado (Schug *et al.*, 2024; Altenmüller *et al.*, 2024). O fato de os participantes associarem a clareza na apresentação das notícias à percepção geral de qualidade reforça que, em contextos de democratização do conhecimento, a transparência e a organização do conteúdo são tão importantes quanto a pertinência dos temas escolhidos.

Outro ponto importante, que se configura como um dos resultados mais consistentes do estudo, foi a forte correlação entre a confiabilidade das fontes e a atualização científica ($p = 0,585$), que reforça estudos como os de Guenther *et al.* (2024). Esses autores identificaram que a exposição a sinais de confiança em conteúdos científicos influencia positivamente a confiança

pública na ciência. Essa relação ganha ainda mais relevância quando consideramos o argumento de Thornley *et al.* (2015), que destacam como a percepção de autoridade das fontes é crucial até mesmo para a decisão de pesquisadores em citar determinados trabalhos, indicando que atualidade e credibilidade estão intrinsecamente ligadas. Esta forte associação sugere que os estudantes, mesmo em formação, valorizam e reconhecem a importância de se basearem em referências com algum nível de credibilidade para se manterem informados, internalizando assim uma prática fundamental para a sua futura atuação acadêmica ou profissional.

Relativamente à “relevância temática”, embora bem avaliada, observou-se maior dispersão nas respostas, possivelmente associada à diversidade de interesses e formações dos participantes, alunos dos cursos de Matemática e Ciência da Computação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (*Campus Nova Iguaçu*). Enquanto alguns leitores podem considerar determinados temas essenciais para sua área de atuação, outros podem atribuir menor aplicabilidade, dependendo de sua trajetória acadêmica e profissional. Esse dado sugere que a percepção de pertinência dos conteúdos não é homogênea e evidencia a importância de uma curadoria editorial que contemple equilíbrio entre abordagens especializadas e temas de interesse mais amplo.

Quanto à acessibilidade da linguagem, observou-se avaliação positiva, embora heterogênea, aspecto já discutido anteriormente como desafio central da comunicação científica. O equilíbrio entre rigor conceitual e clareza comunicativa poderá ser aprimorado em futuras edições do projeto mediante estratégias complementares, como testes de leitura com grupos focais ou a inclusão de glossários.

O baixo compartilhamento do material impresso, contudo, revela um desafio a ser superado nas próximas edições. Este fenômeno pode ser atribuído a três fatores interligados, sendo o primeiro deles a ausência de pressão normativa, pois, diferentemente do ambiente digital, não há uma expectativa social estabelecida sobre o compartilhamento do clipping como parte do papel do licenciando. Somam-se a isso dois obstáculos adicionais: (1) a falta de modelos observáveis (os leitores não têm referências sobre o comportamento de compartilhamento dos seus pares), que elimina o efeito de contágio social típico das redes digitais; e (2) a barreira operacional inerente à mídia física, que exige esforço consideravelmente maior que o simples compartilhamento digital (Bhagat & Kim, 2022). Esta discrepância entre a alta satisfação com o conteúdo e a baixa propensão para o compartilhar sublinha que a qualidade intrínseca do material, embora necessária, não é condição suficiente para garantir a sua ampla disseminação. Estratégias ativas de envolvimento e a exploração de formatos híbridos (impresso-digital) podem ser necessárias para superar estas barreiras comportamentais e operacionais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os resultados mostram que a Gazeta Científica foi bem recebida pelo público participante, com avaliações positivas nos critérios de clareza, relevância e acessibilidade. Esses resultados refletem uma percepção favorável sobre o material produzido, respondendo de forma satisfatória à primeira questão de investigação. No que se refere à segunda questão de investigação, o indicador “clareza e compreensão” destacou-se como o ponto mais forte, sugerindo que a organização e apresentação das notícias favorecem a compreensão do conteúdo, o que pode ser explicado pela estruturação do texto e pela abordagem direta, que contribuem para o equilíbrio entre precisão conceitual e comunicação eficaz.

Em resposta à terceira questão de investigação, os resultados indicam que o *clipping* atende de forma satisfatória às necessidades informacionais do público-alvo sobre ciência, oferecendo conteúdo claro, confiável, completo e atualizado. As correlações observadas entre clareza, confiabilidade e atualização científica demonstram que esses fatores são determinantes para a percepção positiva do público.

Relativamente à última questão de investigação, o baixo compartilhamento da Gazeta Científica pelos leitores parece estar relacionado a dois fatores principais: a ausência de qualquer incentivo para que o material seja repassado e a percepção precipitada de que colegas ou familiares não teriam interesse pelos temas abordados. Embora a disponibilização do material em formato digital, mesmo não sendo o foco inicial da proposta, facilite o compartilhamento parcialmente e elimine as dificuldades práticas de distribuição do material impresso, ela não resolve a questão da motivação para compartilhar e exigirá da equipe estratégias complementares para que o alcance seja efetivamente ampliado, melhorando o seu potencial extensionista.

De maneira geral, ao situar esses resultados no contexto mais amplo da pesquisa, o estudo revela o duplo valor do *clipping* científico: (1) atua como amplificador do repertório científico-cultural por meio de fontes qualificadas, e (2) como catalisador do pensamento crítico. Assim, entendemos que a contribuição deste trabalho está na demonstração da análise sistemática da sua recepção, cujos dados empíricos validam a eficácia do material e oferecem parâmetros para otimizar iniciativas semelhantes.

Por fim, consideramos que esse material se mostrou uma ferramenta acessível e eficaz, podendo ser incorporado como recurso complementar em disciplinas curriculares ou programas de formação pedagógica, estimulando a atualização contínua de futuros educadores e promovendo uma educação científica mais contextualizada.

AGRADECIMENTOS

Frederico Cruz agradece à Pro-Reitoria de Extensão (PROEXT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo apoio ao projeto PD010-2024.

REFERÊNCIAS

- Altenmüller, M. S., Wingen, T., & Schulte, A. (2024). Explaining polarized trust in scientists: A political stereotype-approach. *Science Communication*, 46(1), 92–115. <https://doi.org/10.1177/10755470231221770>
- Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina (Alesc). (2018, 28 de maio). *Clipping deputados 28/05/2018*. https://www.ale.sc.gov.br/sites/default/files/clipping-28-05-2018_0.pdf
- Bahng, E. J., Hauptman, J., & Lowery, J. (2023). Newspaper physics for first-year college students: An interdisciplinary approach. *Journal of College Science Teaching*, 52(3), 34-45. <https://doi.org/10.1080/0047231X.2023.12290699>
- Batista, B. F., Rodrigues, D., Moreira, E., & Silva, F. (2021). Técnicas de recolha de dados em investigação: inquirir por questionário e/ou inquirir por entrevista? In Sá, P., Costa, A. P., Moreira, A. (Org.), *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: recolha de dados* (pp. 13-36). UA Editora. <https://doi.org/10.34624/ka02-fq42>
- Bhagat, S., & Kim, D. J. (2022). Examining users' news sharing behaviour on social media: Role of perception of online civic engagement and dual social influences. *Behaviour & Information Technology*, 42(1), 1–22. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2066019>

- Conselho Nacional de Educação (Cne). (2001, 7 de dezembro). *Parecer CNE/CES 1.304/2001*. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>
- Conselho Nacional de Saúde (Cns). (2024, 20 de maio). *Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016*. <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf/view>
- Cormick, C. (2022). We need to do better: Five notable failings in science communication. *Sustainability*, 14(14), 8393. <https://doi.org/10.3390/su14148393>
- Dévara, A. C., Batalha, C. V., & Limoli, L. (2010). A aplicação do *clipping* no ensino de língua portuguesa. *Trabalho apresentado no Seminário de Pesquisa em Ciências Humanas* (SEPECH 2010), Londrina, PR, Brasil. Eduel. https://www.uel.br/eventos/sepech/sumarios/temas/a_aplicacao_do_clipping_no_ensino_de_lingua_portuguesa.pdf
- Espinosa Andrade, A., Padilla, L., & Carrington, S. J. (2024). Educational spaces: The relation between school infrastructure and learning outcomes. *Heliyon*, 10(19), e38361. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38361>
- Fährnich, B., Weitkamp, E., & Kupper, J. F. (2023). Exploring 'quality' in science communication online: Expert thoughts on how to assess and promote science communication quality in digital media contexts. *Public Understanding of Science*, 32(5), 605–621. <https://doi.org/10.1177/09636625231176914>
- Food and Agriculture Organization (Fao). (2024, 24 de julho). *General Sampling Considerations*. <https://www.fao.org/4/y2790e/y2790e05.htm>
- Goss-Sampson, M. A. (2022). *Statistical Analysis Guide for Students*. <https://iasp-stats.org/wp-content/uploads/2022/04/Statistical-Analysis-in-JASP-A-Students-Guide-v16.pdf>
- Guenther, L., Schröder, J. T., Reif, A., Brück, J., Taddicken, M., Weingart, P., & Jonas, E. (2024). Intermediaries in the limelight: How exposure to trust cues in content about science affects public trust in science. *Journal of Science Communication*, 23(9), A06. <https://doi.org/10.22323/2.23090206>
- Harro-Loit, H., & Eberwein, T. (2024). News media monitoring capabilities in 14 European countries: Problems and best practices. *Media and Communication*, 12, Article 7199. <https://doi.org/10.17645/mac.7199>
- Helder, D. (2024, 31 de outubro). *Acesso à internet em residências brasileiras salta de 13% para 85% em 20 anos, aponta pesquisa TIC Domicílios 2024*. <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2024/10/31/aceso-a-internet-em-20-anos-pesquisa-tic-domicilios-2024.ghtml>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). *Nova Iguaçu*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/nova-iguacu/panorama>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (2024a, 15 de Setembro). *Resultados*. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/ideb/resultados>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (2024b, 22 de fevereiro). *Adequação da Formação Docente*. Inep/MEC. <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais/adequacao-da-formacao-docente>
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (2023). *Notas sobre o Brasil no PISA 2022*. Inep/MEC. https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/pisa_2022_brazil_prt.pdf
- Instituto Politécnico de Beja (IPBEJA). (2024, 1 de julho). *Press Clipping*. <https://www.ipbeja.pt/servicos/gicom/Lists/Media/Attachments/851/Clipping%20de%20Not%C3%ADcias%20do%20IPBeja%202024%20julho%20de%2001%20a%2007.pdf>
- Lagravinese, R., Liberati, P., & Resce, G. (2020). The impact of economic, social and cultural conditions on educational attainments. *Journal of Policy Modeling*, 42(1), 112–132. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2019.04.002>
- Lapa, L. D. P. (2021). Testes estatísticos: Breves reflexões. In P. Sá, A. P. Costa, & A. Moreira (Eds.), *Reflexões em torno de metodologias de investigação: Recolha de dados* (pp. 73-86). UA Editora. <https://doi.org/10.34624/ka02-fq42>

- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 22(140), 1-55.
- Love, J. et al. (2019). JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, 88(2), 1–17. <https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02>
- Maia, F. F., Lima, K. K., Barreto, B. H. M., & Oliveira, Y. L. (2019, junho). Memória institucional por meio de *clipping*: Os recortes de jornais que contam a história do Instituto Federal Fluminense. *Trabalho apresentado no Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sudeste* (INTERCOM 2019). Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, Niterói, RJ, Brasil. <https://portalintercom.org.br/anais/sudeste2019/resumos/R68-0279-1.pdf>
- Mateus, S. (2022). *Manual prático de assessoria de imprensa*. Labcom/UBI. https://labcom.ubi.pt/wp-content/uploads/2022/09/202201_ManualAssImprensa_SamuelMateus.pdf
- Nascimento, A., Venturine, C., Demba, J. & Alves, A. T. A. R. B. A. (2021) Testes estatísticos: uma ferramenta importante em pesquisas quantitativas. In Sá, P., Costa, A. P. & Moreira, A. (Eds.), *Reflexões em torno de Metodologias de Investigação: recolha de dados* (pp. 87-101). UA Editora. <https://doi.org/10.34624/ka02-fq42>
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). (2019). *Qualidade da infraestrutura das escolas públicas do ensino fundamental no Brasil*. Unesco/MEC/UFMG. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368757>
- Schug, H., Bilandzic, H., Kinnebrock S. (2024). Public perceptions of trustworthiness and authenticity towards scientists in controversial scientific fields. *Journal of Science Communication*, 23(9), A03. <https://doi.org/10.22323/2.23090203>
- Silva Junior, V. F., Mendonça, S. M. S., & Silva, P. B. (2024). A formação de professores para educação inclusiva no Brasil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(6), 1139-1153. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14191>
- Soares, D. J. M., Soares, T. E. A., Santos, W. (2020). Infraestrutura e desempenho escolar na Prova Brasil: aspectos e conexões. *Olhar do Professor*, 23, 1-18. <https://doi.org/10.5212/OlharProfr.v.23.2020.15023.209209227242.0626>
- Sotério, C., & Queiroz, S. L. (2023). Chemistry students as science journalists: Creating a virtual magazine about COVID-19. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 380–388. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00277>
- Souza, L. B., Panúncio-Pinto, M. P., Fiorati, R. C. (2019). Children and adolescents in social vulnerability: well-being, mental health and participation in education. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 27(2), 251-269. <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAO1812>
- Tan, C. Y. (2024). Socioeconomic Status and Student Learning: Insights from an Umbrella Review. *Educational Psychology Review*, 36, 100. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09929-3>
- Teixeira, H. M. L. (2001). *O clipping de mídia impressa numa abordagem interdisciplinar sob os prismas da ciência da informação e da comunicação social: O jornal de recortes da Assembleia Legislativa de Minas Gerais* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório UFMG. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/EARM-6ZKSUH/1/mestrado_hugo_mrcio_lemos_teixeira.pdf
- Thornley, C., Watkinson, A., Nicholas, D., Volentine, R., Jamali, H. R., Herman, E., Allard, S., Levine, K. J., & Tenopir, C. (2015). The role of trust and authority in the citation behaviour of researchers. *Information Research*, 20(3), 677. <https://www.informationr.net/ir/20-3/paper677.html>
- Tuckman, B. W. (2000). *Manual de investigação em educação*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Yangambi, M. (2023). Impact of School Infrastructures on Students Learning and Performance: Case of Three Public Schools in a Developing Country. *Creative Education*, 14(4), 788-809. <https://doi.org/10.4236/ce.2023.144052>
- Zeng, B., Jeon, M., & Wen, H. (2024). How does item wording affect participants' responses in Likert scale? Evidence from IRT analysis. *Frontiers in Psychology*, 15, 1304870. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1304870>

**O CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DO CONTEÚDO EM GEOMETRIA E MEDIDA:
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PROFESSORES DOS 1.º E 2.º CICLOS**

**SPECIALIZED CONTENT KNOWLEDGE IN GEOMETRY AND MEASURE: ANALYSIS OF THE
PERFORMANCE OF 1ST AND 2ND CYCLE TEACHERS**

**CONOCIMIENTO ESPECIALIZADO DEL CONTENIDO EN GEOMETRÍA Y MEDIDA: ANÁLISIS DEL
RENDIMIENTO DE LOS PROFESORES DE 1º Y 2º CICLO**

Alexandra Gomes¹ & Catarina Vasconcelos Gonçalves²

¹Centro de Investigação em Estudos da Criança (CIEC), Instituto de Educação, Universidade do Minho,
Portugal

²Centro de Investigação & Inovação em Educação (inED), Escola Superior de Educação do Instituto
Politécnico de Viana (ESE-IPVC), Portugal
magomes@ie.uminho.pt

RESUMO | Este estudo investiga o Conhecimento Matemático para Ensinar (MKT) de professores portugueses dos 1.º e 2.º ciclos do Ensino Básico, com foco no Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) na área da Geometria e Medida. A investigação adota um desenho metodológico misto, combinando análise quantitativa e qualitativa. A amostra é composta por 61 professores, que responderam a um questionário baseado no MKT, seguido de entrevistas cognitivas com dois docentes selecionados. A análise dos dados permitiu identificar dificuldades significativas na interpretação de definições geométricas, na avaliação de afirmações matemáticas e na validação de argumentos dos alunos. Os resultados destacam a necessidade de reforçar a formação inicial e contínua dos professores, de modo a promover um ensino mais estruturado e eficaz da Geometria.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento Matemático para ensinar, Conhecimento especializado do conteúdo, Geometria, professores do ensino básico, Formação de professores.

ABSTRACT | This study investigates the Mathematical Knowledge to Teach (MKT) of Portuguese elementary school teachers, with a focus on Specialized Content Knowledge (SCK) in the area of Geometry and Measurement. The research adopts a mixed methodological design, combining quantitative and qualitative analysis. The sample consisted of 61 teachers, who answered a questionnaire based on MKT, followed by cognitive interviews with two selected teachers. The data analysis identified significant difficulties in interpreting geometric definitions, evaluating mathematical statements and validating students' arguments. The results highlight the need to strengthen initial and ongoing teacher training in order to promote more structured and effective teaching of geometry.

KEYWORDS: Mathematical knowledge for teaching, Specialized content knowledge, Geometry, Elementary teachers, Teacher education.

RESUMEN | Este estudio investiga el Conocimiento Matemático para Enseñar (MKT) de los profesores portugueses de primaria y secundaria, centrándose en el Conocimiento Especializado del Contenido (SCK) en el área de Geometría y Medida. La investigación adopta un diseño metodológico mixto, combinando análisis cuantitativo y cualitativo. La muestra consistió en 61 profesores, que respondieron a un cuestionario basado en MKT, seguido de entrevistas cognitivas con dos profesores seleccionados. El análisis de los datos identificó dificultades significativas en la interpretación de definiciones geométricas, la evaluación de enunciados matemáticos y la validación de los argumentos de los alumnos. Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de reforzar la formación inicial y permanente del profesorado para promover una enseñanza más estructurada y eficaz de la geometría.

PALABRAS CLAVE: Conocimientos matemáticos para la enseñanza, Conocimientos especializados del contenido, geometría, Profesores de primaria, Formación del profesorado.

1. INTRODUÇÃO

A matemática elementar caracteriza-se como a base do edifício na aprendizagem da matemática dos alunos. A matemática elementar é fundamental, pois “constitui os alicerces da futura aprendizagem matemática e contém as ferramentas e os rudimentos de muitos conceitos importantes em ramos mais avançados da disciplina” (Ma, 1999, p. 207).

Logo, exige-se do professor um conhecimento sólido e articulado da matemática elementar. Estudos mostram que o conhecimento do professor, especialmente dos primeiros anos, é insatisfatório (Charalambous, 2016; Pincheira & Alsina, 2025; Ribeiro, 2018; Segura et al., 2025). Um dos domínios onde esta falta de conhecimentos é visível é o da geometria (Browning et al., 2014; Gomes, 2021; Kurt-Birel et al., 2020; Liñán-García et al., 2021; Nurnberger-Haag et al., 2020). Por outro lado, há evidências de que o conhecimento matemático dos professores influencia diretamente a aprendizagem dos alunos (Baumert et al., 2010; Charalambous et al., 2020), sendo o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) um fator crítico para um ensino eficaz da Geometria.

Professores com um SCK bem desenvolvido são capazes de estruturar o conhecimento de maneira acessível, fazer conexões entre diferentes conceitos geométricos e utilizar estratégias pedagógicas que favorecem a aprendizagem significativa. No entanto, estudos indicam que muitos professores possuem lacunas conceptuais que dificultam a sua atuação em sala de aula, levando a práticas que se limitam à memorização de definições e procedimentos (Couto, 2015; Mukuka & Alex, 2024; Ulusoy, 2021).

Este artigo examina a competência de professores portugueses dos primeiros anos do Ensino Básico na interpretação de conceitos geométricos, contribuindo para a literatura sobre formação docente e fornecendo *insights* que podem orientar programas de formação inicial ou contínua. Especificamente, procura responder à seguinte questão: De que forma professores dos 1.º e 2.º Ciclos do Ensino Básico (CEB) mobilizam o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) na interpretação e análise de conceitos geométricos, incluindo a compreensão de definições, a avaliação de afirmações matemáticas e a apreciação de argumentos de alunos no contexto da Geometria?

2. REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo dos anos têm sido realizados vários estudos que patenteiam a importância do professor e do seu conhecimento na aprendizagem dos alunos. A eficácia e os níveis de desempenho dos professores têm influência na aprendizagem dos alunos, sendo que a qualidade dos professores é o fator mais determinante na aprendizagem dos alunos, qualidade essa que é influenciada pelo seu conhecimento (Barber & Mourshed, 2007; Ekmekci & Serrano, 2022; Heck, 2007; Lee & Santagata, 2020).

Deste modo, o conhecimento do professor é considerado, inquestionavelmente, central nos processos de ensino e de aprendizagem, uma vez que é o professor que toma as decisões sobre o que se vai realizar na sala de aula, de que forma é que os alunos vão trabalhar e que conceitos vão aprender. Desde a década de 1980 têm-se desenvolvido novas perspetivas acerca do conhecimento dos professores (e.g., Elbaz, 1983; Schön, 1983 e Shulman, 1986), que determinaram as temáticas de estudo acerca dos professores.

Shulman destacou-se como um dos principais investigadores desta temática, tendo revolucionado as investigações sobre o conhecimento do professor, na medida em que focou e destacou o estudo do conhecimento do conteúdo por parte do professor. Seguindo a convicção de Shulman (1986, 1987) de que o ensino requer um tipo especial de conhecimento de conteúdo, Ball e colegas, questionaram-se acerca daquilo que, na prática, “os professores precisam de saber sobre matemática para terem sucesso com os seus alunos” (Ball et al., 2005, p. 17). Os investigadores construíram um conjunto de questões de escolha múltipla, que pretendia “representar o conhecimento matemático usado no ensino da matemática elementar” (Hill et al., 2004, p.14). Estas questões permitem, entre outros aspetos, estudar e categorizar o “Mathematical Knowledge for Teaching” (MKT).

A estrutura para o MKT apresentada por Hill et al. (2004) está dividida em dois tipos de conhecimento: o Conhecimento do Conteúdo (*Subject Matter Knowledge - SMK*) e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge - PCK*). Dado o foco deste artigo, destacamos o domínio Conhecimento do Conteúdo. Este distingue o Conhecimento Comum do Conteúdo (*Common Content knowledge - CCK*), o Conhecimento Especializado do Conteúdo (*Specialized Content Knowledge - SCK*), e inclui também o Conhecimento no horizonte matemático (*Knowledge at the mathematical horizon - HCK*) (Ball et al., 2008).

Segundo Ball et al. (2008), o Conhecimento Comum do Conteúdo é o conhecimento necessário para efetuar “um simples cálculo ou responder corretamente a um dado problema” (p. 399). Apesar de denominarem este conhecimento de “comum”, estes autores explicam que nem todas as pessoas possuem este conhecimento, reforçando também que este não é um conhecimento único para ensinar. Relativamente ao Conhecimento Especializado do Conteúdo, foi definido como o conhecimento matemático utilizado apenas pelos professores, tal como “construir ou examinar representações alternativas, fornecer explicações e avaliar métodos não convencionais dos alunos” (Hill et al., 2004, p. 16). No caso da Geometria, o SCK inclui saber-se, por exemplo, um conjunto de definições de figuras que são compreensíveis por parte dos alunos em diferentes níveis de ensino, com diferentes especificidades matemáticas. Envolve também a capacidade de analisar definições, selecionar representações eficazes e adaptar explicações para diferentes níveis de compreensão dos alunos (Liñán-García et al., 2021).

Na geometria, a importância das definições matemáticas é irredutível (Fujita et al., 2019; Tirosh & Tsamir, 2022). De acordo com Zazkis e Leikin (2008), “A definição de um conceito, uma vez determinada num currículo, influencia a abordagem do ensino da matemática, a sequência de aprendizagem, o conjunto de teoremas e provas”. Também as representações desempenham um papel crucial no ensino e na aprendizagem da geometria (Arcavi, 2003; Desai et al., 2021). No ensino da Geometria, um professor com um SCK bem desenvolvido deve ser capaz de explicar conceitos geométricos de diferentes maneiras (Ball et al., 2008), utilizando representações gráficas, materiais manipuláveis e argumentos formais para tornar a aprendizagem mais acessível. Além disso, os conhecimentos de Geometria dos professores devem envolver a compreensão dos processos de raciocínio matemático, como a generalização e a justificação (Dimmel & Herbst, 2018). Este conhecimento influencia o planeamento e a execução das aulas, nomeadamente na promoção das capacidades de visualização e de estruturação espacial dos alunos durante as tarefas geométricas (Brunheira et al., 2023).

Vários estudos têm mostrado que os professores, em particular de anos iniciais, apresentam lacunas significativas no conhecimento geométrico (por exemplo, Arwadi et al.,

2023; Kim, 2024; Mukuka & Alex, 2024; Shayeb et al, 2024). Em particular, deficiências no SCK comprometem a clareza das explicações e a estruturação do conhecimento geométrico na sala de aula. Muitos professores demonstram dificuldades na formulação de definições geométricas rigorosas e na avaliação da plausibilidade de argumentos matemáticos, o que pode levar a conceções erróneas por parte dos alunos (Couto, 2015; Gomes, 2003). Além disso, a ausência de um conhecimento especializado robusto pode resultar em práticas pedagógicas excessivamente procedimentais, limitando o desenvolvimento do pensamento geométrico dos estudantes.

3. METODOLOGIA

Este estudo insere-se numa investigação mais ampla (Gonçalves, 2020), de natureza qualitativa com uma componente quantitativa descritiva (Creswell, J.W. & Creswell, J.D., 2018), cujo objetivo final foi analisar o conhecimento matemático de professores do 1.º e 2.º CEB, em Portugal.

A investigação combinou a aplicação de um questionário para avaliação do MKT com a realização de entrevistas cognitivas. O questionário foi construído e validado a partir dos instrumentos “*Elementary Number Concepts and Operations – Content Knowledge 2008*, versão B” e “*Elementary Geometry – Content Knowledge 2004*, versão B”, originalmente desenvolvidos pelo grupo de investigação de Michigan no âmbito do projeto *Learning Mathematics for Teaching* (LMT) (Hill et al., 2004).

O questionário final (Gonçalves, 2020), composto por 24 itens, foi aplicado aos professores participantes e os dados recolhidos foram analisados por meio de estatística descritiva.

Posteriormente à aplicação do questionário foram selecionados dois docentes que foram submetidos a entrevistas cognitivas, com a finalidade de verificar, através das suas prestações nas entrevistas, se as respostas que deram ao questionário são consistentemente adequadas ao seu raciocínio. Estas entrevistas serviram ainda para caracterizar o seu conhecimento matemático, descrevendo os conceitos, processos e raciocínios que realizam.

A análise de conteúdo seguiu Bardin (2009), com categorias definidas a priori com base no quadro teórico do SCK (Ball et al., 2008; Hill et al., 2004):

- Capacidade de analisar definições matemáticas;
- Capacidade de avaliar afirmações matemáticas;
- Capacidade de avaliar a plausibilidade dos argumentos dos alunos.

3.1 Participantes

Participaram neste estudo 61 professores do Norte de Portugal, que lecionavam nos distritos de Braga e Porto. Os participantes foram recrutados através da técnica de “bola de neve” (Carmo & Ferreira, 2008), resultando num grupo de conveniência, não representativo da população docente dos 1.º e 2.º CEB. Todos os participantes foram devidamente informados sobre os objetivos do estudo, os procedimentos envolvidos e o uso dos dados recolhidos, tendo manifestado o seu consentimento para participar, em conformidade com os princípios éticos da investigação com seres humanos, nomeadamente os previstos na Declaração de Helsínquia.

Dos 61 professores, 79 % (48) são do sexo feminino, 16 % (10) do masculino, sendo que três professores não indicaram o seu sexo. A maioria dos professores, 59% (36), leciona no 1.º ciclo do Ensino Básico, 35% (21) lecionam Matemática no 2.º ciclo e 3% (2) lecionam anos relativos aos 1.º e 2.º ciclos. 3% (2) dos professores não responderam a esta questão.

Como já foi referido, após a aplicação do questionário aos 61 professores foram selecionados dois professores para serem entrevistados.

A seleção foi feita intencionalmente para assegurar variabilidade nos seguintes parâmetros:

- resultado obtido aquando da realização do questionário de medição do MKT;
- tempo de serviço docente;
- nível de ensino que leciona;

Foram escolhidos os professores Maria e Pedro, cujas características se apresentam na tabela 1.

Tabela 1- Dados dos entrevistados. Adaptado de Gonçalves (2020)

Nome	Classificação no teste	Tempo de serviço docente	Nível de ensino que leciona	Tipo de escola
Maria	50%	22 anos	2.º ciclo	Pública
Pedro	92%	6 anos	1.º ciclo	Privada

3.2. As questões

Para este artigo selecionaram-se três questões do domínio “Geometria e Medida” que avaliam o SCK. Devido a restrições de confidencialidade definidas pelos autores do projeto LMT (Hill et al., 2004), não é possível apresentar integralmente as questões utilizadas. No entanto, será feita a respetiva descrição e caracterização, com base em dois parâmetros fundamentais: o conteúdo matemático abordado e o tipo de tarefa cognitiva que é exigida, como se pode ver na tabela 2.

Tabela 2- Caracterização das questões em estudo. Adaptado de Gonçalves (2020)

Questão	Conteúdo matemático	Descrição da tarefa
1	Definição de trapézio	Os professores têm que analisar duas definições de trapézio contidas em manuais diferentes e identificar consequências de cada uma delas na classificação dos quadriláteros.
2	Noções de paralelepípedo, de área e de volume	Considerando a duplicação de dimensões de um paralelepípedo, os professores tinham que identificar a afirmação verdadeira dentre várias feitas pelos alunos.
3	Área do triângulo	Analisar argumentos dos alunos e identificar o correto.

4. RESULTADOS

4.1. Questão 1

A questão 1, originalmente incluída no teste de avaliação do MKT, apresenta duas definições de trapézio — atribuídas no enunciado a um manual de professor e a um livro de métodos matemáticos — e requer a análise das suas implicações na classificação dos quadriláteros.

A definições apresentadas são:

- um trapézio é um quadrilátero com exatamente um par de lados paralelos;
- um trapézio é um quadrilátero com pelo menos um par de lados paralelos.

Para responder corretamente a esta questão, um professor teria de reconhecer que as definições não são equivalentes e que, de acordo com a segunda definição, um retângulo é um trapézio, mas não é de acordo com a primeira definição.

Como se observa na tabela 3, 34 professores identificaram corretamente as implicações das definições de trapézio na classificação dos quadriláteros, mas 21 não selecionaram a opção correta e 6 não responderam.

Tabela 3- Resposta à questão 1. Adaptado de Gonçalves (2020)

Caracterização da resposta	Frequência	Porcentagem
Incorreta	21	35
Correta	34	55
Não responde	6	10
Total	61	100

Quanto aos professores entrevistados, a Maria respondeu incorretamente e o Rui respondeu corretamente.

A professora Maria referiu na entrevista, que, na sua opinião, um retângulo é um trapézio de acordo com as duas definições apresentadas. Inicialmente, descreveu um retângulo como um quadrilátero com exatamente um par de lados paralelos, mas confrontada com a segunda definição, mencionou que um retângulo é um quadrilátero com pelo menos um par de lados paralelos, o que parece indicar fragilidades na formulação matemática rigorosa.

Como se patenteia no excerto da entrevista em baixo (Gonçalves, 2020), Maria foca-se naquilo que considera que os alunos compreendem e explica o seu raciocínio tendo apenas isso em conta.

Maria – Os alunos não percebem as definições de Geometria. Para eles, “pelo menos” e “exatamente” é a mesma coisa.

Investigadora – Mas não considera importante que desde os primeiros anos os alunos compreendam o significado das palavras e o que, em termos matemáticos, essas palavras conduzem?

Maria – Sim..., mas as definições são demasiado abstratas... eles não percebem. Não têm maturidade para perceber a diferença.

Por sua vez, o outro professor entrevistado, o professor Pedro, selecionou a resposta correta na questão 1 e justificou a sua escolha na entrevista, demonstrando consistência entre o questionário e a entrevista.

Ao justificar que um retângulo é um trapézio de acordo com a segunda definição, mas não o é de acordo com a primeira, o Pedro refere (Gonçalves, 2020):

Pedro – Um retângulo é um quadrilátero com quatro ângulos retos, logo se tem quatro ângulos retos tem lados paralelos, dois a dois. E por isso, a definição 1 é falsa, pois diz “exatamente um par de lados paralelos”. A definição 2 é verdadeira, pois ao dizer “pelo menos” permite que se considere dois pares de lados paralelos. Fica apenas por considerar a hipótese D “todos os quadriláteros são trapézios pela definição 2”. A definição de quadrilátero é uma figura com quatro lados. Ora bastar-me-ia arranjar um quadrilátero sem lados paralelos. Logo, a D também é falsa.

Neste excerto, o professor Pedro consegue analisar as duas definições de trapézio presentes em dois manuais diferentes e identificar as implicações de uma e de outra na classificação de quadriláteros, em particular constatando se o retângulo é ou não um caso particular de trapézio de acordo com as definições dadas.

Além disso, destaca-se que, neste trecho, o docente fundamenta o seu raciocínio, evidenciando possuir um conjunto de conhecimentos interconectados. O professor Pedro, dessa forma, demonstra ter um conhecimento conceitual (Hiebert & Lefevre, 1986).

4.2. Questão 2

Nesta questão apresenta-se um problema matemático que envolve as noções de paralelepípedo, de área e de volume.

Esta pergunta exigia um SCK por parte do professor, na medida que tinha de identificar de entre as afirmações matemáticas dadas pelos alunos a afirmação verdadeira, isto é, além do conteúdo, o professor tinha de ser capaz de analisar várias respostas e avaliar a sua validade.

Observando-se a tabela 4, responderam corretamente 57,4% (35) dos professores, tendo os restantes 42,6% respondido incorretamente ou não respondido.

Tabela 4 - Resposta à questão 2. Adaptado de Gonçalves (2020)

Caracterização da resposta	Frequência	Porcentagem
Incorreta	21	34,4
Correta	35	57,4
Não responde	5	8,2
Total	61	100

Quanto aos professores entrevistados, a professora Maria respondeu erradamente enquanto o professor Pedro respondeu corretamente.

A professora Maria manteve a sua resposta na entrevista, justificando-a, como se pode ver no extrato em baixo:

Maria – Então... se tenho uma piscina retangular e se duplicar o comprimento e a largura, e mantenho a profundidade, preciso do dobro da água para encher a piscina. Sim.

O professor Pedro também manteve a sua resposta aquando da entrevista.

Para justificar a sua resposta, recorreu a uma representação e elaborou um esboço, como se apresenta na figura 1, em baixo.



Figura 2 Representação geométrica do Professor Pedro em resposta à questão 2. Fonte: Gonçalves (2020)

O professor Pedro refere o uso das representações gráficas da seguinte forma:

Pedro – Devemos trabalhar a geometria com ferramentas que nos protejam, auxiliem a cabeça, o auxílio do desenho, ... e é isso que o professor deve dominar.

Eu não acho razoável que um professor tenha de resolver isto em total abstração.

A matemática tem uma componente lúdica e até de uma certa finta que nos leva a dar respostas erradas por sermos induzidos em erro... ora, para mim faz todo o sentido que os professores recorram a auxílio e o desenho é um deles. Acho que é muito importante de ser ensinado às crianças.

Este exemplo é um exemplo que através de um desenho não há nenhuma margem para um professor errar.

O uso de representações no ensino da Geometria e da Matemática em geral, é importante, uma vez que, segundo NCTM (1991), “representar é uma forma importante de comunicar ideias matemáticas (...). Representar envolve traduzir um problema ou uma ideia numa nova forma (...)” (p. 34).

4.3. Questão 3

Esta pergunta diz respeito ao conceito de área de um triângulo.

Nesta questão apresenta-se uma representação de dois triângulos inscritos num retângulo e argumentos de alunos a justificar porque os triângulos têm a mesma área.

Nesta pergunta, um professor tinha de avaliar a plausibilidade das questões (reivindicações) dos alunos (Ball, et al., 2005), utilizando assim um SCK.

Da análise das respostas a esta pergunta, constatou-se que 36 docentes identificaram corretamente a justificação para a igualdade de áreas de dois triângulos, enquanto 20 docentes selecionaram um dos argumentos errados apresentados e 5 deixaram a questão por responder, como se pode ver na tabela 5.

Tabela 5 - Resposta à questão 3. Adaptado de Gonçalves (2020)

Caracterização da resposta	Frequência	Percentagem
Incorreta	20	32,8
Correta	36	59
Não responde	5	8,2
Total	61	100

Relativamente aos professores entrevistados, ambos responderam corretamente.

A professora Maria justificou o seu raciocínio na entrevista (Gonçalves, 2020).

Maria – Esta questão para mim foi mais fácil... e penso que para os alunos também seria, pois iriam focar-se na fórmula da área do triângulo base vezes altura sobre dois. Como os dois triângulos têm a mesma base e a mesma altura, substituindo na fórmula têm a mesma área.

Também o Professor Pedro explicou (Gonçalves, 2020):

Pedro – Esta questão era fácil... se os dois triângulos estão inscritos no retângulo... a segunda afirmação é verdadeira, pois é verdade que os triângulos tenham a mesma base e a mesma altura, logo, pensando-se na fórmula da área do retângulo, têm a mesma área.

5. DISCUSSÃO

A discussão dos resultados permite identificar diferentes manifestações do Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) entre os professores, evidenciando relações entre o desempenho nas tarefas e tipos de raciocínio mobilizados.

A Questão 1 evidenciou a importância de um SCK robusto para compreender as implicações lógicas das definições matemáticas. Embora a maioria dos professores tenha conseguido identificar corretamente a distinção entre as duas definições de trapézio, um número significativo (21 professores) revelou dificuldades, o que pode evidenciar fragilidades conceptuais no entendimento das propriedades dos quadriláteros. Estes resultados estão em consonância com conclusões de outros estudos, como o de Kurt-Birel et al. (2020). O caso da professora Maria destaca essa limitação, pois a sua dificuldade em diferenciar as definições revela uma compreensão limitada da relação entre conceitos matemáticos. A análise da sua resposta indica uma valorização limitada do papel das definições, não só porque não distingue termos nelas incluídos (por exemplo, não distinguiu “pelo menos” de “exatamente”), mas também porque refere que “os alunos não percebem as definições”. Ora, o papel das definições, especialmente

no âmbito da Geometria, é crucial, pois permitem organizar dedutivamente as propriedades de um objeto, relacionando-o com os demais e construindo, assim, um sistema orgânico de definições e uma rede articulada de conceitos e subconceitos. As definições de conceitos matemáticos, as estruturas que lhes estão subjacentes e o próprio processo de definição constituem componentes fundamentais do conhecimento do conteúdo (SMK) por parte dos professores de matemática (Tirosh & Tsamir, 2021; Zazkis & Leikin 2008).

Em contraste, o professor Pedro demonstrou um conhecimento mais elaborado, refletindo um pensamento matematicamente estruturado e interligado, no sentido atribuído por Hiebert e Lefevre (1986) e Long (2005).

Na Questão 2, que exigia avaliação crítica de afirmações matemáticas, os resultados sugerem uma distribuição desigual do SCK entre os participantes, com 42,6% respondendo incorretamente ou deixando a questão em branco. O caso de Maria exemplifica uma dificuldade comum: a aplicação inadequada da proporcionalidade em problemas de dimensões geométricas, um erro documentado na literatura (Ball et al., 2008). Essa dificuldade pode decorrer de um ensino excessivamente baseado em algoritmos, sem uma compreensão conceptual adequada das relações entre grandezas geométricas. Além disso, a justificativa apresentada por Maria sugere uma abordagem intuitiva, baseada em experiências práticas, mas que carece de rigor matemático. Por outro lado, o professor Pedro evidenciou um uso adequado de representações que enfatizam a importância das representações visuais no ensino da geometria. O recurso a representações gráficas, conforme defendido por este professor, tem sido amplamente recomendado por pesquisas em ensino da matemática (Arcavi, 2003; Desai et al., 2021), pois permite melhor visualização das relações espaciais e favorece o raciocínio geométrico estruturado. A postura de Pedro indica um domínio mais sólido do SCK, ao reconhecer que o uso de desenhos pode servir tanto como uma ferramenta de resolução de problemas quanto como um suporte pedagógico para os alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

Finalmente, a Questão 3 reforça a relevância do SCK na avaliação da plausibilidade dos argumentos dos alunos. Constatou-se que a maioria dos professores avaliou corretamente a validade do argumento dos alunos. Pelas entrevistas é possível verificar que as respostas se baseiam no conhecimento da fórmula para a área do triângulo, ou seja, estão ancoradas num conhecimento processual (Hiebert & Lefevre, 1986; Stovner & Klette, 2022), apoiado no domínio de regras e procedimentos. No entanto, a diferença entre os dois professores nas outras questões sugere que um SCK mais estruturado é essencial para lidar com situações matematicamente mais complexas, o que está em consonância com estudos sobre a necessidade de conhecimento profundo para ensinar matemática de forma eficaz (Ball et al., 2008). Portanto, os dados reforçam a necessidade de uma formação docente que privilegie o aprofundamento do SCK em geometria, garantindo que os professores possam não apenas dominar os conteúdos, mas também avaliar criticamente definições, argumentos e afirmações matemáticas de forma coerente.

6. CONCLUSÕES

Este estudo contribui para a compreensão das principais lacunas no SCK dos professores do 1.º e 2.º CEB em Geometria, identificando áreas críticas como a análise de definições, avaliação de argumentos e uso de representações.

No geral, o desempenho dos professores participantes neste estudo revelou-se insuficiente na resolução das tarefas propostas, que envolviam conceitos de Geometria e Medida. Tais resultados estão em consonância com investigações anteriores, apontando que a maioria dos professores tende a apoiar-se em conhecimentos procedimentais, em detrimento de uma compreensão conceptual aprofundada.

Dessa forma, é possível responder à questão de investigação formulada: os professores participantes demonstram um Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) limitado na interpretação e análise de conceitos geométricos. Especificamente, evidenciaram dificuldades na compreensão das definições geométricas e na identificação das suas implicações formais, o que pode levar à propagação de concepções erradas no ensino da Geometria. Além disso, os resultados indicam fragilidades na avaliação de afirmações matemáticas, sobretudo quando estas exigem um entendimento mais aprofundado das propriedades geométricas. Muitos professores recorrem à memorização de regras, sem uma real compreensão dos conceitos subjacentes.

Por fim, a análise das entrevistas revelou que a validação dos argumentos dos alunos pelos professores é frequentemente influenciada pela sua dependência de procedimentos mecânicos. A falta de um entendimento estruturado do pensamento geométrico dificulta a avaliação de justificações baseadas em raciocínio espacial e representações visuais, evidenciando lacunas significativas no seu SCK.

A identificação dessas fragilidades no Conhecimento Especializado do Conteúdo reforça a necessidade de uma formação docente que vá além do domínio de procedimentos e que promova uma compreensão mais profunda e integrada da Geometria. Estes resultados sublinham a importância de investir no desenvolvimento do conhecimento matemático dos professores, de forma a melhorar a qualidade do ensino e, consequentemente, a aprendizagem dos alunos.

7. IMPLICAÇÕES

Os resultados deste estudo destacam a necessidade de reforçar a formação inicial e contínua dos professores, de modo a promover um ensino mais estruturado e eficaz da Geometria. A análise qualitativa das entrevistas evidencia a importância de uma abordagem formativa que contemple explicitamente o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK), fornecendo estratégias didáticas que favoreçam a compreensão conceptual e a aplicação de práticas pedagógicas adequadas ao ensino da Geometria nos primeiros anos do ensino básico.

Neste sentido, é fundamental que a formação inclua estratégias para a análise crítica de definições e argumentos matemáticos, capacitando os docentes para identificar e corrigir dificuldades conceptuais dos alunos. Outra implicação relevante é a necessidade de integrar abordagens didáticas que enfatizem o uso de representações e visualizações geométricas, a fim de minimizar equívocos e tornar a aprendizagem mais significativa. Por fim, os dados apontam para a importância de pesquisas futuras que investiguem em maior profundidade como o SCK pode ser desenvolvido ao longo da carreira docente, contribuindo para uma prática pedagógica mais qualificada e eficaz.

Reconhece-se que os 61 participantes não constituem uma amostra representativa, mas sim um grupo intencionalmente selecionado via amostragem por conveniência ("bola de neve"), o que limita a generalização dos resultados. Ainda assim, os dados obtidos fornecem indícios

relevantes sobre a natureza do SCK em contextos reais de ensino. Investigações futuras podem ampliar a análise para diferentes contextos educativos e explorar metodologias de formação mais eficazes para o desenvolvimento do SCK dos professores, garantindo um impacto positivo na aprendizagem dos alunos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia - no âmbito do Centro de Investigação em Estudos da Criança da Universidade do Minho com a referência UID/00317: Centro de Investigação em Estudos da Criança.

REFERÊNCIAS

- Arcavi, A. (2003). The Role of Visual Representations in the Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), 215–241. <http://www.jstor.org/stable/3483015>
- Arwadi, F., Sidjara, S., & Suarlin. (2023). The Pedagogical Content Knowledge of Mathematics Pre-Service Teachers on Geometry Topic in Universitas Negeri Makassar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(4), 759–770. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i4.1189>
- Ball, D.L., Hill, H., & Bass, H. (2005). Knowing Mathematics for Teaching. Who knows Mathematics Well Enough To Teach Third Grade, and How Can We Decide? *American Educator*, 29(1), 14-17, 20-22, 43-46. <https://hdl.handle.net/2027.42/65072>
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Barber, M., & Mourshed, M. (2007). *How the world's best performing school systems come out on top*. McKinsey & Company.
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Browning, C. A., Edson, A. J., Kimani, P. M., & Aslan-Tutak, F. (2014). Mathematical content knowledge for teaching elementary mathematics: A focus on geometry and measurement. *The Mathematics Enthusiast*, 11(2), 241-272. <https://doi.org/10.54870/15513440>
- Brunheira, L., Serrazina, L., & Rodrigues, M. (2023). Preservice and In-Service Primary Teachers' Knowledge of Mathematical Reasoning Processes in the Context of a Geometry Task. *Acta Scientiae*, 24(8), 567–591. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7122>.
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2008). *Metodologia da Investigação - Guia para Auto-Aprendizagem* (2.ª Edição). Universidade Aberta.
- Charalambous, C. Y. (2016). Investigating the knowledge needed for teaching mathematics: An exploratory validation study focusing on teaching practices. *Journal of Teacher Education*, 67(3), 220-237. <https://doi.org/10.1177/0022487116634168>
- Charalambous, C. Y., Hill, H. C., Chin, M. J., & McGinn, D. (2020). Mathematical content knowledge and knowledge for teaching: Exploring their distinguishability and contribution to student learning. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 23(6), 579- 613. <https://doi.org/10.1007/s10857-019-09443-2>

- Couto, A. (2015). *A Formação Inicial de Professores do Ensino Básico e a Geometria: Um estudo de dois casos* [Tese de Doutoramento não publicada]. Departamento de Ciências da Educação e do Património da Universidade Portucalense.
- Creswell, J.W., & Creswell, J.D. (2018) *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th Ed). Sage.
- Desai, S., Bush, S., & Safi, F. (2021). Mathematical representations in the teaching and learning of geometry: A review of the literature from the United States. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 25(4), 6-22.
- Dimmel, J.; Herbst, P. (2018). What Details Do Teachers Expect from Student Proofs? A Study of Proof Checking in Geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49, 261–291. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.49.3.0261>
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. Croom Helm.
- Ekmekci, A., & Serrano, D. M. (2022). The impact of teacher quality on student motivation, achievement, and persistence in science and mathematics. *Education Sciences*, 12(10), Article 649. <https://doi.org/10.3390/educsci12100649>
- Fujita, T., Doney, J. & Wegerif, R. (2019). Students' collaborative decision-making processes in defining and classifying quadrilaterals: a semiotic/dialogic approach. *Educational Studies in Mathematics*, 101, 341–356. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09892-9>
- Gomes, A. (2003). *Um estudo sobre o Conhecimento matemático de (futuros) professores do 1.º Ciclo – O problema dos conceitos fundamentais em geometria* [Tese de Doutoramento não publicada]. Universidade do Minho.
- Gomes, A. (2021). Que conhecimento matemático para ensinar nos anos iniciais? Desafios para a formação. *Roteiro*, 46, e23839. <https://doi.org/10.18593/r.v46i.23839>.
- Gonçalves, C. V. (2020). *O conhecimento matemático de professores portugueses de matemática dos primeiros anos* [Tese de Doutoramento não publicada]. Universidade do Minho.
- Heck, R. H. (2007). Examining the relationship between teacher quality as an organizational property of schools and students' achievement and growth rates. *Educational administration quarterly*, 43(4), 399-432.
- Hiebert, J. & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: an introductory analysis. In J. H. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: the case of Mathematics* (pp. 1-27). Lawrence Erlbaum Associates.
- Hill, H. C., Schilling S. G. & Ball, D. L. (2004). Developing Measures of Teachers' Mathematics Knowledge for Teaching. *The Elementary Journal*, 105(1), 11-30.
- Long, C. (2005). Maths concepts in teaching: Procedural and conceptual knowledge. *Pythagoras*, 2005(62), 59-65.
- Kim, Y. (2024). A study on the development and analysis of a test of pedagogical content knowledge (PCK) of elementary school pre-service teachers in the areas of geometry and measurement. *Korean Association For Learner-Centered Curriculum And Instruction*, 24(20), 777–792. <https://doi.org/10.22251/ilcci.2024.24.20.777>
- Kurt-Birel, G., Deniz, Ş., & Önel, F. (2020). Analysis of primary school teachers' knowledge of geometry. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 12(4), 303-309.
- Lee, J., & Santagata, R. (2020). A longitudinal study of novice primary school teachers' knowledge and quality of mathematics instruction. *ZDM Mathematics Education* 52, 295–309. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01123-y>
- Liñán-García, M.d.M., Muñoz-Catalán, M.C., Contreras, L.C., & Barrera-Castarnado, V.J. (2021). Specialised Knowledge for Teaching Geometry in a Primary Education Class: Analysis from the Knowledge Mobilized by a Teacher and the Knowledge Evoked in the Researcher. *Mathematics*, 9, 2805. <https://doi.org/10.3390/math9212805>
- Ma, L. (1999). *Saber e Ensinar Matemática Elementar*. Gradiva.

- Mukuka, A., & Alex, J. K. (2024). Student teachers' knowledge of school-level geometry: Implications for teaching and learning. *European Journal of Educational Research*, 13(3), 1375-1389. <https://doi.org/10.12973/euer.13.3.1375>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*.
- Nurnberger-Haag, J., Singh, R., & Wernet, J.L. (2020). An Atypical Approach to Improve Typical Issues with pre-service teachers' geometric shape knowledge. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers*, 1.
- Pincheira, N., & Alsina, Á. (2025). Mathematical Knowledge of Early Algebra Exhibited by Pre-Service Early Childhood Education Teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 461–487. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10478-y>
- Ribeiro, M. (2018). Das generalidades às especificidades do conhecimento do professor que ensina matemática: metodologias na conceitualização (entender e desenvolver) do conhecimento interpretativo. In Andréia Oliveira e M^a Isabel Ortigão (Orgs.) *Abordagens teóricas e metodológicas nas pesquisas em Educação Matemática* (pp.167-185). SBEM
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Avebury.
- Segura, C., Gallart, C., & Ferrando, I. (2025). Influence of pre-service primary school teachers' prior knowledge of measurement and measurement estimation in solving modelling problems. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10857-025-09685-3>
- Shayeb, H., Shahbari, J.A., & Haj-Yahya, A. (2024). First- and second-grade prospective teachers reconstructing definitions of polygon diagonals. *Mathematics Education Research Journal*. <https://doi.org/10.1007/s13394-024-00495-z>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Stovner, R. B., & Klette, K. (2022). Teacher feedback on procedural skills, conceptual understanding, and mathematical practices: A video study in lower secondary mathematics classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 110, 103593. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103593>
- Tirosh, D. & Tsamir, P. (2022). Missing and Mis-in Concept Images of Parallelograms: the Case of Tal. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 981–997. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10175-0>
- Ulusoy, F. (2021). Prospective Early Childhood and Elementary School Mathematics Teachers' Concept Images and Concept Definitions of Triangles. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1057–1078. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10105-6>
- Zazkis, R., & Leikin, R. (2008). Exemplifying definitions: a case of a square. *Educational Studies in Mathematics*, 69, 131–148. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9131-7>

IMPLICAÇÕES DA ESTRATÉGIA FORMATIVA ESPIRAL REPARE EM UM CONTEXTO ON-LINE

IMPLICATIONS OF THE REPARE SPIRAL TRAINING STRATEGY IN AN ONLINE CONTEXT
IMPLICACIONES DE LA ESTRATEGIA DE ENTRENAMIENTO EN ESPIRAL REPARE EN UN CONTEXTO
EN LÍNEA

Tamiles da Silva Oliveira & Eurivalda Ribeiro dos Santos Santana

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

tsoliveira1@uesc.br

RESUMO | Neste estudo, buscou-se compreender a implementação de um processo formativo on-line desenvolvido a partir das etapas da estratégia formativa Espiral RePARE (Reflexão, Planejamento, Ação, Reflexão). A pesquisa envolveu três professores que ensinam matemática e atuam em escolas públicas e foi fundamentada em autores que discutem a formação docente. Os dados foram obtidos a partir da transcrição de cinco encontros realizados pelo Google Meet, analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ATD). Os resultados indicam que a implementação da estratégia foi atravessada por condições tecnológicas, estruturais e organizacionais, exigindo adaptações em diferentes etapas do processo formativo. Apesar dessas limitações, observou-se mobilização de aprendizagens e envolvimento docente, evidenciando o potencial da Espiral RePARE quando articulada às condições reais de trabalho e ao suporte técnico necessário. Os dados também evidenciam a importância de políticas institucionais que assegurem infraestrutura e apoio contínuo, evitando que o esforço individual seja considerado a única solução frente aos desafios da formação *on-line*.

PALAVRAS-CHAVE: Espiral RePARE, Processo formativo, Professores de Matemática.

ABSTRACT | In this study, we sought to understand the implementation of an online formative process developed based on the stages of the Espiral RePARE formative strategy (Reflection, Planning, Action, Reflection). The research involved three mathematics teachers working in public schools and was grounded in authors who discuss teacher education. The data were obtained from the transcription of five meetings held via Google Meet and analyzed through Discursive Textual Analysis (DTA). The results indicate that the implementation of the strategy was affected by technological, structural, and organizational conditions, requiring adaptations in different stages of the formative process. Despite these limitations, evidence of learning mobilization and teacher engagement was observed, highlighting the potential of the Espiral RePARE strategy when articulated with real working conditions and the necessary technical support. The data also highlight the importance of institutional policies that ensure infrastructure and ongoing support, preventing individual effort from being considered the only solution when facing the challenges of online teacher education.

KEYWORDS: RePARE Spiral, Formative process, Mathematics teachers.

RESUMEN | En este estudio se buscó comprender la implementación de un proceso formativo en línea desarrollado a partir de las etapas de la estrategia formativa Espiral RePARE (Reflexión, Planificación, Acción, Reflexión). La investigación involucró a tres profesores que enseñan matemáticas y actúan en escuelas públicas, y se fundamentó en autores que discuten la formación docente. Los datos fueron obtenidos a partir de la transcripción de cinco encuentros realizados mediante Google Meet, analizados por medio del Análisis Textual Discursivo (ATD). Los resultados indican que la implementación de la estrategia estuvo atravesada por condiciones tecnológicas, estructurales y organizacionales, exigiendo adaptaciones en diferentes etapas del proceso formativo. A pesar de estas limitaciones, se observó la movilización de aprendizajes y el involucramiento docente, evidenciando el potencial de la Espiral RePARE cuando se articula con las condiciones reales de trabajo y con el soporte técnico necesario. Asimismo, los datos evidencian la importancia de políticas institucionales que aseguren infraestructura y apoyo continuo, evitando que el esfuerzo individual sea considerado la única solución frente a los desafíos de la formación en línea.

PALABRAS CLAVE: Espiral RePARE, Proceso formativo, Profesores de Matemáticas.

1. INTRODUÇÃO

Na literatura, encontram-se diferentes autores (Imbernón, 2011; Guskey, 1999; Day, 2001; Fullan, 1993) os quais destacam a importância de propostas formativas que se aproximem do contexto real da sala de aula, favorecendo espaços de reflexão sobre o processo de ensino e aprendizagem com o professor. No campo da Educação Matemática, pesquisas evidenciam iniciativas de formação *on-line* (Martins, 2020; Teixeira, 2021; Meireles, 2023; Milani, 2024), que buscam potencializar os processos de ensino e aprendizagem e reafirmar o papel formativo das tecnologias, quando mobilizadas de forma crítica e colaborativa.

Estudos recentes (Hollenbrand & Lee, 2020; Martins, 2020; Kripka, Boito & Valério, 2021; Guimarães, Cavalcante & Silva, 2023) têm desenvolvido processos formativos *on-line* a partir de diferentes estratégias formativas. Entretanto, tais investigações não exploram, em profundidade, como ocorre a implementação dessas estratégias, especialmente no que se refere às interações, adaptações e desafios enfrentados durante sua implementação. Nesse cenário, a estratégia formativa Espiral RePARE (Reflexão, Planejamento, Ação, Reflexão), proposta por Magina *et al.* (2018) surge como uma possibilidade de articular teoria e prática na formação docente, favorecendo um processo contínuo de reflexão, planejamento e ação.

Pesquisadores (Santos, 2015; Oliveira, 2016, Souza, 2018; Souza & Luna, 2021) afirmam, a partir de estudos empíricos, que essa estratégia formativa contribui para a aprendizagem dos professores participantes. Oliveira (2016) e Souza e Luna (2021) implementaram essa estratégia em formato híbrido, mesclando encontros presenciais e atividades disponibilizadas a partir de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). No entanto, no âmbito desta pesquisa, não foram encontrados estudos que investigam a utilização da espiral RePARE em contextos integralmente *on-line*.

Diante do exposto, esta pesquisa configura-se como um recorte de uma tese de doutorado, na qual foi desenvolvido um processo formativo *on-line* para professores que ensinam matemática. O recorte aqui apresentado foca na implementação da estratégia formativa Espiral RePARE (Magina *et al.*, 2018) e busca responder à seguinte questão: Como se dá a implementação de um processo formativo *on-line* desenvolvido com base nas etapas do modelo da estratégia formativa Espiral RePARE? Para isso, desenvolveu-se um processo formativo em contexto *on-line*, pautado nessa estratégia formativa, do qual participaram três professores que atuam em escolas públicas distintas. Como instrumentos de coleta de dados, utilizaram-se as gravações dos encontros formativos e uma entrevista realizada ao final do processo. Para responder à questão de pesquisa, a análise foi realizada a partir da transcrição das narrativas dos professores.

Ao apresentar essa análise, busca-se contribuir para o debate sobre formação docente mediada por tecnologias digitais e para a compreensão de como modelos formativos podem ser ressignificados em ambientes virtuais. A seguir, descrevem-se os pressupostos teóricos adotados e os procedimentos metodológicos deste estudo.

2. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Processos formativos de professores têm sido cada vez mais valorizados como um espaço de aproximação entre teoria e prática docente, favorecendo a reflexão crítica sobre o ensino e aprendizagem (Imbernón, 2011; Guskey, 1999; Day, 2001; Fullan, 1993). Nesse contexto, a Espiral RePARE proposta por Magina *et al.*, (2018) surge como uma estratégia formativa estruturada em um processo de Reflexão, Planejamento, Ação e Reflexão que visa o desenvolvimento profissional dos docentes de maneira sistemática e integrada. Por meio dessa estratégia, os professores podem refletir sobre a própria prática, de forma colaborativa, tendo como foco a aprendizagem dos estudantes. A Espiral RePARE foi validada a partir de pesquisas desenvolvidas entre 2008 e 2017, com foco na formação de professores da Educação Básica. Assim, diante de reformulações e adaptações, ao longo desses anos, chegou-se ao modelo apresentado na Figura 1.

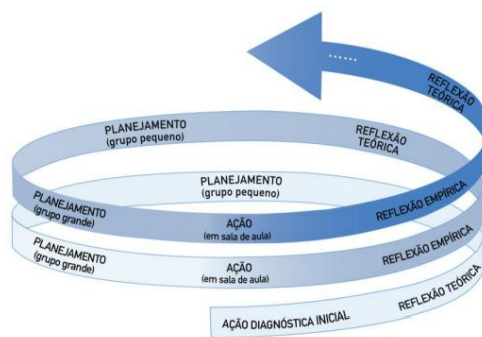


Figura 1 Estratégia formativa espiral RePARE
Fonte: Magina *et al.* (2018)

A etapa inicial de ação diagnóstica consiste em um conjunto de atividades destinadas a identificar as concepções dos estudantes. Os resultados desse diagnóstico fornecem subsídios para as reflexões teóricas que serão desenvolvidas ao longo do processo formativo. A reflexão teórica estabelece diálogo com os conceitos presentes nas atividades da ação diagnóstica, promovendo uma articulação contínua entre teoria e prática. No planejamento, os professores são organizados em pequenos grupos, cujo critério pode ser o ano escolar para elaborar propostas de atividades a serem implementadas em sala de aula, envolvendo os conceitos discutidos na reflexão teórica.

Em seguida, ocorre um momento coletivo de compartilhamento e discussão dos planejamentos com todos os participantes da formação. A etapa de ação corresponde à efetivação desse planejamento na sala de aula, enquanto a reflexão empírica permite que os professores relatem e analisem a prática vivenciada, refletindo sobre dificuldades, potencialidades e aprendizagens dos estudantes ao longo do processo. A cada ciclo fechado da Espiral, “o conhecimento é tratado de forma mais ampla e aprofundada” (Magina *et al.*, 2018, p. 238). Ressalta-se que o número de ciclos depende do tempo e dos objetivos do processo formativo proposto, podendo ocorrer quantas vezes forem necessárias.

Estudos (Santos, 2015; Conceição, 2018; Oliveira, 2018; Souza & Luna, 2021) que utilizaram essa mesma estratégia formativa têm apontado efeitos relevantes no desenvolvimento docente. Santos (2015), ao desenvolver sua tese de doutorado, utilizando a estratégia formativa Espiral RePARE, evidenciou que o processo formativo contribuiu para a ampliação, apropriação e

(re)significação das concepções dos professores. No entanto, também apontou limitações do processo formativo, como, por exemplo:

(a) a difícil compatibilização entre o tempo necessário para o desenvolvimento do processo formativo e o tempo dinâmico e vivo do ambiente escolar, com todas as suas nuances e prioridades; (b) o desafio de despertar o interesse e o envolvimento de todas as professoras no processo formativo; e (c) o curto período destinado ao desenvolvimento do processo formativo e à realização dos encontros (Santos, 2015, p. 304).

Esses resultados sustentam a relevância de investigar como processos formativos *on-line* podem ser organizados, considerando tais desafios e potencialidades. As limitações apontadas por Santos (2015) destacam a importância de considerar as condições reais de trabalho docente e o tempo necessário para a consolidação de aprendizagens nos processos formativos.

Nesse mesmo sentido, Conceição (2018), ao desenvolver um processo formativo sobre a construção do conceito de área com professores dos anos iniciais, também estruturou o processo formativo a partir da Espiral RePARE. Seus resultados evidenciam que a estratégia possibilitou avanços conceituais nas compreensões dos professores acerca do ensino de área, ainda que persistissem dificuldades específicas, sobretudo no que se refere ao cálculo de área de figuras que extrapolam casos mais elementares, como o triângulo. Assim, tanto em Santos (2015) quanto em Conceição (2018), a Espiral RePARE aparece como uma estratégia formativa que potencializa a reflexão e a aprendizagem profissional, mas cuja efetividade depende de condições concretas de tempo e aprofundamento teórico ao longo dos ciclos da formação.

Além dessas investigações, o estudo desenvolvido por Souza e Luna (2021) também adotou a Espiral RePARE como base metodológica, em uma formação continuada colaborativa sobre Early Algebra, com foco na discussão do conceito de padrão em sequência nos anos iniciais. Os autores evidenciaram que o movimento reflexão-planejamento-ação-reflexão favoreceu não apenas a elaboração e reelaboração de tarefas com potencial algébrico, mas também deslocamentos nas compreensões das professoras participantes acerca da natureza do padrão e da generalização.

Em consonância com Santos (2015) e Conceição (2018), esses resultados reforçam a potencialidade da Espiral RePARE como uma estratégia formativa para promover aprendizagens profissionais, indicando que o trabalho pautado em ciclos sucessivos de reflexão e ação contribui para a mobilização e ressignificação de conhecimentos matemáticos e pedagógicos, ainda que persistam desafios relacionados a tempo, domínio conceitual e envolvimento dos professores ao longo do processo formativo.

Diante dessas pesquisas que evidenciam a Espiral RePARE como uma estratégia formativa capaz de organizar e sustentar processos de reflexão docente em ciclos sucessivos, compreende-se que esse modelo tem se mostrado efetivo para promover aprofundamentos conceituais para professores em diferentes temáticas da Educação Matemática. Nesse sentido, este estudo também se apoia na Espiral RePARE para organizar e analisar um processo formativo *on-line* voltado ao ensino da unidade temática de Geometria.

Para entender de que maneira a Espiral RePARE se operacionaliza, é importante destacar alguns elementos estruturantes do seu funcionamento. O funcionamento desta estratégia formativa se pauta em dois pilares, que são consideradas potencializadores para o

desenvolvimento profissional docente, a saber: Reflexão e colaboração (Imbernón, 2011; Day, 2001; Fiorentini, 2002).

Com esses pilares, afirma-se que a reflexão ocupa um papel central no desenvolvimento do processo formativo. Desse modo, a noção de professor reflexivo “baseia-se na consciência da capacidade de pensamento e reflexão que caracteriza o ser humano como criativo e não como mero reprodutor de ideias e práticas que lhes são exteriores” (Alarcão, 2011, p. 44). Assim, o ato de refletir pode ser compreendido tanto como atividade individual quanto coletiva, que favorece a análise crítica das experiências e a construção de aprendizagens. Por meio da reflexão, os professores são capazes de repensar concepções, adaptar metodologias e planejar novas ações pedagógicas, consolidando um ciclo contínuo de melhoria da prática docente. Nesse contexto, Day (2004) afirma que,

A reflexão envolve uma crítica da prática, os valores que estão implícitos nessa prática, os amplos contextos políticos, pessoais, sociais, e institucionais onde esta ocorre e as implicações que estes tem na melhoria dessa prática. É um meio essencial para reexaminação e a renovação da paixão dos que se interessam pelo seu trabalho, dos que se sentem cativados pelo potencial de aprendizagem dos seus alunos e dos que, por causa disso, trabalham ativamente, para não se tornarem apáticos e isolados (Day, 2004, p. 159).

A ideia de reflexão descrita por Day (2004) vai além da autocrítica, ela exige um olhar para os contextos institucionais e sociais que moldam o trabalho docente. Isso mostra que o professor não atua isoladamente, mas dentro de um sistema que precisa ser constantemente questionado e transformado. Portanto, refletir é também um ato político, de resistência e compromisso com uma educação mais justa e significativa.

Além de favorecer a melhoria contínua da prática docente, a reflexão também atua como mediadora entre teoria e prática, possibilitando ao professor ressignificar suas experiências à luz de novos conhecimentos e contextos (Schon, 1997; Zeichner 2008; Pimenta & Lima, 2011). Ao refletir sobre os desafios cotidianos, o docente mobiliza saberes pedagógicos, curriculares e experienciais, articulando-os de forma crítica e contextualizada, e produz conhecimento a partir da sua prática (Tardif, 2014; Zeichner, 2008). Com isso, amplia a consciência sobre o próprio fazer e contribui para o desenvolvimento da autonomia profissional, tornando o professor capaz de tomar decisões fundamentadas e inovadoras, frente às demandas educacionais contemporâneas. A reflexão também é pontencializada quando ocorre de forma colaborativa, em espaços de formação e interação entre professores (Day, 2004).

A colaboração, por sua vez, potencializa os efeitos da Espiral RePARE, ao promover a troca de experiências e a construção conjunta de planejamento. Isso porque, na aprendizagem colaborativa, o conhecimento não surge isoladamente, mas do diálogo entre diferentes perspectivas (Boavida, 2005; Imbernón, 2011). Nesse sentido, cada participante contribui com seus saberes e, ao interagir, gera novas concepções de forma coletiva (Maia, 2026). Assim, a colaboração caracteriza-se por um trabalho conjunto, em que todos os envolvidos se apoiam, mutuamente, para alcançar objetivos comuns definidos coletivamente, com relações menos hierárquicas, liderança compartilhada, confiança e co-responsabilidade na condução das ações (Fiorentini, 2004).

Além disso, a “[...] colaboração, ao contrário de outras formas de relacionamento entre pessoas, tem um certo carácter de imprevisibilidade, pois é um processo aberto, adaptativo e controlado internamente pelos participantes” (Menezes & Ponte, 2010, p. 6). No entanto, essa

imprevisibilidade que caracteriza a colaboração também pode gerar tensões e obstáculos no cotidiano escolar. Se por um lado o caráter aberto e adaptativo desse processo permite maior liberdade e construção compartilhada, por outro exige maturidade profissional, disponibilidade para negociar, lidar com conflitos e sustentar decisões coletivas.

Considerando essas características da colaboração, torna-se necessário explicitar que, neste estudo, esse processo se desenvolve em um contexto formativo *on-line*. Assim, compreende-se que a formação *on-line* tem como premissa “separação entre formadores e formandos, a influência de uma organização educativa, a utilização de uma rede para a distribuição e apresentação dos conteúdos, e a garantia da comunicação bidireccional entre os formandos e entre estes e os formadores” (Dias, 2004, p.14). Essa definição aponta que a formação *on-line* é caracterizada por alguns elementos estruturantes: primeiro, há uma separação física entre formadores e participantes, o que implica que a interação não ocorre no mesmo espaço presencial. Segundo, existe uma organização educativa que sustenta o processo, ou seja, não se trata de interações espontâneas, mas de um percurso formativo intencionalmente planejado.

Além dessas características, a distribuição e a apresentação dos conteúdos dependem de uma rede, normalmente a internet, que viabiliza o acesso e o compartilhamento de materiais. Por fim, a comunicação bidireccional entre os participantes é fundamental para que o processo não seja unilateral; isso significa que o ambiente *on-line* precisa permitir não apenas que o formador transmita conhecimentos, mas que os participantes dialoguem entre si e com o formador, possibilitando caminhos para interação e colaboração.

A aprendizagem colaborativa, mediada digitalmente, depende de condições concretas de organização, como intencionalidade pedagógica, mediação docente, tempo dedicado às interações e cultura de participação ativa entre os envolvidos (Dias, 2004). Sem esses elementos, o potencial das tecnologias tende a não se realizar plenamente, podendo reduzir-se a trocas superficiais ou atividades meramente instrumentais. Assim, não é a existência das ferramentas digitais que garante colaboração, mas a forma como elas são integradas a propostas formativas e às relações pedagógicas que se constroem nesse ambiente.

Nessa perspectiva, as interações entre professores, as discussões em grupo e os feedbacks constantes fortalecem a reflexão e orientam o planejamento e a ação, criando um ambiente de aprendizagem colaborativo. Desse modo, “a colaboração exerce na própria cultura docente um papel significativo quanto à reflexão sobre a constituição dessa cultura do ser professor como uma de suas identidades apresentadas no próprio processo formativo” (Miskulin, et al., 2011, p. 176). Logo, a colaboração não se limita ao compartilhamento de tarefas ou à troca de materiais, mas envolve processos de construção conjunta de significados, que atravessam valores, crenças e modos de pensar o ensino.

Desse modo, pode-se afirmar que a reflexão e a colaboração se articulam como elementos indissociáveis na estratégia formativa Espiral RePARE (Santos, 2015; Souza, 2018; Souza & Luna, 2021), potencializando o desenvolvimento profissional docente. Ao mesmo tempo em que a reflexão possibilita análise crítica, ressignificação das práticas e tomada de decisões fundamentadas, a colaboração amplia esses processos, ao criar espaços de troca e construção coletiva de saberes. Essa integração sustenta a Espiral RePARE, fortalecendo a aprendizagem contínua dos professores.

3. METODOLOGIA

Esta investigação apresenta características que se configuram como uma abordagem qualitativa, a qual incorpora diferentes possibilidades, podendo ser desenvolvida em múltiplos contextos e busca compreender os comportamentos a partir da perspectiva dos participantes. (Bogdan & Biklen, 1994; Gunther, 2006; Stake, 2011; Yin, 2016).

O campo desta investigação foram duas escolas localizadas no estado da Bahia. A escolha dessas escolas se justifica por serem parceiras do Grupo de pesquisa em Educação Matemática e Estatística (GPEMEC). O primeiro contato com as duas escolas ocorreu por meio da Liderança Universidade Escola (LUE), que é a pessoa responsável por articular a direção, a coordenação e os professores com os formadores vinculados ao grupo de pesquisa da Universidade (Santana, Couto & Paula, 2020). A LUE foi a responsável por organizar um encontro com a gestão escolar, visando à anuência para a realização da pesquisa. Após a anuência das duas escolas, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), obtendo aprovação e registro na Plataforma Brasil¹

Assim, foi realizado um encontro virtual com os três professores, todos atuantes no 6º ano do Ensino Fundamental Anos Finais, os quais demonstraram disponibilidade e interesse para colaborar na pesquisa. Na ocasião, foram apresentados o projeto e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foi assinado pelos três professores. Os professores foram identificados por nomes fictícios, para preservar as suas identidades, a saber: Joana, Gil e Nando.

O processo formativo foi desenvolvido ao longo do ano letivo de 2023, no período de maio a novembro, totalizando cinco encontros mensais, com duração de duas horas cada. Devido à incompatibilidade de horários entre os participantes, os encontros foram realizados separadamente por escola, por meio da plataforma Google Meet. Para condução desse processo, adotou-se o modelo metodológico de estratégia formativa Espiral RePARE. A seguir, apresenta-se a descrição de cada uma dessas etapas (Tabela 1).

Os dados foram obtidos a partir da transcrição das gravações, em vídeo, desses cinco encontros (Tabela 1) realizados pelo Google Meet. As transcrições foram produzidas com o auxílio do software Transkriptor, gerando um total de 143 páginas no word. Para a análise, utilizou-se a Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes & Galiuzzi, 2011).

Após a geração das transcrições pelo software, realizou-se a conferência com as gravações em vídeo, a fim de sanar possíveis erros nas narrativas transcritas. Em seguida, as falas foram organizadas por encontro. A partir da ATD, categorias emergiram conforme cada etapa da Espiral RePARE, a saber: ação diagnóstica, reflexão teórica, planejamento, ação e reflexão empírica. Inicialmente, foram analisadas todas as falas dos professores nos encontros, resultando em um total de 36 categorias. Posteriormente, em discussões com a segunda pesquisadora desta investigação, concluiu-se que era necessário mudar o foco da análise, priorizando as falas dos professores que apresentassem evidências da implementação da estratégia formativa. Com essa nova perspectiva, a partir das unidades de sentido, emergiram 25 categorias. Por fim, em uma última análise dos dados, identificou-se que existiam categorias, como por exemplo: “condições tecnológicas”, “desafios técnicos” e “desafios tecnológicos e de comunicação”, que agrupavam unidades de sentido com o mesmo significado. Desse modo, foram unificadas em uma única

¹ sob o parecer de número 5.735.361 e Certificado de Apresentação de Apreciação Ética 63629222.2.0000.0055

categoria, totalizando dez categorias. Assim, os resultados e discussão deste trabalho compõem o metatexto.

Tabela 1 - Descrição dos encontros formativos e as etapas da espiral RePARE

Encontros	Etapas	Descrição da ação
	<i>Ação diagnóstica</i>	Os professores elegeram uma turma de estudo. O critério de escolha foi selecionar a turma do 6º ano que apresentasse o desempenho mais baixo em Matemática. Após essa definição, realizaram a aplicação do instrumento diagnóstico na turma escolhida. Esse instrumento foi composto por sete situações envolvendo conceitos de geometria.
1º	<i>Reflexão Teórica</i>	A reflexão do encontro foi sobre: - Resultados dos estudantes no instrumento diagnóstico O ensino de Geometria (Quadriláteros) - Metodologia investigativa Momentos de matematizar (Santana & Couto, 2022)
	<i>Planejamento</i>	Planejamento dos momentos: Matematizar com o Tema e Matematizar com problematização
2º	<i>Reflexão Teórica</i>	A reflexão teórica do encontro foi em torno do: - O ensino de Geometria (Triângulos)
	<i>Planejamento</i>	Planejamento do momento: Matematizar com dados, informações e registros
3º	<i>Reflexão teórica</i>	A reflexão do encontro foi sobre: - Diferença entre objetivos de ensino e objetivos de aprendizagem - Atividades envolvendo conceitos geometria que poderiam ser trabalhadas em sala de aula
	<i>Planejamento</i>	Planejamento do momento: - Matematizar com definições
4º	<i>Reflexão Teórica</i>	A reflexão do encontro foi sobre: - Diferença entre uma figura plana e uma figura espacial. - Prismas e Pirâmides
	<i>Planejamento</i>	Planejamento do momento: - Matematizar para conclusão
5º	<i>Reflexão Empírica</i>	Nesta etapa, ocorreu a reflexão dos professores sobre as sequências de ensino desenvolvidas nas turmas de estudo, bem como a avaliação do processo formativo. Este encontro foi realizado com os professores das duas escolas simultaneamente

4. RESULTADOS

As Tabelas 2 a 7 apresentam a distribuição das descrições das unitarizações agrupadas nas respectivas categorias, em cada etapa da Espiral RePARE. Na etapa de Ação diagnóstica, emergiram duas categorias: Condições tecnológicas e Implicações da efetivação do instrumento. A Tabela 2 apresenta, detalhadamente, essas categorias.

Tabela 2 - Desenvolvimento do instrumento diagnóstico com os estudantes

Descrição (unitarização)	Categoria
-A ausência de elementos visuais coloridos no instrumento diagnóstico	Condições tecnológicas
-Uso de recursos tecnológicos para facilitar a visualização do instrumento diagnóstico - Adaptação pedagógica para garantir a visualização dos estudantes no instrumento diagnóstico -Dificuldades na devolutiva do instrumento diagnóstico pelos professores -Desafio na aceitação da avaliação diagnóstica pelos estudantes - Compromisso com a validade do instrumento diagnóstico - Diagnóstico como revelador de lacunas na aprendizagem	Implicações da efetivação do instrumento

Na categoria Condições tecnológicas, as falas dos professores revelam as dificuldades na implementação do instrumento diagnóstico, “[...]eu acho que se ela estivesse colorida [a figura geométrica do instrumento diagnóstico], como na imagem que você [pesquisadora] me mandou, teria facilitado para eles, mas, lá no colégio, por algum motivo, eles não imprimem em colorido. Sai tudo em preto e branco” (Nando, 2023). Isso evidencia que a falta de elementos visuais adequados dificultou a interpretação das figuras geométricas pelos estudantes, assim como a falta de conhecimento da formadora sobre as condições tecnológicas da escola, como a inexistência de impressões coloridas e a ausência de datashow para projetar as figuras, revelaram-se como um entrave para o desenvolvimento da ação diagnóstica, apontando a importância de alinhar as propostas formativas às possibilidades materiais concretas do contexto escolar.

A limitação posta nesse cenário exigiu do professor a adoção de estratégias improvisadas, como o uso do celular e a apresentação individualizada. “Mas, quando eu peguei a imagem [figura geométrica] no celular e mostrei para eles, aí sim começaram a entender melhor o que era. Eu mostrava de pertinho, explicando, e aí as coisas começaram a fazer mais sentido para eles” (Nando, 2023). “Tive que ir de cadeira em cadeira, mostrando a imagem para cada um” (Nando, 2023). Assim, mesmo diante das restrições de infraestrutura, o professor encontrou formas de garantir a compreensão dos estudantes.

Em relação à categoria *Implicações da efetivação do instrumento*, foram identificados problemas com a devolutiva do instrumento diagnóstico para a pesquisadora. “Não chegou em

suas mãos ainda [instrumento diagnóstico]. Se eu soubesse tinha guardado e te entregado ontem” (Joana, 2023). Além disso, a professora explicita que “[...]quando eu apliquei aquela atividade [instrumento diagnóstico], foi um pesadelo na sala. Eles diziam não professora, não vi geometria, não sei de nada. E foi aquele pesadelo todo (Joana, 2023). Dessa forma, a ausência de devolutiva do instrumento no prazo adequado, aliada às dificuldades vivenciadas em sala constituem aspectos que podem comprometer a efetividade dessa etapa, configurando-se como um ponto a ser repensado no processo formativo.

Em contrapartida, nessa etapa, surge como aspecto favorável ao processo formativo o compromisso do professor com a validade do instrumento, ao adotar uma postura ética diante das solicitações dos estudantes e preservar a fidedignidade das respostas. “Me pediram [os estudantes] ajuda, mas eu falei: “Não posso, vocês que têm que me dizer o que acham!” (Nando, 2023). Essa etapa da Espiral também indicou um papel estratégico, ao evidenciar necessidades de aprendizagem. “Porque quando eles vêm uma pirâmide com os lados triangulares, eles acham que são triângulos (Gil, 2023). “Eles [estudantes], eles não conseguem entender que isso é uma figura. Como é que fala?...Uma figura sólida, entendeu?” (Gil, 2023). Podendo assim, orientar intervenções futuras com os estudantes.

Durante o desenvolvimento da etapa de Reflexão teórica, as categorias emergidas foram: Reflexão docente, Participação ativa e Condições tecnológicas (Tabela 3).

Tabela 3 - Momento da Reflexão teórica

Descrição (unitarizações)	Categoria
-Valorização dessa etapa como espaço de aprendizagem -Reflexão sobre o próprio entendimento de conceitos geométricos -Articulação entre teoria e prática docente a partir do texto disponibilizado pela Formadora -Reflexões sobre as dificuldades conceituais dos estudantes no diagnóstico -Os resultados dos dados diagnósticos não subsidiaram o início da etapa da reflexão teórica	Reflexão docente
-Participação ativa na atividade prática -Desenvolvimento prática de conceitos geométricos	Participação ativa
-Dificuldades com o uso das tecnologias digitais para interação durante a formação -Uso de diferentes dispositivos digitais para viabilizar o acesso à formação -Ajuste de recursos tecnológicos para favorecer a visualização e compreensão - Instabilidade na internet - Preocupação com a qualidade da comunicação visual	Condições tecnológicas

No que diz respeito à categoria Reflexão docente, as narrativas dos professores evidenciaram que essa etapa funcionou como espaço de aprendizagem, articulando teoria e prática docente, considerando as dificuldades dos estudantes, apesar das limitações nos dados diagnósticos. *“Essa geometria está ótima, porque na escola trabalhar geometria mesmo é muito difícil, quando entra, é bem rápido também e até a gente mesmo aprende, viu? A gente vai trabalhar com a geometria, a gente vê no cotidiano, mas quando vai para teoria mesmo. Tudo isso pega a gente”* (Joana, 2023). Essa percepção aponta que a Reflexão teórica pode aprofundar conceitos pouco explorados no cotidiano escolar, como também contribui para ampliar o repertório docente.

Um fator limitante nessa etapa foi em relação ao instrumento diagnóstico, pois, não foi possível iniciar a discussão a partir dos resultados dos estudantes, devido ao atraso na entrega do material à pesquisadora. Nesse sentido, a fala de Gil (2023): *“Olhe, eu deixei [o instrumento diagnóstico] com a minha diretora lá. E pedi para ela entregar ou a Edna ou a Maria. Depois disso, eu também não sei. Não procurei saber mais.”* evidencia a multiplicidade de fatores institucionais e logísticos que interferem no desenvolvimento de cada etapa, demandando dos formadores estratégias de mediação e reorganização do percurso formativo.

No que se refere à categoria Participação ativa, as falas evidenciam o envolvimento dos professores nas atividades propostas, expressado não apenas pela interação verbal, mas pela realização efetiva das situações propostas, ou seja, eles desenharam polígonos, testaram possibilidades, ajustaram medidas e compartilharam seus registros com a formadora em tempo real. Como exemplificado por Nando: *“Qualquer polígono? Está certo. Vamos lá... Vou desenhar um aqui que eu gosto, acho que ele se encaixa bem em várias situações. Deixa eu mandar para você”* (Nando, 2023). Em outro momento, ele expressa dificuldades no desenvolvimento da situação problema: *“Espera aí... Acho que esse não vai dar certo não. Estou tentando posicionar na folha..., mas colocando 30 cm como base, não está fechando, não”* (Nando, 2023).

Em relação à categoria Condições tecnológicas, aparecem falas que apresentam desafios no contexto *on-line*, como a dificuldade para registrar e enviar a atividade: *“E eu como é que tiro foto [sobre o polígono que desenhou no papel]? Ah, minha amiga, agora você me pegou”* (Gil, 2023), ou ainda problemas de instabilidade de conexão: *“Oh Tâmilis, voltei [sobre a instabilidade da internet]. Desculpa a demora!”* (Gil, 2023). Essas falas indicam que a efetividade da participação pode ser comprometida por fatores externos e isso reforça a necessidade de um planejamento que considere a infraestrutura disponível, garantindo que todos possam usufruir plenamente das atividades propostas. Por outro lado, houve também aspectos favoráveis na categoria, que foi o uso de diferentes dispositivos digitais para viabilizar o acesso à formação e adaptação de recursos tecnológicos para facilitar a visualização e compreensão dos participantes.

Na etapa de planejamento, as categorias que emergiram foram: Condições tecnológicas, Colaboração, Apoio individualizado e Dificuldades no planejamento (Tabela 4).

Tabela 4 - Planejamento de sequências de ensino pelos professores

Descrição (unitarizações)	Categoria
- Dificuldades técnicas com recursos digitais no registro do planejamento -Dificuldades técnicas durante a participação -Dificuldades na organização de registros e produções -Não conseguiu organizar o planejamento - Preferência de envio de materiais pelo WhatsApp --Dificuldades na materialização do planejamento docente -Dificuldade em elaborar o planejamento durante o momento formativo	Condições tecnológicas
-Colaboração entre pares -Compartilhamento de materiais de apoio para o planejamento -Compartilhamento do esboço da sequência de ensino e disposição para colaboração	Apoio entre pares
-Planejamento orientado pelos materiais da formação com apoio posterior individualizado -Elaboração inicial do planejamento com expectativa de validação pela formadora	Apoio individualizado

Na categoria Condições tecnológicas, percebe-se que as dificuldades com o uso de recursos digitais interferiram diretamente no processo de planejamento. Essa situação é expressa quando o professor afirma, *“É, o que eu tenho aqui ainda não sei mexer direito para mandar as coisas para você. Daqui a pouco aprendo [sobre o uso do tablet para digitar o planejamento]”* (Nando, 2023). Tal dificuldade, no entanto, surge acompanhada de uma postura de abertura para aprender, indicando que as barreiras tecnológicas não são impedimento, mas demandam apoio e tempo de adaptação.

Na categoria Apoio entre Pares, as interações entre os professores mostram como a construção coletiva do planejamento ocorreu de forma colaborativa. *“Oh Gil, a gente pode trabalhar com eles coordenadas no caso, o caminho de casa para a escola, é coordenada, não é?”* (Joana, 2023). Em outro momento, é destacada também a abertura para ajustes ao longo do processo, contando com o apoio da pesquisadora: *“É, fiz uma adaptação [sobre o planejamento]. Você [pesquisadora] vai ajudando aí e a gente vai ajustando”* (Joana, 2023). Assim, nota-se que as limitações impostas pelos recursos digitais não comprometeram a dinâmica do planejamento, pois a interação colaborativa entre professores e o suporte da pesquisadora possibilitaram ajustes e aprimoramentos contínuos ao longo do processo.

Sobre a categoria Apoio Individualizado, a fala do professor revela a importância do suporte contínuo da formadora para que ele se sinta seguro em realizar o planejamento. Ao comentar sobre o envio dos materiais e a possibilidade de contato direto, ele afirma: *“Sobre os passos, o que acontece é que, como você vai me mandar os slides — esses que você acabou de mostrar — aí eu já vou seguindo por eles. E se surgir alguma dúvida, eu falo com você pelo WhatsApp. Pode ser?”* (Nando, 2023). Isso evidencia que, mesmo diante de limitações na elaboração do planejamento, o apoio individualizado é fundamental para viabilizar a continuidade do processo formativo e favorecer a participação ativa do professor.

Na etapa da ação, emergiram quatro categorias, a saber: Condições tecnológicas e Desafios pedagógicos (Tabela 5).

Tabela 5 - Desenvolvimento do planejamento em sala de aula

Descrição (unitarizações)	Categoria
-Falta de disponibilidade de recursos materiais -Adaptação do planejamento às condições dos alunos	Condições estruturais
-Desafios na gestão da sala de aula	Desafios pedagógicos

Na categoria Condições tecnológicas, evidenciam-se adaptações realizadas pelos professores diante de limitações de recursos, como exemplifica Joana (2023) *“Quem não levou material, fez no papel. A experiência ficou legal. Você vai ver nas fotos. Posso te mandar?”*. Essa fala revela como, mesmo diante de restrições materiais, houve busca por alternativas que permitissem a continuidade da atividade, aspecto relevante para compreender como a etapa de ação foi efetivamente implementada.

Na categoria Desafios pedagógicos, destacam-se dificuldades relacionadas à gestão da turma, conforme relata Nando (2023): *“Olha, eu até ia tentar ver isso com os meninos, mas eles me tiraram a paciência! Comecei, passei algumas coisas para eles — inclusive esse assunto mesmo — e aí, no momento que você sugeriu conversar com eles para ver o que poderia entrar na sequência, eu até tentei... Mas, olha, aquele sexto ano... Só por Deus!”*. Essa narrativa demonstra como a dinâmica da sala de aula pode interferir no desenvolvimento das propostas planejadas, constituindo um elemento para compreender os desafios enfrentados durante a implementação do processo formativo.

Na Reflexão empírica, emergiram as categorias: Condições tecnológicas, Condições de Participação e Limitações no desenvolvimento da sequência (Tabela 6).

Tabela 6 - Momento da Reflexão empírica

Unitarizações	Categoria
-Dificuldades técnicas e necessidade de apoio no uso de tecnologias digitais -Dificuldades na dinâmica de participação síncrona -Envio dos slides para facilitar o compartilhamento	Condições tecnológicas
-Participação condicionada por atividades pessoais -Intervenções externas	Condições de Participação
-Dificuldades em concluir o desenvolvimento da sequência	Limitações no desenvolvimento da Sequência

Na categoria Condições Tecnológicas, as falas evidenciam as dificuldades iniciais dos professores com o uso de ferramentas digitais, durante a reflexão empírica, na qual os professores tinham que apresentar o desenvolvimento da sequência de ensino planejada. Nesse contexto, Joana demonstra questionamento, ao tentar compartilhar a tela no Google Meet:

“Compartilhar como? Me explica direitinho” (Joana, 2023). Em outro momento, confirma que conseguiu encontrar a função: *“Deixa eu ver... Apresentar?... achei”* (Joana, 2023). Outro professor também manifesta dúvidas semelhantes: *“Antes, deixa eu mostrar uma coisa para vocês. Acho que vou ter que compartilhar a tela, né? Como é que faz isso mesmo?”* (Nando, 2023). Essas falas indicam que, embora os professores tenham dificuldades iniciais com os recursos digitais, o suporte técnico e a orientação contínua possibilitaram viabilizar a participação e o alcance do objetivo dessa etapa.

Na categoria Condições de Participação, as falas apontam que os professores precisaram conciliar as atividades formativas com outras responsabilidades, como momentos de refeição ou intervenções externas, o que impactou o tempo disponível para a reflexão empírica. Joana exemplifica essa situação ao dizer: *“Estou almoçando, mas, boa tarde, Nando, tudo bem?”* (Joana, 2023) e, em outro momento, solicita uma pausa breve: *“Nando? Espera aí, já volto, tá?”* (Joana, 2023). Na categoria Limitações no Desenvolvimento da Sequência Didática, observa-se que o tempo restrito afetou a finalização do planejamento: *“Como te disse, não deu tempo ainda [finalizar o desenvolvimento da sequência de ensino]”* (Nando, 2023). Essa fala indica que fatores relacionados à disponibilidade de tempo podem influenciar o andamento do planejamento e a desenvolvimento das sequências de ensino, ressaltando a necessidade de flexibilidade e mediação na formação docente.

5. DISCUSSÃO

A análise da narrativas dos professores revelou dez categorias que indicam como se deu a implementação do processo formativo *on-line* desenvolvido nas etapas da estratégia formativa Espiral RePARE, a saber: Condições tecnológicas, Implicações da efetivação do instrumento diagnóstico, Reflexão docente, Participação ativa, Apoio entre pares, Apoio individualizado, Condições estruturais e Desafios pedagógicos, Condições de participação e Limitações no desenvolvimento do planejamento. A partir dessas categorias, é possível compreender que a implementação do processo formativo não ocorreu de maneira linear, mas permeada por tensões, desafios e avanços, que expressam possibilidades e limitações do contexto *on-line* para o desenvolvimento profissional docente (Imbernón, 2011; Day, 2001; Fiorentini, 2002).

Na ação diagnóstica, as categorias Condições tecnológicas e Implicações da efetivação do instrumento evidenciam barreiras concretas em sua realização. As dificuldades de impossibilidade de impressão colorida do instrumento na escola, dificuldades na devolutiva do instrumento diagnóstico pelos professores e desafio na aceitação da avaliação diagnóstica pelos estudantes comprometem a intencionalidade formativa prevista nessa etapa. Além disso, a ausência do formador durante a realização do instrumento com os estudantes, aspecto considerado por Magina *et al.* (2018) pertinente para apoiar os professores em situações imprevistas, reforçou a necessidade de repensar formas de acompanhamento no contexto *on-line*. Tal constatação dialoga com autores que ressaltam a importância de um diagnóstico como ponto de partida em um processo formativo (Oliveira, 2016; Souza & Luna, 2021;), indicando que, na modalidade digital, torna-se viável investir em estratégias de apoio síncrono.

A etapa da Reflexão Teórica foi perpassada pelas categorias Reflexão docente, Participação ativa e Condições tecnológicas. A categoria Reflexão docente evidenciou que os resultados do instrumento diagnóstico não subsidiaram o início dessa etapa, como proposto por

Magina *et al.* (2018), revelando um descompasso entre o planejamento idealizado e as condições reais de implementação. Por outro lado, mesmo diante das limitações encontradas, a reflexão teórica cumpriu seu papel de promover um aprofundamento conceitual aos professores, pois, conforme Oliveira (2016), a reflexão constitui um movimento de mediação entre teoria e prática, possibilitando que os docentes ressignifiquem seus saberes a partir da análise de suas próprias concepções.

Além disso, a categoria Participação ativa ratifica que os professores não atuaram como receptores passivos no processo formativo, mas como coprodutores de saberes (Tardif, 2014; Zeichner, 2008), confirmando a potencialidade da Espiral RePARE em criar espaços de construção conjunta (Santos, 2015; Souza, 2018; Souza & Luna, 2021). Já a categoria Condições tecnológicas destaca tanto os obstáculos quanto as estratégias mobilizadas pelos professores durante a formação. De um lado, destacaram-se as dificuldades relacionadas ao uso das tecnologias digitais para a interação e a recorrente instabilidade da internet, que comprometeram a continuidade e a fluidez das discussões, aspecto que dialoga com Silva (2020) e Santos, Oliveira e Serafim (2025) ao ressaltarem que a precariedade da infraestrutura tecnológica constitui um dos principais entraves à efetividade de propostas formativas *on-line*.

Por outro lado, observou-se o uso de diferentes dispositivos digitais como alternativa para viabilizar o acesso às atividades formativas, bem como a disposição dos professores em superar os obstáculos tecnológicos, pois, de acordo com Valente (2005) a inviabilidade técnica não constitui um impedimento para a realização de um curso *on-line*, pois os empecilhos tendem a ser superados ao longo do processo. Esses aspectos mostram que, embora as limitações tecnológicas tenham representado barreiras significativas, os professores buscaram soluções práticas para minimizar os impactos, o que evidencia seu protagonismo no processo formativo.

O momento de planejamento sinalizou as categorias Condições tecnológicas, Apoio entre pares e Apoio individualizado. As condições tecnológicas mostram que, embora a Espiral RePARE favoreça a integração entre reflexão, planejamento e ação (Santos, 2015; Oliveira, 2016; Souza, 2018; et al 2018; Souza & Luna, 2021; Magina), o registro formal do planejamento ainda representa um desafio para alguns professores, especialmente diante de barreiras tecnológicas e dificuldades de organização. Na categoria Apoio entre pares houve troca de materiais entre os participantes e construção conjunta do planejamento, fortalecendo a colaboração que, em conformidade com Day (2004), Boavida (2005) e Imbernón (2011), potencializa-se em espaços de formação que promovem a interação entre professores. No Apoio individualizado, o planejamento orientado pelos materiais da formação evidencia a função mediadora da formadora, que orienta e propõe sugestões ao planejamento dos professores, o que pontencializa as aprendizagens profissionais dos professores, como defendem Hammond, Hyler e Gardner (2017).

Durante a ação em sala de aula, emergiram as categorias Condições estruturais e Desafios pedagógicos. As Condições estruturais, como a falta de recursos materiais, impõem desafios à prática docente, exigindo dos professores criatividade e flexibilidade para contornar obstáculos e atender às necessidades dos estudantes e os desafios pedagógicos, especialmente aqueles relacionados à gestão da sala de aula, que refletem a complexidade de conciliar os objetivos do planejamento com a diversidade de interesses e contexto dos estudantes. As adaptações feitas pelos professores diante da falta de recurso confirmam que o trabalho docente é condicionado pelo contexto (Day, 2001), ao mesmo tempo em que a dificuldade de gestão da turma evidencia

a necessidade de formações que considerem a imprevisibilidade das relações em sala (Diniz-Pereira, 2014).

Por fim, na Reflexão empírica, foi marcada pelas categorias Condições tecnológicas e de Participação e limitações no desenvolvimento da sequência. As Condições tecnológicas denotam dificuldades já mencionadas, como dificuldades técnicas e necessidade de apoio no uso de tecnologias digitais e dificuldades na dinâmica de participação síncrona. As condições de participação foram permeadas por atividades pessoais e intervenções externas. Além disso, a limitação no desenvolvimento da sequência resultou na não conclusão da mesma por conta de demandas do trabalho. Dessa forma, de acordo com Souza (2023), a alta carga de trabalho dos professores, junto a demandas pessoais, resultam em falta de disponibilidade para concluir tarefas propostas em formações continuadas, tornando-se um limitador para o desenvolvimento profissional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES FUTURAS

Neste estudo, buscou-se compreender a implementação de um processo formativo *on-line* desenvolvido a partir das etapas do modelo da estratégia formativa Espiral RePARE. Os resultados evidenciaram dez categorias que atravessam essa implementação. A análise dessas categorias mostrou que a implementação da estratégia foi marcada por condições tecnológicas, estruturais e organizacionais específicas, que demandaram adaptações em etapas pontuais do processo.

No âmbito da ação diagnóstica, sugere-se, como alternativa, a utilização de comunicação síncrona com o formador, possibilitando a resolução de dúvidas em tempo real, durante a realização do instrumento. Essa medida pode oferecer maior segurança ao professor, preservar a intencionalidade pedagógica do diagnóstico e assegurar a qualidade dos dados coletados. Propõe-se, ainda, incluir na etapa de planejamento, um momento intermediário dedicado, exclusivamente, ao apoio no registro, funcionando como um breve encontro formativo voltado para orientar, de forma prática, o uso das ferramentas digitais. Esse espaço permitiria aos professores experimentar o preenchimento com acompanhamento do formador, sanar dúvidas e fortalecer tanto a organização das propostas quanto a confiança dos docentes no processo de registro. Essas adaptações mantêm a lógica da Espiral RePARE, ao mesmo tempo em que ampliam o potencial de apoiar a documentação e a autoria docente no processo formativo. Assim, a partir da reflexão empírica, sugere-se também o fortalecimento dessa etapa por meio de suporte técnico prévio e contínuo, incluindo treinamentos para o uso de ferramentas digitais e orientação durante os encontros, de modo a garantir que as dificuldades tecnológicas não comprometam a participação.

Outro aspecto relevante identificado foi a presença recorrente da categoria Condições tecnológicas em todas as etapas realizadas no contexto *on-line*. Apesar das barreiras, o empenho e o compromisso dos professores com o processo formativo indicam que, mesmo em cenários desafiadores, é possível efetivar aprendizagens e implementar as sequências propostas. Esse resultado aponta que a Espiral RePARE pode ser potencializada quando alinhada à realidade concreta de trabalho e aos recursos de apoio disponíveis. No entanto, ressalta-se que tais esforços individuais não devem ser naturalizados como suficientes, uma vez que a efetividade de processos formativos *on-line* depende de políticas institucionais e públicas que assegurem

infraestrutura adequada, suporte técnico e equidade de acesso. Sem esses investimentos, corre-se o risco de perpetuar a exclusão digital, transferindo aos docentes a responsabilidade de superar, de forma isolada, condições estruturais que extrapolam seu alcance.

A relevância do estudo manifesta-se na contribuição ao campo da formação docente em matemática, ao oferecer dados empíricos sobre a implementação de uma estratégia formativa estruturada e cíclica, como a Espiral RePARE, em um contexto *on-line*. Desse modo, ao evidenciar como os professores interagem com os conteúdos, com os recursos digitais e com os pares, a pesquisa reforça a importância de propor processos formativos que considerem as condições reais de trabalho, promovam a reflexão crítica e incentivem a aprendizagem colaborativa.

Por fim, delineiam-se perspectivas futuras de investigação voltadas a compreender: como as adaptações sugeridas impactam a participação e a efetividade das formações *on-line* e de que maneira os professores incorporam, a longo prazo, as aprendizagens adquiridas em processos formativos mediados pela tecnologia à prática cotidiana.

REFERÊNCIAS

- Alarcão, I. (2011). *Professores reflexivos em uma escola reflexiva* (8. ed.). Cortez.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos* (M. J. Alvarez, S. B. dos Santos, & T. M. Baptista, Trans.). Porto Editora.
- Boa Vida, A. M. R. (2005). *A argumentação em matemática: Investigando o trabalho de duas professoras em contexto de colaboração* (Dissertação de mestrado) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa].
- Day, C. (2001). *Desenvolvimento profissional de professores: Os desafios da aprendizagem permanente*. Porto Editora.
- Day, C. A. (2004). *Paixão pelo ensino*. Porto: Porto Editora.
- Dias, P. (2004). Comunidade de aprendizagem e formação online. *Nova Formação*, (3), 14–17.
- Diniz-Pereira, J. (2014). Da racionalidade técnica à racionalidade crítica: Formação docente e transformação social. *Perspectivas em Diálogos: Revista de Educação e Sociedade*, 1(1), 34–42.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute. <https://learningpolicyinstitute.org/product/effective-teacher-professional-development-report>
- Fiorentini, D., & Costa, G. L. M. (2002). Enfoques da formação docente e imagens associadas de professor de Matemática. *Contrapontos – Revista de Educação da Universidade do Vale do Itajaí*, 2(6), 309–324.
- Fullan, M. (1993). *Change forces: Probing the depths of educational reform*. Falmer Press.
- Guimarães, G. L., & Cavalcanti, M. R. G. C. A. (2023). Formação continuada online de professores sobre o ensino e aprendizagem de estatística. *Educação Matemática Debate*, 7(13), 1–19.
- Gunter, H. (2006). Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: Esta é a questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 22(2), 201–210.
- Guskey, T. R. (1999). *Evaluating professional development*. Corwin Press.
- Hollenbrand, K. F., & Lee, H. S. (2020). Effective design of massive open online courses for mathematics teachers to support their professional learning. *ZDM – Mathematics Education*, 52, 859–875. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01174-3>
- Imbernón, F. (2011). *Formação docente e profissional: Forma-se para a mudança e a incerteza*. Cortez.

- Kripka, R. M. L., Boito, P., & Valério, J. (2021). Formação de professores de matemática em projeto de extensão: Percepções docentes em tempos de pandemia da COVID-19. *Boletim Online de Educação Matemática*, 9(18), 85–102.
- Magina, S., et al. (2018). Espiral RePARE: Um modelo metodológico de formação de professor centrado na sala de aula. *Revista Reamec*, 6(2), 238–258.
- Maya, D. (2016). *Aprendizagem docente sobre estruturas multiplicativas a partir de uma formação colaborativa apoiada em tecnologias digitais* (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Ceará.
- Martins, M. S. (2020). *Tecnologia, pensamento e reflexão na prática docente: Um curso online para o desenvolvimento do pensamento reflexivo sistemático na formação docente* (Dissertação de Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Meireles, R. R. (2023). *Formação continuada em exercício: Professoras dos anos iniciais e o desenvolvimento do conhecimento sobre geometria, grandezas e medidas* (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Menezes, J. L., & Ponte, J. P. (2009). Investigação colaborativa de professores e ensino da matemática: Caminhos para o desenvolvimento profissional. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 1(1), 1–32.
- Miskulin, R. G. S., Penteado, M. G., Richit, A., & Mariano, C. R. (2011). A prática do professor que ensina matemática e a colaboração: Uma reflexão a partir de processos formativos virtuais. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*, 25(4), 173–176.
- Milani, S. M. (2024). *Espaço formativo online: Aspectos da prática pedagógica dialogados por uma comunidade de professores de matemática de Rondônia durante a pandemia da COVID-19* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista.
- Moraes, R., & Galiazzi, M. C. (2011). *Análise textual discursiva*. Editora Unijuí.
- Oliveira, C. F. dos S. (2016). *Formação continuada de professores e a early algebra: Uma intervenção híbrida* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz.
- Pimenta, S. G., & Lima, [inicial do prenome]. (2011). *Estágio e docência* (6. ed.). Cortez.
- Schön, D. (2000). *Educando o profissional reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre.
- Santana, R. S. S., Couto, M. E. S., Correia, D. S., & Paula, M. C. (2021). Liderança universidade-escola na formação do professor. *Acta Scientiarum. Education*, 23(2), 1–28.
- Santos, A. (2015). *Formação de professores e as estruturas multiplicativas: Reflexões teóricas e práticas* (1. ed.). Appris.
- Santos, W. Q., Oliveira, A. A. de, & Serafim, P. A. (2025). Desafios e possibilidades de tecnologias digitais na formação inicial de professores: Uma revisão sistemática na Revista Humanidades e Inovação. *Revista Humanidades e Inovação*, 12(3), 312–328.
- Silva, Â. A. de S. (2020). Escrita dos professores cursistas na formação continuada de professores: Reflexão sobre dificuldades no manuseio de tecnologias no curso de extensão Mídias na Educação. *Revista Exitus*, 10, 1–25.
- Souza, A. A., & Luna, A. V. de A. (2021). Formação continuada em contexto colaborativo: Discutindo questões inerentes a Early Algebra. *Com a Palavra o Professor*, 6(14), 292–315.
- Souza, L. B. P. (2023). Formação continuada: Qualificação profissional docente. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(5), 2249–2261.
- Conceição, J. de S. (2018). *A construção do conceito de área nos anos iniciais do ensino fundamental: Uma formação continuada* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz.
- Stake, R. E. (2011). *Pesquisa qualitativa: Estudando como as coisas funcionam*. Penso.
- Tardif, M. (2014). *Saberes docentes e formação profissional* (17. ed.). Vozes.
- Teixeira, A. M. (2021). *Modelagem no ensino de matemática: Desafios e possibilidades a partir de um curso de formação online* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa: Do início ao fim* (D. Bueno, Trad.; D. da Silva, Rev. téc.). Penso.
- Valente, J. A. (2005). O papel do computador no processo ensino-aprendizagem. In M. E. B. Almeida & J. M. Moran (Orgs.), *Integração das tecnologias na educação* (pp. 31–46). SEED/MEC.
- Zeichner, K. M. (2008). Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente. *Educação & Sociedade*, 29(103), 535–554.

ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL NO ENSINO DE QUÍMICA DA 10ª CLASSE

EXPERIMENTAL APPROACH TO THE GREENHOUSE EFFECT AND GLOBAL WARMING IN 10TH GRADE CHEMISTRY TEACHING

ENFOQUE EXPERIMENTAL DEL EFECTO INVERNADERO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN 10º CURSO

Alfredo Pedro Mabica & João Castigo João Tesoura

Universidade Pedagógica de Maputo, Faculdade de Ciências Naturais e Matemática, Moçambique
alfredomabica2012@gmail.com

RESUMO | O ensino de Química em Moçambique ainda é marcado pelo predomínio de metodologias tradicionais, centradas na transmissão de conteúdos, o que dificulta a compreensão de fenômenos complexos como o efeito estufa e o aquecimento global. Este estudo teve como objetivo analisar a contribuição de uma abordagem experimental desses conteúdos no processo de ensino-aprendizagem da 10ª classe. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, utilizou o procedimento experimental com 80 estudantes e dois professores de Química, recorrendo a observação, entrevistas, questionários (pré e pós-teste) e atividades práticas com materiais alternativos. Os resultados indicaram avanços significativos na aprendizagem da turma experimental, que obteve 95% de acertos no pós-teste, em contraste com o baixo desempenho da turma controle. Constatou-se ainda maior motivação e engajamento dos alunos, bem como o desenvolvimento de atitudes de preservação ambiental. Conclui-se que a abordagem experimental constitui uma estratégia pedagógica eficaz, viável e promotora de consciência ambiental no ensino de Química.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química, Efeito Estufa, Aquecimento Global, Abordagem Experimental, Consciência Ambiental.

ABSTRACT | Chemistry teaching in Mozambique is still marked by the predominance of traditional methodologies, focused on content transmission, which hinders the understanding of complex phenomena such as the greenhouse effect and global warming. This study aimed to analyze the contribution of an experimental approach to this content in the teaching-learning process in the 10th grade. The research, which was applied in nature and qualitative in approach, used an experimental procedure with 80 students and two chemistry teachers, employing observation, interviews, questionnaires (pre- and post-test) and practical activities with alternative materials. The results indicated significant advances in learning in the experimental class, which obtained 95% correct answers in the post-test, in contrast to the low performance of the control class. There was also greater motivation and engagement among students, as well as the development of attitudes towards environmental preservation. It was concluded that the experimental approach is an effective and viable pedagogical strategy that promotes environmental awareness in chemistry teaching.

KEYWORDS: Chemistry Teaching, Greenhouse Effect, Global Warming, Experimental Approach, Environmental Awareness.

RESUMEN | La enseñanza de la química en Mozambique sigue estando marcada por el predominio de metodologías tradicionales, centradas en la transmisión de contenidos, lo que dificulta la comprensión de fenómenos complejos como el efecto invernadero y el calentamiento global. El objetivo de este estudio fue analizar la contribución de un enfoque experimental de estos contenidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de 10.º curso. La investigación, de naturaleza aplicada y enfoque cualitativo, utilizó el procedimiento experimental con 80 estudiantes y dos profesores de Química, recurriendo a la observación, entrevistas, cuestionarios (pre y post-test) y actividades prácticas con materiales alternativos. Los resultados indicaron avances significativos en el aprendizaje de la clase experimental, que obtuvo un 95 % de aciertos en la prueba posterior, en contraste con el bajo rendimiento de la clase de control. También se observó una mayor motivación y compromiso de los alumnos, así como el desarrollo de actitudes de preservación medioambiental. Se concluye que el enfoque experimental constituye una estrategia pedagógica eficaz, viable y promotora de la conciencia ambiental en la enseñanza de la química.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de la Química, Efecto Invernadero, Calentamiento Global, Enfoque Experimental, Conciencia Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e o aquecimento global figuram entre os maiores desafios ambientais do século XXI, mobilizando governos, cientistas e a sociedade civil (IPCC, 2007; Girard, 2013). O efeito de estufa, fenómeno natural essencial à manutenção da vida, tem sido intensificado por atividades humanas, resultando em desequilíbrios ambientais com consequências significativas para os ecossistemas e para a qualidade de vida das populações.

Neste contexto, a Educação em Ciências assume um papel central na promoção da consciência ambiental e no estímulo de práticas sustentáveis. Para Jacobi (2003), a educação ambiental é um meio privilegiado de reconstrução dos valores que regem a relação entre os seres humanos e a natureza, promovendo mudanças efetivas de atitudes. No entanto, segundo Madeira (2016), o ensino de Química em Moçambique continua a ser dominado por métodos tradicionais centrados na exposição verbal e na memorização, o que dificulta a compreensão de fenómenos complexos e afasta os alunos da realidade científica.

Essa lacuna evidencia a necessidade de práticas pedagógicas que articulem teoria, prática e vivências do quotidiano, favorecendo aprendizagens mais significativas. A utilização de metodologias experimentais tem-se revelado eficaz nesse sentido, contribuindo para o envolvimento ativo dos estudantes, a consolidação de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes ambientalmente responsáveis (Brandão & Guimarães, 2016; Demelash et al, 2024; Tal et al, 2021).

Estudos internacionais reforçam esta evidência. Quiroz-Martinez e Rushton (2025), num estudo colaborativo realizado no Chile, demonstram que práticas de ensino de Química orientadas para a sustentabilidade promovem aprendizagens mais duradouras e contextualizadas. Orosz et al. (2023) destacam o impacto positivo da aprendizagem guiada por inquérito no ensino secundário, ao fomentar a compreensão conceptual e o pensamento crítico. Já Schubatzky et al. (2024) evidenciam que os alunos, frequentemente, apresentam conceções fragmentadas e incoerentes sobre fenómenos como o efeito de estufa, sublinhando a importância de intervenções pedagógicas bem estruturadas.

Neste sentido, a abordagem experimental, aliada à contextualização dos conteúdos e ao uso de materiais acessíveis, constitui uma estratégia didática relevante e exequível em contextos educativos com recursos limitados, como é o caso de muitas escolas moçambicanas. Ao promover a participação ativa dos alunos e integrar a aprendizagem em situações reais, esta abordagem pode contribuir para o fortalecimento da literacia científica e para a formação de uma consciência ambiental crítica.

Este artigo apresenta e discute os resultados de uma investigação realizada numa escola secundária de Maputo, com o objetivo de analisar os efeitos da utilização de uma abordagem experimental no ensino dos conteúdos relacionados com o efeito de estufa e o aquecimento global junto de alunos da 10.ª classe. Através da implementação de experiências com materiais alternativos, procurou-se tornar o ensino mais significativo, estimular o interesse dos estudantes e avaliar os impactos desta metodologia nos seus conhecimentos e atitudes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. O efeito estufa e o aquecimento global: fenômenos e implicações ambientais

O efeito estufa é um fenômeno natural essencial para a manutenção da vida na Terra. Ele ocorre quando a atmosfera permite a passagem da radiação solar, mas retém parte significativa da radiação infravermelha reemitida pela superfície terrestre, resultando no aquecimento do planeta (Frota & Vasconcelos, 2019). Tal mecanismo é comumente explicado pela analogia com uma estufa agrícola, em que o calor permanece retido devido à barreira física, criando um ambiente constantemente aquecido.

Contudo, o aumento das atividades antrópicas intensificou esse processo natural. O IPCC (2007) aponta que, desde a era pré-industrial, as concentrações de gases de efeito estufa cresceram de forma preocupante: o dióxido de carbono (CO_2) aumentou cerca de 30%, o metano (CH_4) em 14% e o óxido nitroso (N_2O) em 15%. Mantida essa trajetória, o CO_2 poderá atingir 500 ppm até o final do século XXI. Girard (2013), citando o IPCC, alerta que, caso medidas de mitigação não sejam adotadas, a temperatura média global poderá subir entre 1 °C e 3,5 °C até 2100, acompanhada da elevação do nível dos mares de 15 a 90 cm. Essas mudanças acarretariam impactos severos, incluindo secas prolongadas, ocorrência de furacões e incêndios florestais, perda de biodiversidade e agravamento da insegurança alimentar.

A mitigação desses impactos exige tanto medidas estruturais, como o controle do desmatamento, a redução do uso de combustíveis fósseis e a adoção de tecnologias limpas (Vaitsman & Vaitsman, 2006), quanto ações educativas voltadas à conscientização social. Nesse sentido, o ensino de Ciências, e em particular o ensino de Química, pode desempenhar papel crucial ao permitir que os estudantes compreendam a natureza dos fenômenos químicos relacionados ao meio ambiente e desenvolvam atitudes voltadas para a sustentabilidade. Para Jacobi (2003), a educação ambiental constitui um espaço de reconstrução de valores e de promoção de práticas responsáveis que garantam a convivência equilibrada entre os seres humanos e a natureza.

2.2. O ensino de Química e a experimentação no estudo do efeito estufa e aquecimento global

No campo do ensino de Ciências, diferentes autores têm enfatizado a importância de metodologias ativas, especialmente a experimentação, como meio de promover aprendizagens significativas. Brandão e Guimarães (2016) defendem que as atividades experimentais, quando concebidas a partir de uma perspectiva construtiva, constituem recursos didáticos versáteis e poderosos, capazes de estimular a curiosidade, favorecer a reflexão crítica e intensificar o diálogo em sala de aula. De forma complementar, um estudo recente revelou que as estratégias de ensino baseadas em investigação geraram melhorias significativas no rendimento acadêmico, nas atitudes e nas habilidades científicas dos estudantes (Tekin e Mutsu, 2021).

Diversas estratégias têm sido propostas para abordar conteúdos relacionados ao efeito estufa e ao aquecimento global nas aulas de Química. Lopes e Rosso (2016) sugerem o uso de experiências simples, fundamentadas em hipóteses testáveis, que permitem ao professor explicar o fenômeno de forma clara e ao mesmo tempo estimular a criatividade dos alunos. Já Oliveira et al. (2009) recomendam iniciar a discussão a partir do equilíbrio energético do sistema Terra-

atmosfera, destacando o impacto do aumento das concentrações de CO₂ e seus efeitos sobre o clima global.

A pesquisa internacional reforça a pertinência dessa abordagem. Fenel-Lovitt (2014) demonstrou que a contextualização do ensino de Química a partir de problemáticas socio científicas, como as mudanças climáticas, amplia não apenas a compreensão conceitual, mas também a valorização da ciência como prática social. Toffaleti (2022) acrescenta que a combinação entre experimentos com materiais simples e o uso de simulações digitais favorece a superação de concepções alternativas e melhora a aprendizagem em contextos com limitações estruturais.

Experiências de baixo custo também vêm sendo relatadas como recursos eficazes para o ensino desses conteúdos. Junges et al. (2020) descrevem atividades que demonstram a absorção de radiação infravermelha pelo CO₂, enquanto Burley e Johnston (2007) propõem experiências calorimétricas que relacionam retenção de calor ao aquecimento global. De modo mais interdisciplinar, Hall e Gunning (2023) sugerem integrar conceitos de mecânica quântica, como a radiação de corpo negro e a absorção de infravermelho, às discussões sobre mudanças climáticas. Outras propostas incluem simulações com recipientes transparentes e comprimidos efervescentes para ilustrar o aumento da concentração de CO₂ (Suarez-Fontes et al., 2022), bem como modelos atmosféricos simplificados que permitem observar variações de temperatura conforme a presença de diferentes gases de efeito estufa (Kawamura, 2024).

Essas iniciativas convergem para a ideia de que a experimentação em sala de aula, associada a metodologias investigativas e reflexivas, constitui uma via promissora para aproximar os estudantes das grandes questões ambientais contemporâneas. Ao mesmo tempo, contribui para uma compreensão mais sólida dos conceitos químicos, estimula a curiosidade científica e fomenta a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação do planeta.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Pesquisa

Este estudo caracteriza-se por uma abordagem metodológica de natureza mista, integrando dados quantitativos e qualitativos, conforme sugerido por Creswell e Plano Clark (2018), com um desenho quasi-experimental. Foram analisados um grupo experimental e um grupo de controle, sem randomização dos participantes. A dimensão quantitativa baseou-se na aplicação de questionários do tipo pré-teste e pós-teste, enquanto a vertente qualitativa incluiu observações em sala de aula e entrevistas semiestruturadas com professores. A opção por integrar métodos qualitativos deve-se ao seu potencial para interpretar fenômenos educativos de forma contextualizada e aprofundada (Chand, 2025).

A investigação enquadra-se na categoria de pesquisa aplicada, uma vez que se propôs a solucionar um problema concreto: a melhoria do ensino de conteúdos relacionados ao efeito estufa e ao aquecimento global. O procedimento técnico adotado foi o experimental, definido por Gil (2008) como a manipulação de variáveis sob condições controladas para verificar seus efeitos.

Em termos éticos, embora o estudo não tenha sido submetido a um comitê formal de ética, foram seguidos os princípios de conduta responsável. A autorização para a realização da

investigação foi obtida junto à direção da escola, os professores participaram mediante consentimento informado e não foram recolhidos dados pessoais identificáveis dos alunos, assegurando-se o anonimato e a confidencialidade dos participantes.

3.2. População e Amostragem

A população do estudo foi composta por estudantes e professores de Química da 10ª classe de uma escola secundária pública de Maputo. A amostra incluiu 80 alunos, distribuídos em duas turmas de 40 alunos cada: uma submetida à abordagem experimental (doravante chamada Turma A) e outra à abordagem tradicional (Turma B, grupo de controlo). Participaram ainda dois professores de Química, cada qual responsável por uma das turmas.

A seleção das turmas foi não probabilística e intencional, baseada em critérios de conveniência e viabilidade para abordar experimentalmente os conteúdos em estudo. A escolha também se justificou pela correspondência com o programa de ensino da 10ª classe, particularmente na unidade temática “Carbono e os elementos do IV grupo”, que inclui conceitos de efeito estufa e aquecimento global. Esse tipo de amostragem, também denominada seleção racional, é caracterizado pelo julgamento do pesquisador, que escolhe os elementos considerados mais representativos ou acessíveis da população (Marconi & Lakatos, 2017).

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados

A recolha de dados foi realizada por meio de diferentes instrumentos, visando garantir a fiabilidade e a abrangência das informações obtidas. Conforme Marconi e Lakatos (2017), o uso criterioso de múltiplas técnicas é fundamental para minimizar erros e vieses em pesquisas educacionais. No presente estudo, recorreram-se às seguintes técnicas e instrumentos:

- **Observação direta**, realizada durante as aulas experimentais. A observação centrou-se em aspetos organizacionais, metodológicos e comportamentais ao longo das aulas, bem como nas interações professor-alunos, de modo a captar diferenças entre a aula tradicional e a aula com experimentação. O investigador acompanhou as aulas da Turma A como observador participante, tomando notas sobre o engajamento dos estudantes, as estratégias de ensino empregadas e eventuais dificuldades ou sucessos na condução da experiência.
- **Entrevistas semiestruturadas**, aplicadas a dois professores de Química (um de cada turma). Utilizou-se um guião com cinco questões, com o objetivo de compreender as perceções dos docentes sobre a mediação dos conteúdos de efeito estufa e aquecimento global antes e após a intervenção. As questões abordaram, entre outros pontos: (1) as metodologias normalmente utilizadas pelos professores para ensinar esses conteúdos; (2) a avaliação dos professores sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem no tema em questão; (3) a possibilidade de se abordar de forma experimental o efeito estufa e aquecimento global com recurso a material alternativo; (4) a exequibilidade dessa abordagem experimental nas condições reais de aula; e (5) a disposição dos professores em recomendar o uso dessa abordagem a outros colegas. As entrevistas foram conduzidas individualmente, com duração média de 20 minutos cada, e permitiram explorar em profundidade as opiniões e experiências dos docentes.

- **Questionários (pré-teste e pós-teste)**, compostos por cinco questões cada, aplicados aos 80 alunos (das turmas A e B) antes da intervenção experimental e logo após o término do ensino do tópico. Os questionários permitiram comparar o desempenho entre o grupo experimental e o grupo de controlo, bem como avaliar os progressos de cada grupo. As questões englobavam itens abertos e de escolha múltipla cobrindo: definição do efeito estufa; identificação de gases de efeito estufa conhecidos; consequências do efeito estufa intensificado e do aquecimento global para o planeta; o entendimento dos alunos sobre o efeito estufa ser benéfico ou prejudicial; e sugestões de medidas para mitigar o aquecimento global. No questionário pós-teste, adicionou-se ainda uma questão inicial em que os alunos da turma experimental avaliaram a atividade prática realizada (por exemplo, classificando-a como "muito boa", "boa" ou "má"), visando captar a perceção deles sobre a própria intervenção.
- **Experimentação**, que constituiu simultaneamente o método de ensino implementado e uma fonte de dados. As atividades experimentais foram inicialmente preparadas e testadas em laboratório (na Universidade Pedagógica de Maputo) para assegurar sua segurança e efetividade didática. Posteriormente, essas experiências foram aplicadas na sala de aula da Turma A, recolhendo-se dados diretamente no contexto escolar, tanto de natureza cognitiva (resultados dos testes) quanto comportamental (observações qualitativas durante a realização das atividades práticas).

Durante a construção dos instrumentos de pesquisa, cuidados foram tomados para garantir sua validade e fidedignidade. Os guiões de entrevista e os questionários foram elaborados com base em literatura da área e alinhados aos objetivos do estudo. Foram, em seguida, revisados por dois professores experientes, que avaliaram a clareza das questões e a adequação ao nível cognitivo dos alunos, contribuindo para a validação de conteúdo. Esse procedimento buscou assegurar que os instrumentos realmente mediriam os conceitos pretendidos (no caso, conhecimentos sobre o efeito estufa e aquecimento global, bem como atitudes ambientais), evitando ambiguidades ou vieses nas perguntas.

3.4. Abordagem experimental 1: efeito estufa e aquecimento global

A primeira atividade experimental desenvolvida visou demonstrar o efeito estufa de forma simplificada. Esta atividade foi implementada em sala de aula numa sessão de aproximadamente 45 minutos, envolvendo todos os 40 alunos da Turma A. Os estudantes foram organizados em pequenos grupos sob a orientação do professor, que, neste caso, era um dos investigadores. O papel do professor foi o de mediador: apresentou o problema, distribuiu os materiais para cada grupo e incentivou os alunos a formularem hipóteses sobre o que ocorreria. Os alunos, por sua vez, conduziram a montagem do experimento e a recolha de dados (temperaturas), discutindo em grupo as suas observações enquanto o professor circulava pela sala auxiliando e fazendo perguntas orientadoras.

Materiais: uma fonte de luz intensa (holofote ou luz solar direta), dois copos com água, papel alumínio, duas caixas de sapato grandes, tesoura, filme plástico, fita adesiva e dois termômetros de mercúrio (figura 1).



Figura 1 Materiais da experiência sobre efeito estufa

Procedimentos: forrou-se o interior de uma das caixas de sapato com papel alumínio e, em seu interior, colocou-se um copo de água contendo um termómetro. A abertura dessa caixa foi então coberta com filme plástico transparente, vedando-a com fita adesiva. O segundo copo, de mesmas dimensões e contendo igual volume de água e outro termómetro, permaneceu fora de qualquer caixa e serviu como controlo. Ambos os arranjos foram expostos lado a lado à luz solar direta, ou sob um holofote, por dez minutos. Um dos arranjos consistia na estufa improvisada, isto é, a caixa forrada e coberta; o outro correspondia ao copo de controlo, mantido sem cobertura. Após esse período, registaram-se as temperaturas da água nos dois recipientes, comparando os efeitos da retenção de calor na condição de estufa em relação à condição de controlo.

Questões de reflexão: ao final da experiência, os alunos responderam em grupo a algumas perguntas orientadoras, registando suas conclusões:

- Qual a função da caixa forrada com papel alumínio e coberta com filme plástico?
- Qual dos copos apresentou maior temperatura? Porquê?
- Como essa experiência se relaciona com o fenómeno do efeito estufa e o aquecimento global?

3.5. Abordagem experimental 2: Intensificação do efeito estufa e aquecimento global

A segunda atividade experimental buscou aprofundar a discussão, simulando a intensificação do efeito estufa por meio de coberturas plásticas com diferentes espessuras (em analogia a diferentes concentrações de gases estufa). Essa atividade foi realizada em seguida à primeira, em outra sessão de cerca de 45 minutos, seguindo uma dinâmica similar de trabalho em grupo orientado pelo professor. Tal como na atividade anterior, a turma de 40 alunos foi subdividida em grupos, cabendo ao professor supervisionar a montagem do experimento, garantir o tempo de exposição e conduzir debates durante e após a observação dos resultados.

Materiais: uma fonte de luz intensa (holofote ou luz solar direta), dois copos com água, papel alumínio, duas caixas de sapato grandes, tesoura, filme plástico, fita adesiva e dois termómetros de mercúrio (figura 2)



Figura 2: Materiais da experiência sobre a intensificação do efeito estufa (Oliveira, et. al, 2009)

Procedimentos: primeira caixa foi coberta com uma única camada de filme plástico, enquanto a segunda caixa recebeu três camadas de filme plástico cobrindo sua abertura (sobrepostas e bem vedadas). Dessa forma, as caixas simulavam atmosferas com concentrações distintas de gases estufa – a caixa com camada tripla representando uma atmosfera mais espessa em gases estufa que retêm calor. Ambas as montagens foram expostas, lado a lado, à luz solar direta (ou ao holofote) por dez minutos. Decorrido o tempo, registraram-se as temperaturas da água em cada recipiente, comparando o efeito de diferentes intensidades de “cobertura” (filme plástico) sobre a retenção de calor.

Questões de reflexão: após o experimento, os alunos discutiram e responderam às seguintes questões:

- Qual é a função das caixas forradas com papel alumínio e cobertas com filme plástico?
- O que representam as camadas simples e triplas de filme plástico na experiência?
- Qual dos copos apresentou maior temperatura? Como explicar esse resultado?

Essas perguntas levaram os alunos a concluir que a caixa com camadas múltiplas atingia temperatura mais alta, reforçando a ideia de que quanto maior a “barreira” (mais gases estufa na atmosfera, na analogia), maior é o aquecimento retido. O professor promoveu um debate relacionando esse resultado com o aumento das emissões de CO₂ e outros gases na vida real, enfatizando como uma atmosfera *mais densa em gases estufa* intensifica o aquecimento global.

Em ambas as abordagens experimentais (1 e 2), o professor atuou como facilitador, assegurando a correta realização dos procedimentos e instigando os alunos a pensarem sobre o significado dos resultados. Os alunos tiveram papel ativo: manipularam os materiais, fizeram previsões, registraram dados e participaram de discussões. As atividades tiveram duração viável dentro do horário de aula regular e utilizaram materiais de fácil obtenção, demonstrando a exequibilidade de trabalhos práticos mesmo em escolas com infraestrutura limitada.

3.6. Análise e Tratamento dos Dados

Os dados quantitativos recolhidos por meio dos questionários foram organizados e analisados com base em estatística descritiva. Procedeu-se ao cálculo das frequências absolutas e percentuais das respostas para cada questão, diferenciando os resultados por turma (grupo experimental e grupo de controlo) e por momento de aplicação (pré-teste e pós-teste). Esta abordagem permitiu descrever padrões de resposta e identificar variações no desempenho ao longo do tempo e entre os grupos. A análise foi conduzida com o apoio de folhas de cálculo (Excel), assegurando um tratamento sistemático e rigoroso das informações recolhidas.

No que respeita aos dados qualitativos, recorreu-se à análise de conteúdo segundo a abordagem temática proposta por Bardin (2011). As entrevistas com os professores foram gravadas com o consentimento dos participantes e transcritas na íntegra. As falas foram posteriormente agrupadas em categorias correspondentes aos tópicos do guião de entrevista, como práticas de ensino tradicionais, avaliação da abordagem experimental, viabilidade da sua aplicação e recomendações. Foram identificados padrões de resposta e selecionadas citações representativas, preservando o anonimato dos docentes, que foram codificados como “Prof. 1” e “Prof. 2”.

As observações realizadas em sala de aula foram registadas em diário de campo pelo investigador. Estes registos incluíram descrições das interações entre alunos e professor, comportamentos relevantes, grau de participação, reações às experiências e comentários espontâneos sobre os temas abordados. Posteriormente, essas notas foram codificadas em temas como engajamento dos alunos, curiosidade científica, dificuldades observadas, cooperação em grupo e atitudes ambientais.

A triangulação entre os dados quantitativos e qualitativos permitiu uma análise mais aprofundada dos resultados, permitindo compreender não apenas os efeitos da abordagem experimental no desempenho dos alunos, mas também as dinâmicas que favoreceram a sua aprendizagem. Essa integração metodológica contribui para uma apreciação mais robusta e contextualizada da eficácia pedagógica da intervenção.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados da Entrevista aos professores

Foram entrevistados dois professores de Química da 10ª classe, com formações académicas distintas e experiência profissional entre 6 e 11 anos. O objetivo das entrevistas foi compreender suas percepções sobre as estratégias utilizadas na abordagem dos conteúdos de efeito estufa e aquecimento global, comparando a prática tradicional com a experiência da abordagem experimental aplicada.

Antes da intervenção, ambos os docentes relataram que, em sua prática habitual, recorriam principalmente a métodos tradicionais de ensino – aulas expositivas, resolução de exercícios do livro texto e uso esporádico de analogias do quotidiano – para tratar do tema em questão. Nenhum dos dois tinha o hábito de realizar atividades experimentais devido à falta de laboratório e de equipamentos na escola, limitando-se muitas vezes à demonstração conceitual no quadro.

Após a implementação do ensino experimental na Turma A, os professores reconheceram que os objetivos pedagógicos foram plenamente atingidos com a nova abordagem. Destacaram que a estratégia aumentou a motivação e o envolvimento dos estudantes, contribuiu para a construção de conhecimentos mais sólidos e promoveu a formação de atitudes de preservação ambiental nos alunos. Conforme relatado pelo Prof. 1: *"A experiência atingiu plenamente os objetivos; os alunos ficaram motivados, construíram conhecimentos mais sólidos e até passaram a mostrar mais preocupação com as questões ambientais."* Os depoimentos indicam que a aula experimental tornou os conceitos mais tangíveis e próximos da realidade do aluno, facilitando a compreensão.

Os professores também afirmaram que a proposta é exequível em sala de aula, de fácil implementação e capaz de suprir a carência de laboratórios e recursos em muitas escolas. O Prof. 2 enfatizou: *"Essa metodologia é perfeitamente viável na nossa sala de aula. Mesmo sem um laboratório formal, conseguimos improvisar e funcionou – os alunos entenderam melhor e ficaram entusiasmados."* Ambos recomendaram fortemente o uso dessa metodologia a outros educadores, considerando-a eficaz tanto para a aprendizagem dos conceitos científicos quanto para o desenvolvimento da consciência ambiental dos alunos. Um dos entrevistados sintetizou essa posição ao dizer que *"vale a pena que outros professores adotem essa abordagem; ela mostrou que o aluno aprende mais e ainda fica mais consciente do mundo à sua volta."*

De modo geral, as entrevistas evidenciaram uma mudança positiva de concepção por parte dos docentes. Se, inicialmente, havia certa hesitação quanto à viabilidade de experiências com materiais alternativos, após a vivência da intervenção ambos passaram a encarar a experimentação como uma ferramenta didática valiosa e possível de ser integrada ao currículo, mesmo em contextos com recursos limitados.

4.2. Resultados dos questionários (pré-teste e pós-teste)

Os resultados do pré-teste, aplicado antes da intervenção, mostraram um baixo desempenho em ambas as turmas, indicando conhecimento inicial bastante limitado sobre os tópicos de efeito estufa e aquecimento global. Em termos gerais, na Turma A apenas 14% dos estudantes obtiveram uma nota positiva, enquanto 86% demonstraram domínio insuficiente do conteúdo. Na Turma B, o cenário foi similar: apenas 15% alcançaram nota positiva no pré-teste, contra 85% com desempenho insatisfatório. Esses dados quantitativos refletem a pouca familiaridade dos alunos com os conceitos-chave antes das aulas, reforçando a necessidade de uma abordagem didática mais eficaz.

A análise das respostas ao pré-teste permitiu identificar dificuldades conceituais generalizadas em ambas as turmas. Na Questão 1, sobre a definição do efeito de estufa, apenas cerca de 20% dos alunos da Turma A apresentaram noções minimamente adequadas, enquanto aproximadamente 75% dos estudantes da Turma B não souberam responder ou forneceram definições incorretas. Em ambas as turmas, praticamente nenhum aluno foi capaz de explicar o fenômeno de forma científica.

Na Questão 2, relativa aos gases de efeito de estufa, as respostas revelaram conhecimento bastante limitado. Em ambas as turmas, o dióxido de carbono foi praticamente o único gás mencionado, e nenhum aluno citou espontaneamente outros gases relevantes como metano, vapor de água ou óxido nitroso.

Na Questão 3, que avaliava a compreensão das consequências do aquecimento global, cerca de 40% dos alunos da Turma A e 30% da Turma B indicaram que não existe qualquer problema ambiental associado ao efeito de estufa, enquanto apenas 19% e 10%, respetivamente, conseguiram identificar pelo menos uma consequência correta. Em ambas as turmas, mais de metade dos alunos demonstraram desconhecimento ou ceticismo quanto aos impactos ambientais do fenómeno.

Na Questão 4, que perguntava se o efeito de estufa é benéfico ou prejudicial, os resultados apontaram para conceções confusas e pouco consolidadas. Na Turma A, 40% afirmaram que é benéfico, 22% indicaram que é apenas prejudicial e 38% não souberam responder. Na Turma B, 60% consideraram-no benéfico, 10% responderam que é apenas prejudicial e 30% não souberam responder. Estes dados sugerem que, embora alguns alunos reconhecessem o papel natural do efeito de estufa, havia ainda dificuldades em distinguir esse fenómeno da sua intensificação antrópica.

Por fim, na Questão 5, sobre formas de evitar o aquecimento global, a maioria dos alunos de ambas turmas não conseguiu indicar medidas concretas de mitigação. As poucas respostas recebidas foram geralmente vagas ou genéricas, como “não poluir” ou “cuidar do ambiente”, evidenciando fraca literacia ambiental antes da intervenção pedagógica.

Após a intervenção pedagógica, com a realização das aulas experimentais na Turma A, os resultados do pós-teste evidenciaram melhorias substanciais no desempenho, especialmente para o grupo experimental. Na Turma A, 95% dos alunos alcançaram nota positiva no pós-teste, contra apenas 5% de respostas globalmente incorretas, uma inversão notável em relação ao pré-teste. Já na Turma B (ensino tradicional), embora tenha havido algum progresso natural devido à aula expositiva, 70% dos estudantes mantiveram um desempenho insuficiente, e apenas 30% apresentaram nota positiva no pós-teste. Em termos estatísticos gerais, o ganho médio de acertos na Turma A foi significativamente superior ao da Turma B, sugerindo fortemente o efeito benéfico da abordagem experimental sobre a aprendizagem dos alunos.

A análise das respostas por questão revelou diferenças significativas entre os grupos. Na Questão 1, referente à definição do efeito de estufa, os alunos da Turma A demonstraram melhor compreensão conceptual, formulando respostas científicas adequadas, enquanto na Turma B persistiram explicações incompletas ou incorretas. Na Questão 2, que abordava os gases de efeito de estufa, os estudantes do grupo experimental apresentaram um repertório mais diversificado e preciso, mencionando vários gases relevantes, ao passo que os alunos da Turma B limitaram-se, em grande parte, ao dióxido de carbono.

Relativamente à Questão 3, sobre as consequências do aquecimento global, os resultados da Turma A indicaram entendimento alargado e articulado dos impactos ambientais, ao contrário da Turma B, onde foram frequentes respostas parciais ou incorretas. Na Questão 4, que explorava a natureza do efeito de estufa, observou-se na Turma A uma distinção clara entre o fenómeno natural e a sua intensificação antrópica, enquanto na Turma B surgiram confusões conceptuais e interpretações ambíguas. Por fim, na Questão 5, relativa às formas de evitar o aquecimento global, os alunos da Turma A propuseram medidas concretas e contextualizadas, demonstrando maior consciência ambiental, ao passo que as respostas da Turma B permaneceram mais genéricas e limitadas.

Embora não tenha sido possível realizar um teste estatístico formal, a diferença de 65 pontos percentuais entre a média de acertos no pós-teste da Turma A (95%) e da Turma B (30%), aliada aos dados qualitativos recolhidos e à consistência com estudos internacionais semelhantes, indica fortemente que a abordagem experimental teve um efeito positivo e significativo na aprendizagem dos alunos.

4.3. Observações em sala de aula

Durante a realização da aula experimental, observou-se maior engajamento dos alunos em comparação às aulas tradicionais. Os estudantes demonstraram curiosidade, formularam hipóteses e participaram ativamente da análise dos resultados. O uso de materiais alternativos contribuiu para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais acessível e contextualizado, como ilustrado na Figura 5.



Figura 5 Aula experimental sobre efeito estufa e aquecimento global com utilização de materiais alternativos.

Além disso, verificou-se que a experiência gerou momentos de debate e reflexão sobre questões ambientais, favorecendo o desenvolvimento de uma consciência crítica em relação às causas e consequências do aquecimento global.

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitem responder afirmativamente à pergunta de investigação: uma abordagem experimental contribui significativamente para a aprendizagem dos conteúdos relacionados com o efeito de estufa e o aquecimento global. O grupo experimental não apenas obteve melhores resultados quantitativos nos testes de avaliação, como também demonstrou atitudes e percepções mais consistentes relativamente às questões ambientais, quando comparado ao grupo de controlo.

O elevado índice de acertos no pós-teste da turma experimental (95%), contrastando com o baixo desempenho da turma de controlo (30%), confirma que estratégias ativas favorecem maior compreensão conceitual e retenção dos conteúdos. Esses achados refletem críticas

recentes ao ensino tradicional de Química. Estudos apontam que abordagens centradas na memorização continuam prevalentes e estão fortemente associadas à desmotivação dos estudantes e à aprendizagem superficial (Gama et al., 2021; Mabica et al., 2020).

Os resultados obtidos alinham-se à literatura recente. Por exemplo, Quiroz-Martinez e Rushton (2025) demonstraram que a integração de temas de sustentabilidade em aulas de Química no ensino secundário promove aprendizagens significativas e fortalece a consciência crítica dos estudantes. De forma semelhante, Orosz et al. (2023) destacam a eficácia da aprendizagem guiada por inquérito no desenvolvimento da compreensão conceitual em Química. A melhoria expressiva observada no grupo experimental pode ser atribuída ao envolvimento ativo dos alunos durante as atividades, o que reforça as conclusões de Demelash et al. (2024), que salientam o valor de abordagens experimentais baseadas em contexto e simulação no ensino de Ciências.

A interação prática com os materiais e a observação direta dos fenómenos facilitou a compreensão de conceitos complexos, como observado por Schubatzky et al. (2024), que evidenciaram dificuldades dos alunos em apreender o efeito de estufa quando expostos apenas a abordagens teóricas. Além disso, a análise qualitativa revelou mudanças de atitude nos alunos, manifestas nas respostas às questões de reflexão e nas entrevistas. Este aspeto reforça as conclusões de Granato et al. (2025), que documentaram o impacto da aprendizagem ativa na construção de valores ambientais e na intenção de agir.

Em contextos como o moçambicano, onde a escassez de recursos laboratoriais representa uma limitação significativa, o uso de materiais acessíveis para experiências simples revela-se não apenas uma alternativa viável, mas uma estratégia pedagógica de grande potencial transformador. Como apontado por Clark (2024), promover a consciência crítica sobre as alterações climáticas exige não apenas conhecimento científico, mas também sensibilidade ao contexto social e compromisso pedagógico.

Dessa forma, este estudo oferece uma contribuição relevante ao demonstrar empiricamente que é possível fomentar a literacia científica e ambiental em realidades educativas adversas, desde que se adotem metodologias centradas no aluno, interativas e socialmente contextualizadas.

6. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A investigação permitiu confirmar a eficácia da abordagem experimental na aprendizagem de conteúdos ligados ao efeito de estufa e ao aquecimento global. Através de atividades práticas, os alunos demonstraram maior compreensão dos conceitos trabalhados, além de uma postura mais reflexiva e participativa nas aulas. A intervenção destacou-se pela capacidade de promover o envolvimento ativo dos estudantes, fator essencial para consolidar aprendizagens significativas em Ciências.

Verificou-se ainda que a experimentação contribuiu para o desenvolvimento de atitudes conscientes em relação às questões ambientais. Os estudantes passaram a expressar maior sensibilidade para os impactos das alterações climáticas e maior clareza ao propor ações sustentáveis. Este tipo de resposta educativa mostra o potencial da prática científica em sala de

aula não apenas para desenvolver competências cognitivas, mas também para cultivar valores sociais e ambientais.

A simplicidade dos materiais utilizados demonstrou que é possível realizar atividades de qualidade em contextos escolares com infraestrutura limitada. Tal constatação tem valor estratégico para contextos como o moçambicano, onde as escolas enfrentam carências em termos de laboratórios e equipamentos. A experiência documentada reforça, assim, a importância de investir em metodologias flexíveis, adaptadas à realidade local.

Para além dos resultados positivos, reconhece-se que o estudo foi limitado em termos de escala e duração. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos complementares que incluam um número maior de escolas, com diferentes perfis de estudantes e professores. Seria também pertinente explorar novas possibilidades metodológicas, integrando, por exemplo, recursos digitais acessíveis que possam enriquecer o trabalho experimental já realizado.

Por fim, os resultados obtidos apontam para a necessidade de reforçar a formação de professores em metodologias ativas e de fomentar políticas educativas que valorizem o ensino experimental e contextualizado das Ciências. Tais ações podem ampliar o impacto da prática pedagógica, contribuindo para um ensino mais equitativo, participativo e transformador.

REFERÊNCIAS

- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo* (Reimpr. da 1. ed. francesa de 1977). Edições 70.
- Brandão, A. M. dos S., & Guimarães, F. (2016). Atividades experimentais nas práticas de ensino e de aprendizagem de biologia. um estudo na escola secundária de Díli. *Revista Veritas, CIEC- Brasil*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/44487>
- Burley, J. D., & Johnston, H. S. (2007). *A Simple Calorimetric Experiment That Highlights Aspects of Global Heat Retention and Global Warming*. www.JCE.DivCHED.org
- Chand, S. P. (2025). Methods of Data Collection in Qualitative Research: Interviews, Focus Groups, Observations, and Document Analysis. *Advances in Educational Research and Evaluation*, 6(1), 303–317. <https://doi.org/10.25082/aere.2025.01.001>
- Clark, H. F. (2024). *Critical climate awareness as a science education outcome*. *Science Education*, 108(6), 1670–1697. <https://doi.org/10.1002/sce.21896>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Demelash, M., Andargie, D., & Belachew, W. (2024). *Enhancing secondary school students' engagement in chemistry through 7E context-based instructional strategy supported with simulation*. *Pedagogical Research*, 9(2), em0189. <https://doi.org/10.29333/pr/14146>
- Flener-Lovitt, C. (2014). Using the Socioscientific Context of Climate Change to Teach Chemical Content and the Nature of Science. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1587–1593. <https://doi.org/10.1021/ed4006985>
- Frota, E. B., & Vasconcelos, N. M. S. da. (2019). *Química ambiental* (UECE, Ed.; 2nd ed.). www.uece.br
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (Atlas S.A., Ed.; 6th ed.).
- Girard, J. E. (2013). *Princípios de Química Ambiental* (LTC, Ed.; 2nd ed.).

- Granato, C., Campera, M., & Bulbert, M. (2025). *Active learning affects children's intention to act and awareness of the importance of nature and understanding environmental change*. *World*, 6(2), 36. <https://doi.org/10.3390/world6020036>
- Hall, W. P., & Gunning, L. (2023). Physical Chemistry in Context: Using Quantum Mechanics to Understand the Greenhouse Effect. *Journal of Chemical Education*, 100(3), 1333–1342. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00550>
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jacobi, P. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*. *Cadernos de Pesquisa*, 118, 189–205. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742003000100008>
- Junges, A. L., Bühler, A. J., Massoni, N. T., & Schneider Siebeneichler, Á. F. (2020). O “Efeito Estufa” na Sala de Aula: um experimento de baixo custo para demonstrar a absorção de radiação infravermelha por gases estufa como o dióxido de carbono. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 849–864. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p849>
- Kawamura, Y. (2024). *A Simple Experimental System for Predicting the Temperature Rise of the Global Warming Induced by the Greenhouse Effect*. <https://arxiv.org/abs/2411.10042>
- Libâneo, J. C. (1994). *Didática: teoria da instrução e do ensino*. Cortez.
- Lopes, S., & Rosso, S. (2016). *BIO: Manual do professor* (Saraiva, Ed.; 3rd ed., Vol. 1).
- Mabica, A. P., Fuentes, R. D., & Zamora, M. A. (2020). Influencia de las estrategias conductistas y evaluativas usadas en la enseñanza de la química en el rendimiento académico de los estudiantes del nivel secundario de Mozambique. *Revista Portuguesa de Investigação Educacional, n.º Especial*, 20, 166–185. <https://doi.org/10.34632/investigacaoeducacional.2020.9689>
- Madeira, A. C. P. (2016). *Mozambican University Students' Conceptions about the Relationship between Science-Technology-Society-Case study of the Pedagogical University* [Doctoral dissertation, Pädagogische Hochschule Heidelberg]. <https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/index/index/docId/250>
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2017). *Fundamentos de metodologia científica* (Atlas S.A., Ed.; 8th ed.).
- Oliveira, G. S. de, Silva, N. F. da, & Henriques, R. (2009). *Mudanças climáticas: Ensino fundamental e médio* (Ministério da Educação., Ed.; Vol. 13). <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5204>
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). *Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: A case study*. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 50–70. <https://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Quiroz-Martinez, D., & Rushton, E. A. C. (2025). *Teaching high school chemistry through education for sustainability: A collaborative case study from Chile*. *Environmental Education Research*, 31(7). <https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2573145>
- Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Wildbichler, S. (2024). *Navigating the complexities of student understanding: Exploring the coherency of students' conceptions about the greenhouse effect*. *Science Education*, 108(4), 1134–1161. <https://doi.org/10.1002/sce.21867>
- Suarez-Fontes, A. M., Almeida-Silva, J., Fontes, S. S., dos Santos Silva, S. C., & Vannier-Santos, M. A. (2022). Climate Changes: Fact or Fake? Low-Cost Hands-On Experiments to Verify It. *Creative Education*, 13(11), 3642–3662. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.1311232>
- Tal, M., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2021). *Assessing teachers' knowledge: Incorporating context-based learning in chemistry*. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 1003–1019. <https://doi.org/10.1039/D0RP00359J>
- Tekin, G., & Muştu, Ö. E. (2021). The Effect of Research-Inquiry Based Activities on the Academic Achievement, Attitudes, and Scientific Process Skills of Students in the Seventh Year Science Course. *The European Educational Researcher*, 4(1), 109–131. <https://doi.org/10.31757/euer.416>

Toffaletti, S., Di Mauro, M., Rosi, T., Malgieri, M., & Onorato, P. (2022). Guiding Students towards an Understanding of Climate Change through a Teaching–Learning Sequence. *Education Sciences*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/educsci12110759>

Vaitsman, E. P., & Vaitsman, D. S. (2006). *Química e meio ambiente: Ensino contextualizado*. (Interciência., Ed.).

APÊNDICES

Apêndice I: Guião de entrevista aos professores de química

Estimado (a) senhor (a) professor (a),

A presente entrevista constitui um dos instrumentos a ser usado na recolha de informação para a pesquisa intitulada “*Abordagem Experimental dos Conteúdos sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global na Disciplina de Química*”. Não tem fins avaliativos. Agradecemos a sua colaboração.

SECÇÃO I: DADOS PESSOAIS

i. Formação académica (...) ii. Experiência profissional (...) iii. Carga horaria semanal (...)

SECÇÃO II: PERGUNTAS

- 1) O Efeito Estufa e Aquecimento Global é um tema gerador no Programa de ensino de Química da 10ª classe. Como o professor (a) tem abordado esse conteúdo nas aulas de Química?
- 2) Considera alcançados os objectivos programados para abordagem da aula sobre o Efeito Estufa e Aquecimento Global? Se “não”, porquê?
- 3) Considera possível a abordagem experimental dos conteúdos sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global com recurso ao material alternativo?
- 4) A abordagem experimental dos conteúdos sobre o Efeito Estufa e Aquecimento Global com recurso a material alternativo é exequível nas aulas de Química?
- 5) Recomenda o uso da abordagem experimental dos conteúdos sobre o EE & AG com recurso a material alternativo?

Apêndice II: Questionário aplicado aos alunos Pré-teste

Caro aluno (a)

O presente questionário é um instrumento, com o qual pretende-se recolher informações para a pesquisa intitulada “*Proposta de Abordagem Experimental dos Conteúdos sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global na Disciplina de Química*”. A sua colaboração é fundamental para o sucesso desta pesquisa. O mesmo é anônimo.

Agradecemos antecipadamente a sua participação

Lê atentamente as questões que se seguem e responda com clareza

1. O que é Efeito Estufa?

2. Quais são os gases de efeito estufa que conhece?

3. Em relação ao Efeito Estufa e Aquecimento Global está causando em nosso planeta?

a) Derretimento das Geleiras e aumento da temperatura; ()

b) Desertificação e extinção de algumas espécies da fauna e flora; ()

c) nenhum problema ambiental ()

4. Na sua opinião, o Efeito Estufa é benéfico ou apenas gera prejuízos ao planeta?

5. Como podemos evitar o Aquecimento global?

Apêndice III: Questionário aplicado aos alunos Pós-teste

Caro alunno (a)

O presente questionário é um instrumento, com o qual pretende-se recolher informações para a pesquisa intitulada *“Proposta de Abordagem Experimental dos Conteúdos sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global na Disciplina de Química”*. A sua colaboração é fundamental para o sucesso desta pesquisa. O mesmo é anónimo.

Agradecemos antecipadamente a sua participação

Assinale com X a resposta que melhor representa a sua opinião nas questões que se seguem:

1. Qual é a sua opinião sobre actividades experimental que realizou?

- a) Muito Boa ☐ b) Boa ☐ c) Má ☐

- ## 2. O que é Efeito Estufa?

a) existe alguma relação entre Efeito Estufa e Aquecimento Global?

- i. Sim ☐ ii. Não ☐

2. Quais são os gases de efeito estufa que conhece?

3. Em relação ao Efeito Estufa e Aquecimento Global está causando em nosso planeta?

- a) Derretimento das Geleiras e aumento da temperatura; ()

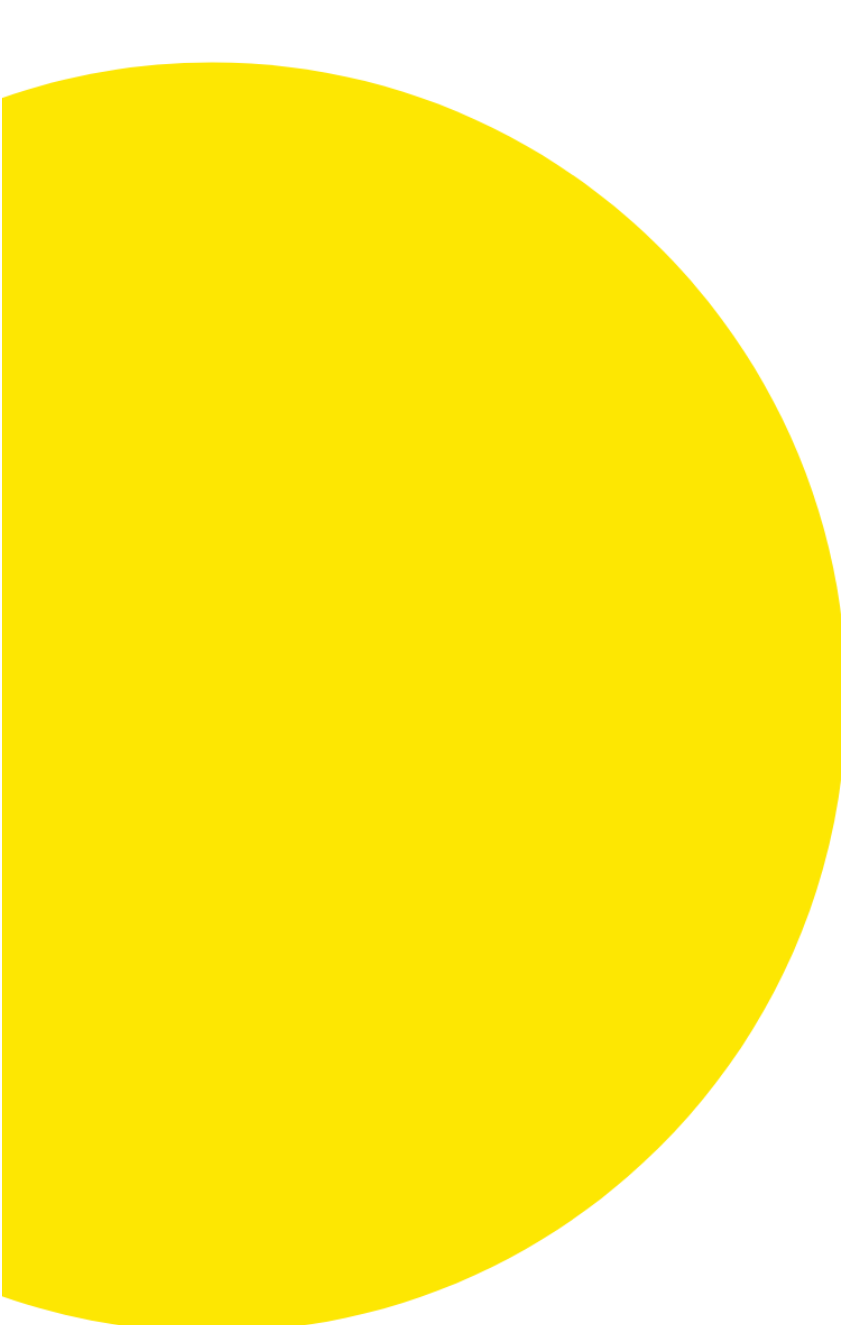
- b) Desertificação e extinção de algumas espécies da fauna e flora; ()

- c) nenhum problema ambiental ()

4. Na sua opinião, o Efeito Estufa é benéfico ou apenas gera prejuízos ao planeta?

- a) benéfico ☐ c) prejudicial ☐ d) não é relevante ☐

- ## 5. Como podemos evitar o aquecimento global e preservar o meio ambiente?



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.

UTILIZAÇÃO DA CIÊNCIA FORENSE PARA CONTEXTUALIZAR A ABORDAGEM DA QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

USE OF FORENSIC SCIENCE TO CONTEXTUALIZE THE APPROACH TO CHEMISTRY IN HIGH SCHOOL

USO DE LA CIENCIA FORENSE PARA CONTEXTUALIZAR EL ENFOQUE DE LA QUÍMICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

Roberta Bezerra & Grazielle Tavares Malcher

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

roberta.bezerralm@gmail.com

RESUMO | Este trabalho discute o uso do tema ciência forense na contextualização do ensino de química. Tem-se como objetivo incentivar os alunos para o estudo da química, motivando-os e auxiliando-os na compreensão das relações existentes entre a química forense e as diferentes áreas do conhecimento. As atividades foram desenvolvidas ao longo de um semestre com participação de vinte e quatro alunos das três séries do ensino médio de uma escola estadual em tempo integral. Para avaliar a potencialidade do tema e das atividades desenvolvidas, foram realizadas observações e aplicação de questionários no início e ao final do componente eletivo. E a partir da análise qualitativa dos dados obtidos infere-se que os alunos perceberam a importância dos conhecimentos químicos e apesar de algumas dificuldades, a maioria dos alunos afirmou ter alcançado uma melhor aprendizagem devido à aproximação com a química possibilitada a partir do estudo do tema ciência forense.

PALAVRAS-CHAVE: Componente eletivo, Contextualização, Ciência forense.

ABSTRACT | This work discusses the use of the forensic science theme in the contextualization of chemistry teaching. The objective is to encourage students to study chemistry by motivating and assisting them in understanding the relationships between chemistry and different areas of knowledge. The activities were developed over a semester with the participation of twenty-four students from all three grades of high school at a full-time state school. To assess the potential of the theme and the activities developed, observations and questionnaires were conducted at the beginning and end of the elective component. From the qualitative analysis of the data obtained, it is inferred that the students perceived the importance of chemical knowledge and, despite some difficulties, the majority of students stated that they had achieved better learning due to the approach to chemistry enabled by the study of the forensic science theme.

KEYWORDS: Elective component, Contextualization, Forensic science.

RESUMEN | Este trabajo discute el uso del tema de la ciencia forense en la contextualización de la enseñanza de la química. El objetivo es incentivar a los estudiantes para el estudio de la química, motivándolos y ayudándolos a comprender las relaciones existentes entre la química y las áreas del conocimiento. Las actividades se desarrollaron a lo largo de un semestre con la participación de veinticuatro estudiantes de los tres grados de la educación secundaria. Para evaluar la potencialidad del tema y de las actividades desarrolladas, se realizaron observaciones y se aplicaron cuestionarios al inicio y al final del semestre. A partir del análisis cualitativo de los datos, se infiere que los estudiantes percibieron la importancia de los conocimientos químicos y, a pesar de algunas dificultades, la mayoría afirmó haber logrado un mejor aprendizaje gracias a la aproximación a la química y de la ciencia forense.

PALABRAS CLAVE: Componente electivo, Contextualización, Ciencia forense.

1. INTRODUÇÃO

O grande desafio do Ensino Médio, destacado nos documentos legais, é garantir as aprendizagens e a permanência dos estudantes na escola, considerando as suas aspirações atuais e futuras. Para tentar vencê-lo faz-se necessário atender as finalidades do Ensino Médio estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB (1996), por meio, dentre outros, do estímulo às capacidades individuais de abstração, reflexão, interpretação, proposição e ação, imprescindíveis para tornar o sujeito autônomo nos âmbitos pessoal, profissional, intelectual e político. Contribuindo para o enfrentamento desse desafio, as DCNEM (Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) instituídas pela resolução CNE/CEB Nº 2, DE 13 de novembro de 2024, traz em seu artigo 8º como um princípio específico do Ensino Médio, a formação integral e integrada dos estudantes, por meio da garantia de articulação e integração entre a Formação Geral Básica e os Itinerários Formativos, a interdisciplinaridade e a contextualização. Para tanto, os sistemas de ensino poderão oferecer componentes curriculares eletivos para a livre escolha dos estudantes, respeitando as cargas horárias definidas em lei. Além dos princípios determinados pela resolução, a definição desses componentes curriculares pelos estabelecimentos de ensino também deve considerar a realidade da escola, formação dos docentes, as características, interesses e necessidades dos estudantes de cada escola. Possibilitando aos estudantes escolherem aqueles componentes com que se identifiquem, tenham relação com o conhecimento e experiência necessários para a sua formação acadêmica.

O Plano Nacional de Educação (PNE), cuja vigência foi prorrogada pela lei nº 14.934 até 2025, estabelece como uma de suas estratégias a diversificação curricular do Ensino Médio, incentivando abordagens fundamentadas na relação entre teoria e prática, com conhecimentos articulados a dimensões como ciência, trabalho, tecnologia, cultura e esporte. Observa-se a relevância da integração curricular, sendo a parte diversificada responsável por enriquecer e complementar a formação geral básica. Integralmente, ambas devem contribuir para o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes dos educandos, assegurando que as aprendizagens essenciais previstas na BNCC (2018) sejam efetivamente alcançadas.

Desse modo, utilizando o tema ciência forense para contextualizar o ensino de química, buscou-se motivar e auxiliar os estudantes na compreensão das relações existentes entre a química e as diferentes áreas do conhecimento. Para isso, aplicou-se uma sequência de atividades durante o desenvolvimento de um componente curricular eletivo em uma escola pública estadual de ensino médio. E a fim de avaliar a potencialidade do tema e das atividades desenvolvidas para o ensino de química, foram analisados por meio de questionários alguns posicionamentos dos alunos no início e ao final do componente eletivo.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

O tema ciência forense foi escolhido por se tratar de uma área de bastante interesse dos alunos, seja devido às diversas séries policiais que abarcam o tema ou às notícias veiculadas na imprensa sobre a atuação do perito forense em diferentes casos criminais. Dessa forma, o tema permite a contextualização do conhecimento, possibilitando a aproximação dos alunos com a química e também favorece a compreensão das relações existentes entre as diferentes áreas do conhecimento e o trabalho forense. A ciência forense é abordada por diversos trabalhos da área de ensino de ciências encontrados na literatura. Especificamente, no ensino de química, tratam

sobre estratégias que auxiliam a contextualização dos conhecimentos, a interdisciplinaridade, a elaboração de habilidades e atitudes, além de incentivar o interesse pelo estudo da química. Ao longo desse texto serão citados alguns desses trabalhos.

Nessa perspectiva, a ciência forense é caracterizada por Ferreira (2016) como uma área interdisciplinar que utiliza conhecimentos da química, física, biologia, antropologia, entre outras, para auxiliar as investigações envolvendo problemas legais, cíveis, penais e também administrativos. A sua finalidade é excluir ou apontar pessoas suspeitas de ações consideradas ilícitas, ou danosas ao ser humano e as suas atividades. A química tem papel importante nesse cenário, o profissional químico não se restringe aos trabalhos no laboratório, se dedicando às atividades externas, utilizando diferentes técnicas e conhecimentos que precisam ser aplicados no local da ocorrência dos fatos. Colaborando com as ideias de Tkaczyk e Luca (2022) de que o trabalho do químico forense não se relaciona somente aos crimes ou atentados contra a vida, mas em qualquer situação que exija uma investigação química ou toxicológica, tais como problemas trabalhistas, industriais, ambientais e relacionados ao doping esportivo.

Atreladas a essas ideias, as atividades de ensino que contextualizam o tema química forense na sala de aula, para Sebastiany et al. (2013) incentivam o desenvolvimento de diversas atitudes, tais como a observação e a interrogação, podendo estimular a curiosidade, a criatividade e a busca por carreiras relacionadas à ciência e à tecnologia. Contribuindo com a concepção de Zabala (2002) de que a finalidade do sistema educativo é o desenvolvimento das capacidades necessárias à resolução dos problemas vivenciados pelo sujeito na sociedade em contextos de vida pessoal, social e profissional. De acordo com esse autor, para que os sujeitos se desenvolvam integralmente, e atinjam os objetivos pretendidos, os objetos de conhecimento devem ser selecionados à medida que são potencialmente úteis para permitir o fornecimento de respostas a esses problemas. Tendo a realidade como objeto de estudo na escola, os conteúdos de aprendizagem oferecidos pelos componentes curriculares de diferentes campos do saber são os únicos instrumentos que se dispõe para a sua compreensão, constituindo os diversos aspectos do conhecimento, sejam eles, conceituais, procedimentais e atitudinais.

Nesse sentido, a abordagem do tema ciência forense para uma contextualização dos conhecimentos científicos permite que o aluno os perceba no mundo de forma não compartimentada. Uma vez que a importância da contextualização do ensino, segundo Lopes (2002) reside na sua potencialidade para situar e interligar os conhecimentos estudados na escola aos diferentes contextos de sua produção, apropriação e utilização. Ela contraria o ensino pautado em objetos de conhecimento centrados em formalidades distantes do mundo experienciado pelos estudantes. Uma vez que há preocupação com as realidades das quais os alunos fazem parte, permitindo a construção de pontes entre o que se aprende na escola e o que se faz, vive e observa fora dela.

Conforme expõe Silva e Marcondes (2010), orientações oficiais, educadores e pesquisadores defendem a contextualização no ensino de ciências como embasamento para processos educativos focados na aprendizagem e na formação de cidadãos conscientes. E explicam que embora essas ideias sejam muito bem aceitas por professores de química do ensino médio, as práticas existentes não são desenvolvidas nessa perspectiva. A pesquisa citada afirma que os professores utilizam os temas relativos ao cotidiano superficialmente sem realizar uma discussão sobre as relações entre eles, a ciência e a sociedade. Devendo-se à limitada compreensão do termo ou por dificuldades enfrentadas para a execução da contextualização em

suas práticas. O que tem sido alvo de discussões na literatura. E apesar de não existir uma única concepção, Santos, Almeida e Filho (2020) afirmam que os trabalhos sobre contextualização trazem em comum uma compreensão para o termo relacionada à construção de conexões entre os saberes informais e os formais. Para esses autores, a contextualização tem foco nas vivências do aluno e na sua realidade diária, com a qual interage construindo sua percepção do mundo, dos outros e de si.

Em consonância com as ideias dos autores citados, nesse trabalho concebe-se que a contextualização no ensino de ciências pressupõe o desenvolvimento cognitivo do estudante e consequentemente a melhoria da aprendizagem dos conhecimentos científicos.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Caracterizada por uma abordagem qualitativa, a coleta de dados ocorreu por meio de observação participante e questionários. E os sujeitos foram vinte e quatro alunos de diferentes séries do ensino médio da Escola Estadual Doutor Antônio de Souza, sediada em Parnamirim, Estado do Rio Grande do Norte.

As atividades foram realizadas pela professora regente da turma e o espaço utilizado para os encontros foi o laboratório de ciências da escola, no qual havia vidrarias e pias. O que auxiliou na efetivação das atividades, tendo em vista que muitas aulas teóricas eram acompanhadas por atividades práticas. Também utilizaram-se materiais alternativos de fácil acesso.

Foram doze encontros semanais, cada um com duas aulas de cinquenta minutos, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Temas e atividades desenvolvidos em cada encontro. Fonte: autoras.

Encontro	Tema/ Atividades realizadas
1	Aplicação do questionário diagnóstico e introdução ao estudo da ciência forense.
2	Cenários criminais e grupos de trabalho.
3	Estudo das impressões digitais.
4	Investigação de manchas de sangue.
5	Análise de substâncias desconhecidas.
6	Identificação de DNA.
7	Adulteração de chassi.
8	Elaboração e estudo do primeiro caso de investigação fictício: “Quem matou Carminha?”
9	Confecção de coletes de perito criminal.
10	Organização da culminância e criação de cenário para o segundo caso de investigação fictício: “O caso Ricardo Perez”.
11	Culminância da eletiva e participação da comunidade escolar na investigação do caso.
12	Avaliação da eletiva com aplicação do questionário.

O planejamento e a aplicação das atividades foram baseados em estudos sobre o uso da ciência forense no ensino de ciências. Para avaliar os posicionamentos iniciais dos alunos em relação à química e à química forense, foi aplicado um questionário composto por 13 itens, adaptado a partir de questões validadas no trabalho de Rosa, Silva e Galvan (2014). Segundo os pesquisadores, o questionário usado por eles mostrou-se eficaz para evidenciar a relação dos estudantes com a química, bem como seu interesse pela ciência forense, oferecendo uma forma prática e rápida de coleta de dados. Com base nos resultados obtidos na aplicação do questionário original, o instrumento usado na eletiva foi considerado válido. Ao final do componente curricular, foram retomadas questões do mesmo estudo para avaliação da eletiva. Os questionários, aplicados de forma anônima a fim de estimular respostas espontâneas, serão analisados na seção de discussão dos resultados.

A dinâmica de cada encontro será descrita e discutida, seguida pela apresentação e exame dos itens dos questionários. Os resultados serão analisados em categorias que abordam a percepção dos alunos sobre a química, sua aprendizagem e o trabalho forense.

Durante as aulas observou-se a empolgação dos alunos, lembrando casos de investigação criminal que haviam assistido na televisão e fomentando discussões sobre a veracidade deles, mantendo uma boa participação ao longo dos doze encontros, os quais são descritos a seguir.

Desenvolvimento da sequência de atividades

1º Encontro

Foram apresentados o objetivo da eletiva e as atividades propostas, seguidos pela aplicação de um questionário inicial. Com o apoio de slides, realizou-se uma aula expositivo-dialogada sobre a importância da ciência forense na justiça, destacando seu papel no esclarecimento de crimes em diferentes contextos, como adulteração de combustíveis, crimes ambientais, identificação de drogas, adulteração de alimentos e medicamentos, e crimes contra a vida humana.

2º Encontro

Discutiu-se com os alunos os diferentes cenários nos quais o perito atua. Assim como também as funções que ele pode exercer, conforme descrito no Quadro 2 a seguir extraído do trabalho de Jackle (2017).

Quadro 2 - Funções dos alunos nos grupos de peritos. Fonte: Jakle (2017).

Função	Descrição
Fotógrafo	Tirar fotos da cena e de todas as evidências antes de elas serem coletadas.
Perito	Coletar evidências da cena e dos suspeitos
Líder	Delegar as funções e ministrar o interrogatório com os suspeitos
Relator	Fazer um relatório com informações referentes a cada uma das evidências e catalogá-las

Em seguida, a professora apresentou um cenário de um crime fictício por meio de imagens em slides extraídas do trabalho de Rosa, Silva e Galvan (2014). Pediu que os alunos identificassem os vestígios ou pistas que poderiam ser encontrados pelos peritos na cena do crime e, posteriormente, qual seria o procedimento a ser adotado para a análise de cada vestígio.

Ao final da aula, dividiram-se os alunos em grupos e distribuíram-se as funções dos seus membros.

3º Encontro

No início do encontro, os alunos leram em grupos o texto “Sem Impressão,” de Munayer (2018). A professora pediu que respondessem à pergunta sobre a incapacidade da perícia em encontrar as impressões digitais da criança no automóvel do sequestro, anotando as hipóteses no quadro. Em seguida, os alunos coletaram as digitais do polegar de cada um para criar um banco de dados para a eletiva, registrado na Figura 1.

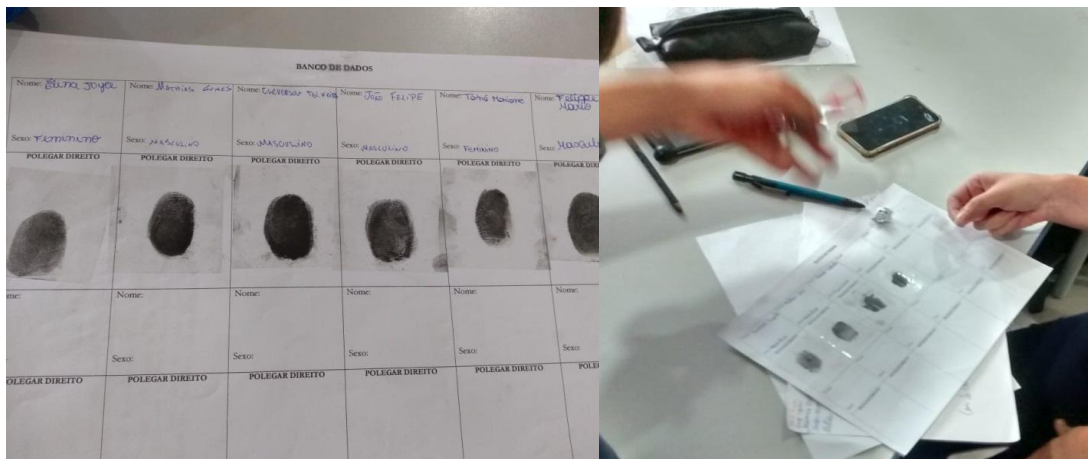


Figura 1 Coleta das digitais nos grupos. Fonte: autoras.

Após a coleta, eles compararam suas digitais com as dos colegas. A professora apresentou imagens de digitais e explicou sua formação e composição química, discutindo também algumas propriedades das substâncias que as compõem. No final, as novas informações foram confrontadas com as respostas fornecidas anteriormente pelos alunos.

4º Encontro

No quarto encontro, os alunos leram o conto “O mistério do 501,” de Munayer (2018), que explora o uso do reagente químico luminol para identificar manchas de sangue. Em seguida, foram solicitadas hipóteses sobre como o luminol revela essas manchas ocultas na cena do crime, que foram anotadas pela professora. Depois, ela conduziu uma aula teórica dialogada sobre fenômenos luminosos, como incandescência, luminescência, fluorescência, quimiluminescência, fosforescência e bioluminescência. Por fim, os alunos discutiram suas hipóteses em relação aos novos conhecimentos adquiridos.

5º Encontro

A professora apresentou cinco substâncias brancas (sal, açúcar, bicarbonato de sódio, amido e carbonato de cálcio) e pediu que os alunos tentassem identificá-las pela observação e toque. Em seguida, discutiu como essas substâncias poderiam ser reconhecidas em cenas de crimes. A docente também abordou diferentes tipos de drogas, suas propriedades, efeitos no corpo humano e métodos de identificação, como cromatografia e reagentes padrão. Depois, os alunos realizaram o teste de iodo para identificar amido entre as amostras, simulando testes realizados em investigações, aprendendo sobre as evidências das reações e as propriedades das substâncias.

6º Encontro

No início da aula, os alunos, em grupos e com a orientação da professora, realizaram o experimento de extração do DNA da banana, aprendendo sobre misturas e soluções. A professora também explicou a estrutura do DNA, sua composição química e sua relevância para investigações criminais, aproveitando o conhecimento prévio dos alunos para tornar a aula mais dinâmica. Em seguida, os grupos complementaram pares de bases nitrogenadas nas fitas de DNA, utilizando tabelas adaptadas de Cruz (2016) e do EIC-Espaço Interativo de Ciências (2019). A maioria dos alunos teve pouca dificuldade na atividade, e aqueles com dificuldades receberam apoio dos colegas e da professora.

Cena do crime	Alex Schif	Jorge Silva	Maria Silva	Cleide Gonçalves	Suspeito 5	Suspeito 6
A	A	A	A	A	T	T
T	T	A	T	A	T	T
T	G	T	T	G	T	G
T	G	T	T	C	A	C
A	A	C	T	T	A	T
A	T	G	T	T	A	T
A	C	A	T	T	T	T
T	C	A	G	T	A	T
G	A	T	G	C	A	C
T	G	T	G	G	A	G
A	A	A	G	A	A	A
A	A	C	A	A	T	A
T	C	A	A	C	C	T
T	T	T	T	G	G	G
C	T	T	T	A	A	G
G	C	T	C	T	T	A
A	G	A	G	A	A	A
A	G	A	G	A	A	T

Figura 2 Modelos utilizados para as fitas representativas de DNA. Fonte: autoria própria.

Foi realizada uma simulação de eletroforese para identificar o criminoso através da análise de amostras de DNA encontradas na cena do crime, utilizando uma tabela adaptada do roteiro do EIC (2019), conforme ilustrado na Figura 3.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	CC
30							
29							
28							
27							
26							
25							
24							
23							
22							
21							
20							
19							

Figura 3 Tabela para realização da eletroforese lúdica. Fonte: autoria própria.

7º Encontro

Os alunos começaram lendo o texto “Em primeiro lugar,” de Munayer (2018), que discute a recuperação de chassis adulterados. Utilizando a estratégia usada no trabalho de Oliveira (2006) sobre o processo de corrosão dos números, em seguida, realizaram um experimento sobre reações de oxirredução com solução de sulfato de cobre, uma moeda de cinco centavos (cobre), esponja de aço (ferro) e um prego (aço). O experimento ilustrou os processos de oxirredução que ocorrem nos materiais metálicos, com a professora explicando os processos com base nos potenciais padrão de redução de cada metal.

8º Encontro

Utilizando informações obtidas na internet, a professora juntamente com alguns alunos elaborou um caso fictício de assassinato ocorrido no laboratório de uma escola, conforme imagem da Figura 4 a seguir. Nesse episódio os alunos tiveram a oportunidade de colocar em prática tudo o que aprenderam nos encontros anteriores. Nomeou-se o caso de “Quem matou Carminha?”.

9º Encontro

As duas aulas desse encontro foram utilizadas para a confecção dos coletes que seriam utilizados para a caracterização dos alunos durante as atividades, conforme mostrado na Figura 04. Os materiais utilizados foram TNT na cor preta para o colete e EVA na cor branca para o nome “Perito”.



Figura 4 Uso dos coletes nas simulações. Fonte: arquivo da escola.

10º Encontro

As duas aulas foram utilizadas para planejar e organizar a culminância da eletiva. Os alunos juntamente com a professora decidiram encenar um caso de assassinato em um escritório, Figura 5. Para tanto, a professora e alunos planejaram em conjunto, confeccionaram os materiais necessários e organizaram uma cena de crime.



Figura 5 Cena organizada no laboratório de ciências. Fonte: autoras.

A figura 6 a seguir mostra a organização em uma mesa, representando um pequeno laboratório, onde seriam realizadas as análises químicas necessárias para a investigação do caso. Entre as quais se destacaram a identificação de digitais, análise de amostras e eletroforese. Os alunos utilizaram equipamentos e reagentes disponibilizados pela professora, existentes no laboratório da escola.



Figura 6 Bancada para realização dos experimentos. Fonte: autoras.

11° Encontro

Realizou-se a culminância da eletiva química e conforme pretendido algumas pessoas interagem com a cena criada. Ela descreve o cenário do crime intitulado “Caso Ricardo Perez” e como se pode observar na Figura 7, os alunos integrantes da eletiva explicaram o caso e orientaram os visitantes.

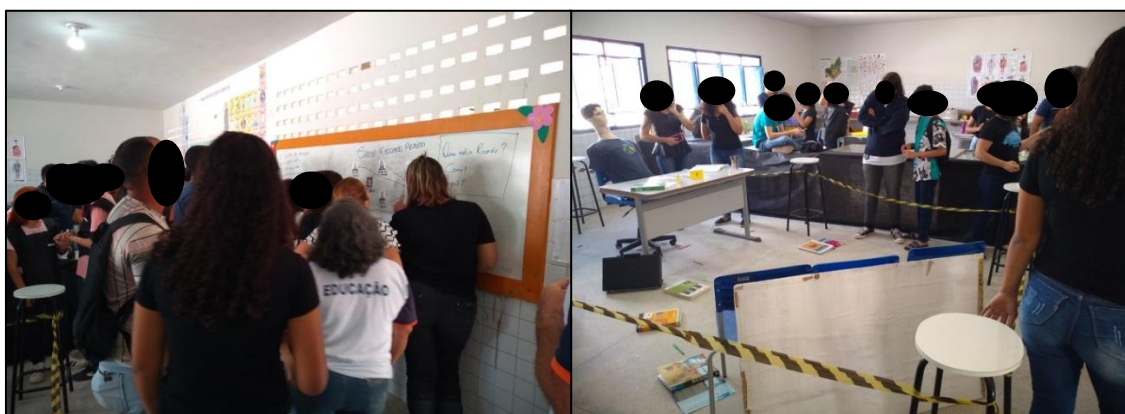


Figura 7 Apresentação da culminância para a comunidade. Fonte: autoras.

Foi possível observar a cena do crime, o quadro de suspeitos e a tabela com as evidências encontradas, usar a bancada para as análises forenses, e descobrir a identidade do criminoso.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

12º Encontro

A fim de obter dados para avaliar o processo de ensino-aprendizagem durante a eletiva, nesse encontro aplicou-se um questionário final estruturado com três questões objetivas e duas questões discursivas apresentadas no Quadro 3 a seguir, denominado Questionário Avaliativo.

Quadro 3 - Questões discursivas presentes no Questionário Avaliativo. Fonte: autoras.

Ordem	Questão
4	O que gostaria que diferisse nas aulas de química para que elas se tornassem mais interessantes?
5	Qual a sua opinião sobre as aulas e atividades apresentadas pela professora?

A análise dos dados foi realizada qualitativamente, categorizando as respostas discursivas dos alunos no questionário final, com base na observação das atividades e na observação das aulas.

Análise do questionário diagnóstico

Os itens do questionário diagnóstico foram organizados em categorias para análise, conforme apresentado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Categorias de análise para o questionário diagnóstico. Fonte: autoria própria (2023).

Categorias de análise	
1	Como veem a química
2	Dificuldade em aprender química

Por meio da análise quantitativa e qualitativa das respostas dos alunos para o questionário diagnóstico verificou-se cada questão individualmente, e a partir das respostas dos estudantes pode-se inferir seus posicionamentos. Os resultados para a pergunta referente à primeira categoria - Como veem a química - estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Questão - Como vê a química? Fonte: autoria própria.

Alternativas	Porcentagem
(A) É muito importante o seu estudo.	58%
(B) Tem proporcionado boas descobertas.	29%
(C) Prejudica a humanidade e o meio ambiente.	0
(D) Está diretamente ligada ao nosso dia a dia.	0
(E) Não consigo perceber a utilidade da química.	13%

Com base nos dados apresentados, verifica-se que a maioria dos educandos (58%) considera a Química importante para o estudo, o que evidencia uma valorização da área e do papel da ciência no avanço do conhecimento e da tecnologia. Por outro lado, chama atenção que nenhuma resposta foi atribuída às alternativas que associam a química a impactos negativos à humanidade ou ao meio ambiente (0%), tampouco àquela que destaca sua ligação direta com o dia a dia (0%). Esse último dado é particularmente significativo, pois sugere uma lacuna na percepção dos estudantes quanto à presença concreta da química em aspectos práticos da vida. Adicionalmente, 13% dos respondentes afirmaram não perceber a utilidade da química, o que reforça a hipótese de que, apesar de reconhecerem sua importância, muitos estudantes enfrentam dificuldades em relacionar o conhecimento químico com a realidade. Isso corrobora críticas apontadas por pesquisadores como Lozano e Carranza (2018), que discutem o caráter excessivamente conteudista e disciplinar do ensino de química na educação básica. Segundo os autores, os conteúdos são geralmente apresentados de forma descontextualizada, sem relação com os interesses dos estudantes ou com problemas reais. Como consequência, a Química acaba sendo percebida como uma ciência distante e desmotivadora, o que compromete o engajamento e a aprendizagem.

Para a segunda categoria “Dificuldade em aprender química” relativa à questão “Sente dificuldade em aprender química?” (Tabela 2) todos os alunos afirmaram ter complicações para aprender química em algum grau.

Tabela 2 - Questão - Sente dificuldade em aprender química? Fonte: autoria própria.

Alternativas	Porcentagem
(A) Sim, sempre.	17%
(B) Sim, em quase todos os conteúdos.	29%
(C) Sim, em poucos conteúdos.	54%
(D) Não, nunca.	0

Todavia, pouco mais da metade alegou que a dificuldade é sentida em poucos conteúdos, enquanto uma parcela menor declarou haver dificuldade em quase todos os assuntos.

Análise do questionário avaliativo

O Questionário aplicado ao término da eletiva possuía itens objetivos e somente uma alternativa era aceita como resposta. Para a análise, as questões exploradas foram organizadas no Quadro 5 a seguir:

Quadro 5 - Itens do questionário avaliativo. Fonte: autoria própria (2023).

Nº	Questões
1	Sentiu dificuldades durante as atividades?
2	As atividades mudaram a concepção sobre as aulas de química?
3	Conseguiu compreender as explicações durante as atividades?

Efetuuou-se a análise quantitativa e qualitativa das respostas referentes às questões 1 a 3 e obteve-se o quantitativo apresentado nas tabelas a seguir. Na Tabela 3 está a porcentagem de respostas para os itens da questão 1.

Tabela 3 - Questão - Sentiu dificuldades durante as atividades? Fonte: autoria própria

Alternativas	Porcentagem
(a) Sim, em todos os momentos.	0%
(b) Sim, em quase todos os momentos.	11%
(c) Sim, em poucos momentos.	68%
(d) Não em nenhum momento	21%

A partir da análise das respostas à questão, percebe-se que apesar de alguns alunos afirmarem sentir dificuldades em determinadas atividades, o número de discentes que não experienciaram algum bloqueio é expressivo, tendo em vista que nenhum estudante relatou complexidade em todos os momentos. E não houve declarações de incompreensão das atividades, tampouco posicionamentos imparciais. As dificuldades apresentadas são justificáveis, uma vez que muitos conceitos inerentes à área da ciência forense são tão complexos quanto aos próprios da química.

Para a segunda a indagação 2 ver-se na Tabela 4, com a análise das respostas conclui-se que o número de estudantes que passaram a gostar mais de química somado aos que já gostavam revelou-se bastante significativo. Além disso, considerando o engajamento e a interatividade dos alunos observada durante o desenvolvimento das atividades, a eletiva possivelmente contribuiu para aproximar os alunos dos conhecimentos químicos, reconhecendo a importância dessa ciência para o trabalho desenvolvido nas investigações criminais.

Tabela 4 - Questão - As atividades mudaram sua concepção sobre as aulas de química? Fonte: autoria própria.

Alternativas	Porcentagem
(a) Continuo gostando das aulas, são muito interessantes.	26%
(b) Achei a atividade interessante, mas não gosto de química.	32%
(c) Comecei a me interessar mais por química.	42%
(d) Não consegui compreender a atividade.	0
(e) Não tenho opinião.	0

A partir das respostas ao terceiro questionamento (Tabela 5), verifica-se que os alunos sentiram alguma dificuldade durante as explicações, mas na maioria dos momentos eles conseguiram compreender o que era explicado.

Tabela 5 - Questão - Conseguiu compreender as explicações da professora durante a atividade?
Fonte: autoria própria.

Alternativas	Porcentagem
(a) Sim, em todos os momentos.	42%
(b) Sim, às vezes.	47%
(c) Somente quando pedi para repetir a explicação.	11%
(d) Não, em nenhum momento.	0

As respostas dos alunos às questões discursivas (questões 4 e 5) foram analisadas qualitativamente em categorias. Para tanto, inicialmente digitalizaram-se as respostas dos alunos que responderam às questões, num total de dezenove alunos e em seguida procedeu-se com a categorização. As respostas à questão 4-O que gostaria que diferisse nas aulas de química para que elas se tornassem mais interessantes? - resultaram em três categorias demonstradas na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Categorização das repostas à questão 4. *Fonte: autoria própria.*

Categorias	Quantidade de respostas
Uso de mais aulas práticas	14
Realização de mais experimentos	03
Aulas mais dinâmicas	02

Nas categorias apresentadas na análise das respostas dadas à questão 4 percebe-se que os alunos sentem uma extrema necessidade de aulas mais interativas, tais como eles mesmos citaram as aulas práticas experimentais com materiais diversos, conforme o excerto de uma resposta reescrito abaixo:

“USAR MAIS PRÁTICAS, UTILIZAR COISAS DIFERENTES DURANTE OS EXPERIMENTOS”

Há uma escassez desse tipo de aula nas escolas por falta dos insumos mínimos necessários à realização dos experimentos. Quando estes são realizados utilizam-se materiais alternativos e de fácil acesso.

As categorias obtidas a partir das respostas dos alunos à questão 5 - Qual a sua opinião sobre as aulas e atividades apresentadas pela professora? - estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Categorização das respostas à questão 5. Fonte: autoria própria.

Categorias	Quantidade de respostas
Permitiu aprender, se divertir e conhecer a realidade	05
Foram boas	08
Interessantes e/ou criativas	05
As explicações ainda são cansativas	01

As dificuldades apresentadas na questão 4 não impediram que na questão 5, ao refletirem sobre as atividades desenvolvidas na eletiva, apresentassem uma avaliação muito mais positiva das aulas e atividades. Uma vez que a questão se referiu exclusivamente à eletiva Ciência Forense.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Conforme se observou nos resultados apresentados, a presença do componente curricular eletivo na estrutura curricular da escola, ampliou o interesse dos alunos pelo estudo das ciências, especificamente da química. Diante das respostas dos alunos, percebe-se que isso aconteceu devido ao tema ciência forense ser bastante atrativo para eles e também por proporcionar um ambiente de aprendizagem no qual os conhecimentos eram trabalhados a partir das situações vivenciadas, conforme os alunos e a professora pesquisadora percebia-os como necessários. A experimentação, por exemplo, não foi utilizada meramente para a aplicação dos conhecimentos, mas para a investigação do que estava por trás dos fenômenos observados nas simulações, nos contos estudados e em possíveis problemas identificados nas situações em estudo.

Dessa forma, o componente eletivo desenvolveu-se em um cenário que possibilitou a contextualização dos conhecimentos científicos de forma não fragmentada e em questões da vivência dos estudantes. Os alunos protagonizaram situações de aprendizagem nas quais o conhecimento científico era necessário para a justiça, compreendendo que há uma ligação entre a ciência, as diferentes áreas do conhecimento, a sociedade e o mundo do trabalho.

Nesse sentido, a contextualização do ensino de química usando o tema química forense tem potencialidade para possibilitar a aproximação dos estudantes com o cotidiano de um perito forense e a percepção da importância dos conhecimentos científicos para a atuação desse profissional. Dando sentido ao que se estuda na escola, fazendo a integração entre os conhecimentos da Base Comum e da parte diversificada em concordância com a realidade e interesses da comunidade escolar.

REFERÊNCIAS

- Brasil. (1996). *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB)*. Ministério da Educação. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Brasil. (2014). *Plano Nacional de Educação: Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014*. Ministério da Educação; Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino. <http://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>

- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio*. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Brasil. (2024). *Resolução CNE/CEB nº 2, de 13 de novembro de 2024: Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. <https://static.poder360.com.br/2024/11/resolucao-novo-ensino-medio-mec-13-nov-2024.pdf>
- Brasil. (2024). *Lei nº 14.934, de 25 de julho de 2024. Prorroga, até 31 de dezembro de 2025, a vigência do Plano Nacional de Educação, aprovado por meio da Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014*. Ministério da Educação. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14934.htm
- Cruz, A. A. C., Souza, M. M. D., Souza, F. A. C., & Casanova, D. (2016). A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. *Química Nova na Escola*, 38(2), 167–172. https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_2/11-RSA-53-14.pdf
- EIC – Espaço Interativo de Ciências. (n.d.). *Roteiro DNA*. Coordenadoria de educação e difusão de ciências, Instituto de física de São Carlos, universidade de São Paulo. https://eic.ifsc.usp.br/wp-content/uploads/2014/08/RoteiroDNA_EIC.pdf
- Ferreira, A. G. (2016). Química forense e técnicas utilizadas em resolução de crimes. *Revista Acta de Ciências e Saúde*, 2(5), 32–44. <https://www2.ls.edu.br/actacs/index.php/ACTA/article/view/13>
- Jackle, L. E. J., Meneghetti, R., & Londero, T. R. (2017). *Oficina interdisciplinar de ciência forense: solucionando crimes no ensino médio*. Anais do 37º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), Universidade Federal do Rio Grande. <https://edeq.com.br/anais/37edeq.pdf>
- Lopes, A. C. (2002). Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: O caso do conceito de contextualização. *Educação & Sociedade*, 23(80), 386–400. <https://observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/02/OS-PCN-PARA-O-ENSINO-MEDIO.pdf>
- Munayer, T. K. A. (2018). *A utilização de contos de suspense e atividades investigativas no processo de ensino e aprendizagem de química na educação básica: uma proposta de um paradidático sobre ciência forense* (Dissertação de mestrado, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto). Repositório da Universidade Federal de Ouro Preto. <https://www.repositorio.ufop.br/items/39de6844-8fd7-4654-85cc-08497513737a>
- Oliveira, M. F. (2006). Química forense: a utilização da química forense na pesquisa de vestígios de crime. *Química Nova na Escola*, (24), 17-19. <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd2.pdf>
- Parga-Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación Química*, 29(1), 55–64. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Rosa, M. F., Silva, P. S., & Galvan, F. B. (2014). A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação. *Química Nova na Escola*, (0), 1–9. <https://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/RSA-40-13.pdf>
- Santos, M. C., Almeida, L. R., & Filho, P. F. S. (2020). O ensino contextualizado de interações intermoleculares a partir da temática dos adoçantes. *Ciência & Educação*, 26. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200028>
- Sebastiany, A. P., Silva, R. G., & Santos, L. M. (2013). A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educación Química*, 24(1), 49–56. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)73195-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)73195-1)
- Silva, E. L., & Marcondes, M. E. R. (2010). Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. *Revista Ensaio*, 12(1), 101–118. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120107>
- Tkaczyk, N. S., & Luca, A. G. O. (2022). Estágio supervisionado no ensino remoto: uma abordagem interdisciplinar da química forense. *Revista Insignare Scientia*, 5(2). <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n2.13008>
- Zabala, A. (2002). *Enfoque globalizador e pensamento complexo: Uma proposta para o currículo escolar* (E. Rosa, Trad.). Porto Alegre: Artmed.

BRINGING ETHICS INTO BIOLOGY EDUCATION: A BEST PRACTICE EXAMPLE ON ANIMAL ETHICS

INTRODUZIR A ÉTICA NO ENSINO DA BIOLOGIA: UM EXEMPLO DE BOAS PRÁTICAS SOBRE ÉTICA ANIMAL

INTRODUCIR LA ÉTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA: UN EJEMPLO DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE ÉTICA ANIMAL

Sonja Michaela Enzinger-Mühlbacher

University College of Teacher Education Styria, Austria

sonja.enzinger@phst.at

ABSTRACT | Ethical considerations play an essential role in science education, particularly in addressing socioscientific issues (SSI) that require students to evaluate scientific innovations within social, political, and moral contexts. However, these aspects are often underrepresented in the science classroom, limiting students' ability to critically engage with ethical dilemmas. This paper presents an educational approach integrating ethical discussions into biology education, focusing on animal ethics and animal experimentation. The objectives are to familiarise students with fundamental ethical concepts, encourage reflection on human-animal relationships, and develop skills in structured ethical discussions and reasoned decision-making. Students and teachers have positively evaluated the teaching concept. The approach developed is well-suited for integrating ethics into biology lessons even if the students have no prior knowledge.

KEYWORDS: Ethical inquiry, Socioscientific issues, Biology teaching, Moral education, Animal experimentation.

RESUMO | As considerações éticas desempenham um papel essencial no ensino das ciências, particularmente na abordagem de questões sociocientíficas (SSI) que exigem que os alunos avaliem as inovações científicas em contextos sociais, políticos e morais. Um desafio fundamental é a insuficiente preparação dos professores durante os seus estudos. Este documento apresenta uma abordagem educativa que integra discussões éticas no ensino da biologia, centrando-se na ética animal e na experimentação animal. Os objetivos são familiarizar os alunos com conceitos éticos fundamentais, incentivar a reflexão sobre as relações humano-animal e desenvolver competências em discussões éticas estruturadas e tomadas de decisão fundamentadas. Os alunos e os professores avaliaram positivamente o conceito de ensino. A abordagem desenvolvida é adequada para integrar a ética nas aulas de biologia, mesmo que os alunos não tenham conhecimentos prévios.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação ética, Questões sociocientíficas, Ensino da biologia, Educação moral, Experimentação animal.

RESUMEN | Las consideraciones éticas desempeñan un papel esencial en la enseñanza de las ciencias, sobre todo a la hora de abordar cuestiones sociocientíficas (SSI) que exigen que los estudiantes evalúen las innovaciones científicas dentro de contextos sociales, políticos y morales. Sin embargo, estos aspectos suelen estar infrarrepresentados en las aulas de ciencias. Este artículo presenta un enfoque educativo que integra debates éticos en la enseñanza de la biología. Los objetivos son familiarizar a los alumnos con los conceptos éticos fundamentales, fomentar la reflexión sobre las relaciones entre los seres humanos y los animales, y desarrollar habilidades para los debates éticos y las decisiones razonadas. Los alumnos y los profesores han evaluado positivamente el concepto de enseñanza. El enfoque desarrollado es muy adecuado para integrar la ética en las clases de biología, incluso si los alumnos no tienen conocimientos previos.

PALABRAS CLAVE: Investigación ética, Cuestiones sociocientíficas, Enseñanza de la biología, Educación moral, Experimentación con animales.

1. INTRODUCTION

Ethics plays an increasingly important role in science education, particularly in addressing socioscientific issues (SSI) that require students to evaluate scientific innovations within social, political, and moral contexts. Regardless of its importance, ethical considerations are often underrepresented in science curricula, leading to a gap in students' ability to critically engage with ethical dilemmas related to scientific and technological developments.

This paper introduces an approach to integrating animal ethics into biology education. The practice was developed within the Austrian school system, where formal ethics education is limited to the upper secondary level. Given that many students lack prior exposure to ethical reasoning, the instructional design incorporates structured approaches to animal ethics. The main objectives of this educational intervention are to familiarise students with fundamental ethical concepts; encourage reflection on the human-animal relationship and the ethical considerations of animal experimentation; and develop students' ability to engage in structured ethical discussions and reasoned decision-making. The educational practice presented employs a structured pedagogical model (Saunders & Rennie, 2013) that guides students through ethical exploration using case-based learning. The implementation was conducted in various stages, including student focus groups and teacher training workshops to refine the approach. The results from student workshops and teacher evaluations highlight the effectiveness of this approach, demonstrating its potential for broader application in science education.

2. RATIONAL AND CONTEXT

Socioscientific issues (SSI) are an important area of research in science education. SSIs are science-related societal issues without clear solutions. This is mainly due to the different perspectives involved, for example from politics, business, science and society, but also because of the ethical issues raised (Sadler & Zeidler, 2004). Science education should enable students to apply their knowledge in social decision-making situations (Dawson & Venville, 2010). When dealing with SSI they learn to evaluate problems on a social, political, and ethical level and to actively participate in solving the problems society faces (Garrecht et al., 2022; Mueller & Zeidler, 2010). Literature reviews show that SSI in science lessons foster various skills and attitudes. These include increased interest and motivation for the subject and the topics covered, deeper subject knowledge, a better understanding of science, enhanced reasoning, critical thinking, problem-solving, moral sensitivity, and local engagement (Sadler, 2009).

Many educators call for the integration of ethical topics into science lessons (Mueller & Zeidler, 2010; Owens et al., 2017). On the one hand, the hesitation to integrate ethics into science education is explained historically: science was formerly seen as “pure science”, independent of external influences (Iaccarino, 2001). Arguments against inclusion emphasise the different focus of science (facts) and ethics (norms) (Reiss, 1999). Teacher training prioritizes subject-specific content over ethics, raising concerns about teaching quality (Dittmer & Zabel, 2019; Garrecht et al., 2022; Reiss, 1999). On the other hand, there is an inseparable link between science and ethics, as scientific goals can be evaluated morally (Reiss, 1999). The rapid pace of scientific development requires ongoing ethical reflection (Iaccarino, 2001). The integration of ethical topics could enhance students' ethical sensitivity and understanding of moral and legal duties (Reiss, 1999) and increase interest in science by relating it to real societal problems (Garrecht et al., 2022; van

Griethuijsen et al., 2015). The current educational goals of many countries, such as Austria, support the integration of ethical issues into science lessons. Addressing of values, norms, and ethical responsibility is clearly required (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung [BMBWF], 2025). However, teachers find it difficult to integrate ethical issues into science lessons. Besides lacking ethics training (Dittmer & Zabel, 2019; Garrecht et al., 2022; Reiss, 1999), teachers face additional obstacles: the significant preparation time required, and low confidence in content knowledge and leading discussions (Alfs et al., 2012; Garrecht et al., 2022; Tidemand & Nielsen, 2017). This paper therefore focuses on presenting a best practice example of how ethical issues can be integrated into biology lessons. The following section introduces relevant literature on animal ethics, the focus of the teaching units.

2.1 Connecting animal ethics to biology education

In general, it can be said that ethics deals with the evaluation of moral actions and animal ethics deals with how animals should be treated (Grimm & Wild, 2020). Animal ethics is an area of applied ethics that has gained immense popularity and broad social interest in recent decades. This is also demonstrated, for example, by the current Special Eurobarometer, in which three quarters of all Europeans claim that animal welfare should improve in their country (European Commission, 2023). There are many animal ethics topics that can be dealt with in biology lessons, as there are explicit links to the curriculum (BMBWF, 2025). These include, for example, the value of non-human life, animal welfare, animal husbandry, animal experiments, animal breeding and overarching topics on environmental ethics, such as species extinction or species protection (Dittmer & Gebhard, 2012). Although there are a multitude of possible links, textbook analyses show that (animal) ethics tasks are hardly present in biology textbooks (Garrecht et al., 2022; Mikelskis-Seifert et al., 2013). The fact that animals are primarily presented as a resource in school textbooks makes it more difficult to critically reflect on the existing human-animal relationships (Cho et al., 2022; Garrecht et al., 2022; Mikander et al., 2024). In addition, a value-based categorisation can be found, for example, in pets and farm animals. Pets are considered to have more intrinsic value and minds than farm animals (Folsche et al., 2024). The integration of animal welfare topics into education is recommended as it promotes animal-friendly attitudes (Binngießer et al., 2013) and has a positive influence on young people's understanding and attitude towards animals (Zhang & Li, 2022).

2.2 Students' attitudes toward animal ethics

Singer (2009) describes the majority of the (Western) population as speciesists, and studies have shown that people value different species differently (Bastian et al., 2012; Broad, 2020; Caviola et al., 2019; Caviola et al., 2021). Living beings are often categorised as pets, food (or animals for profit) and pests, and this categorisation determines the degree of protection they receive (Broad, 2020; Taylor & Signal, 2009). Pets and monkeys are generally rated higher than farm animals, unpopular mammals (e.g., mice), non-mammals or invertebrates (Batavia et al., 2020; Caviola et al., 2021; Enzinger, 2022; McGuire et al., 2022). In moral dilemma situations, children (5-9 years) show a lower tendency than adults to save humans and are more oriented towards the number of animals saved, while adults usually prefer a human, even over many non-human animals (Wilks et al., 2021). Children therefore show less speciesism compared to adults and tend to see farm animals as pets rather than food (McGuire et al., 2022). However, there is also a tendency to draw a distinction between humans and animals in children, which also leads

to inconsistent statements. For example, although fourth-grade children can describe humans and animals as mammals, they may deny that humans are animals (Leddon et al., 2012). The moral value of animals is strongly influenced by age (McGuire et al., 2022), with speciesism being a socially acquired construct that develops in late childhood (Wilks et al., 2021).

A conflict of interest between humans and animals is clear in animal testing. These are emphasised by scientists as essential for the development of new drugs (MacArthur Clark et al., 2019), and their importance was most recently demonstrated in the context of the Covid-19 pandemic (Genzel et al., 2020). The ethical dilemma is that the benefits of animal testing usually accrue to humans, while the animals must bear the suffering (Korsgaard, 2011). From a purely legal point of view, animal experiments are defined as follows: experiments carried out on vertebrates or cephalopods for experimental, scientific or educational purposes which cause suffering, stress or pain to animals (TVG 2012/1.10.2019, §2; European Commission, DIRECTIVE 2010/63/EU, 2010, Articles 1 and 3). Therefore, animal experiments that have to be officially applied for always involve stress or pain for the animals. This official definition is also used in this study when referring to animal experiments. Prior knowledge of animal experiments is generally low among the population (Ipsos MORI, 2018). Personal beliefs about the benefits of animal experimentation can influence how ethically or unethically animal experimentation is viewed (Saucier & Cain, 2006). In principle, however, even adolescents have no problems evaluating animal experiments based on their given level of knowledge (Garrecht et al., 2021; Lund et al., 2012). When evaluating animal experiments, laypeople mainly refer to the (subjectively) perceived benefits for humans and the resulting harm to the animal. In terms of attitudes, a distinction can be made between people who are generally in favour of animal experiments, generally opposed to them, or who vary in each situation (Lund et al., 2012).

However, the findings in the literature are inconsistent regarding young people's attitudes towards animal experiments. On the one hand, studies with young people have shown that participants feel better informed when given additional information about animal experiments, but their attitudes change only slightly (Agell et al., 2015; France & Birdsall, 2015). On the other hand, it seems to depend on the method used to what extent young people make general statements about animal experiments or specific assessments. The presentation of detailed animal experiments leads adolescents to adapt their assessments specifically to the situation and to use different criteria for their approval or rejection. In general, it can be stated that young people use the same criteria for evaluating animal experiments as adults, such as, for example the relevance of the research and the extent of animal suffering (Enzinger, 2022). The costs and benefits of animal experiments are known to be the most relevant criteria for the evaluation of animal experiments (Almeida & García Fernández, 2021; Laslo & Baram-Tsabari, 2021; Lund et al., 2012; Saucier & Cain, 2006). Previous research has shown that animal testing is a good topic to engage young people in ethical discussions as it presents a complex societal problem while linking scientific content (Garrecht et al., 2021).

3. DESCRIPTION OF THE EDUCATIONAL PRACTICE AND ITS IMPLEMENTATION

The Austrian school system is divided into 4 years of elementary school, 4 years of lower secondary school and 4-5 years of upper secondary school. Philosophy and ethics lessons only take place in the upper secondary school (grades 9-13). Philosophy lessons are only taught in grade 12 or 13. Since the school year 2021/22, ethics lessons have been introduced in the upper secondary school as a compulsory alternative for students who do not attend religion lessons. Below grade 12, science teachers must therefore assume that at least part of the class has no prior knowledge of ethics. An introduction to ethics is therefore essential for the implementation of ethical issues in biology lessons.

Saunders and Rennie (2013) developed a pedagogical model for dealing with ethical issues in the classroom, which was used to develop the series of lessons. Table 1 provides an overview on each step and the role of teachers and students. At the centre of their model is the joint exploration of ethical issues by teachers and students. The following steps should be taken:

1. The teacher must prepare the content regarding the scientific background, ethical aspects, and methodological implementation. The links to the curriculum should be considered.
2. In actual lessons, it is important for the students to establish a personal connection to the topic to make the relevance of the subject clear.
3. The teacher must address the relevant scientific background on the topic.
4. Then, the students should explore their own point of view and individually reflect on the problem.
5. Next, they discuss the problem in a group discussion, where they examine the most important arguments on the topic.
6. After that, they identify the ethical question inherent to the problem.
7. The teacher then provides various ethical or political frameworks (e.g., consequentialism, pluralism) for the students to examine the ethical question.
8. Finally, the students make a reasoned decision, justify which ethical framework they have used, and reflect on why they think this way and how other people might think.
9. The lesson ends with the students reflecting on any changes in their own thinking.

Table 1 - Adapted overview of the Model of ethical inquiry (Saunders & Rennie, 2013), to demonstrate the role of teachers and students.

Stage	Teacher's Role	Students' Role	Purpose
1. Content Preparation	Prepare scientific background, ethical aspects, and curricular links	—	Set academic foundations and align with curriculum
2. Topic Introduction	Present topic with relevance and context	Connect personally to the topic	Stimulate interest and perceived relevance
3. Scientific Exploration	Provide in-depth scientific content	Understand and engage with factual background	Build foundational understanding
4. Individual Reflection	Facilitate inquiry	Reflect personally on the problem	Encourage personal engagement with the topic
5. Group Discussion	Moderate group discourse	Discuss arguments and diverse perspectives	Develop critical and collaborative thinking
6. Ethical Question Identification	Support analysis of discussion outcomes	Identify central ethical question	Shift from general debate to ethical focus
7. Framework Application	Introduce ethical frameworks (e.g., consequentialism, pluralism)	Apply a selected framework to analyze the question	Deepen ethical reasoning
8. Justified Decision	Guide evaluation	Make a reasoned ethical decision and justify chosen framework	Develop moral judgment and metacognition
9. Final Reflection	Encourage metacognitive thinking	Reflect on their own thinking and consider others' perspectives	Foster personal growth and ethical awareness

The development and evaluation of the teaching concept followed a Design-Based Research (DBR) approach (Anderson & Shattuck, 2012; Brown, 1992; Collins, 1992; Design-Based Research Collective, 2003). DBR is particularly suited to educational settings where the aim is both to improve practice and to generate theoretical insights. It involves iterative cycles of design, implementation, analysis, and redesign, carried out in real-world contexts and in close collaboration with practitioners (Design-Based Research Collective, 2003; Scott et al., 2020). Typically, DBR begins by identifying an educational challenge. Researchers then design instructional tools informed by theory and prior research, which are tested in classroom settings. As implementation progresses, these tools are continuously evaluated and refined based on emerging evidence. Finally, outcomes are analysed to improve both the tools and the theoretical understanding of the learning process. These phases - design, implementation, evaluation, and reflection - often overlap and recur, forming a continuous cycle of improvement (Scott et al., 2020). The aim of the lessons developed and presented in this paper is to introduce norms, ethics and general animal ethical questions to grade 10 students. After this general introduction to (animal) ethics, the students get an introduction to animal experimentation and discuss different examples of experiments. The model of Saunders and Rennie (2013) guided the lesson conception but had to be adapted slightly: since developing their own ethical questions takes a lot of time (especially if the students are inexperienced in developing ethical questions), it was easier to provide the questions. The introduction to ethical thinking frameworks is also very time-consuming, so the discussion of the tasks was based on intuitive student ideas. The teacher can instead incorporate ethical frameworks into the class reflections following the students'

discussions or, if necessary, omit that part due to its high complexity. The development of the series of lessons was carried out in several stages based on the DBR approach.

Step 1. The tasks for the series of lessons were developed and tested in focus group interviews. Eight groups of 5-6 students (n=42) from grades 9 and 10 were interviewed at school. Based on their feedback on comprehensibility, the tasks were adapted, and timing processes were improved.

Step 2. The teaching concept was developed using the model of Saunders and Rennie (2013) and implemented as a 4-hour student workshop (with breaks) in three grade 10 classes (n=32). To facilitate more effective group discussions and ensure active participation, each class was split in half - one group attended the workshop on animal ethics, while the other participated in a separate workshop on environmental issues, allowing the sessions to be conducted in smaller, more manageable groups. The students gave feedback on the lesson conceptions. Results of the feedback are presented in this paper (see section 4).

Step 3. The lesson concept was presented in a teacher training course and feedback was received through two anonymous evaluation possibilities (n=12). An anonymous critical reflection on the topic and the teaching concept at the end of the training (paper and pencil) and an online evaluation regarding general feedback on the teacher training including the professional relevance of the training. The questions can be found in the appendix.

Step 4. The lesson conceptions, especially the tasks for the animal experiments, were revised based on feedback from steps 2 and 3. For example, teachers asked for examples of actual animal experimentation to connect students with actual research. Actual examples of animal experiments were developed which focused on topics which are easy to connect with the biology curriculum (cancer, vaccinations, and obesity). Missing information (that was not originally included) was integrated (e.g., number of animals used in the experiments).

Step 5. The updated teaching concept was tested in a further teacher training course (n=9). The participants gave feedback through the same two anonymous evaluation possibilities described in step 3. This finalised version of the teaching concept is presented in this paper.

The first lesson (Table 2) focuses on giving the students a general introduction to morals and ethics. The students are given the opportunity to reflect on their personal human-animal relationship and that of society. The students' intuitive ideas are put in relation to the current animal ethics approaches.

Table 2 - Teaching lesson 1: Introduction to ethics and animal ethics

Teaching step	Time	Content
1. Introduction to ethics	15-20 minutes	As no prior knowledge of ethics can be assumed, the lesson starts with an introduction. The students are asked to think about rules that are valid in our society (e.g., Respect others. Don't hurt anyone. Don't lie. Comply with the General Data Protection Regulation). They are then asked to rate how important they think each rule is. They are encouraged to reflect on the fact that some rules are anchored in law, while others are established in the norms of society.
2. Reflection on human-animal relationship	20-25 minutes	The students are asked to reflect individually on how they themselves would rank an exemplary moral community of eight living beings (adult, dog, ape, human baby, pig, fish, mice and beetle) and to find reasons for the structure they develop. The aim is to reflect on the personal human-animal relationship. This is followed by a discussion in small groups of 3–4 people on the same question, allowing students to engage with different perspectives.
3. Introduction to animal ethics	15-20 minutes	After the student activities, the teacher compares the students' reasons with different animal ethics orientations (e.g., anthropocentrism, pathocentrism). Additionally, the teacher gives a brief overview of central questions in animal ethics (e.g., How should we treat animals? To what extent should we take animals into moral consideration? What criteria are used to distinguish between species?).

In the second and third lessons (Table 3), the focus is on a specific example of animal ethics in the form of animal experiments. Since no prior knowledge of animal experiments can be expected, the students are initially given a theoretical introduction to animal experiments¹. This introduction includes the general definition of animal experiments, different areas of application of animal experiments, frequently used animals, approval process, 3R principles (refine, reduce, replace), degrees of severity, cost-benefit analysis, and the moral dilemma.

¹ The students in the focus group interviews all stated that they had no prior knowledge of animal experiments (Step 1).

Table 3 - Teaching lesson 2 and 3: Animal experimentation

Teaching step	Time	Content
1. Introduction to animal experiments	35-40 minutes	Before beginning the theoretical input, the teacher conducts an anonymous opinion poll on whether students consider animal experiments acceptable. This activity serves to capture students' initial perspectives and to activate prior knowledge and intuitive attitudes toward the topic. Following the poll, the teacher provides a structured introduction to the topic of animal experimentation. The content includes the general definition of animal experiments, different areas of application of animal experiments, frequently used animals, approval process, 3R principles (refine, reduce, replace), degrees of severity, cost-benefit analysis and the moral dilemma. This input ensures that all students have a solid foundational understanding before engaging in ethical reflection.
2. Discussion on harm-benefit analysis (HBA)	15-20 minutes	Students reflect on the strengths and weaknesses of the harm-benefit analysis, which is a mandatory component of the Austrian approval procedure for animal experiments. While the HBA is intended to make approval processes more transparent and prioritize animal welfare, students are encouraged to critically consider its limitations. These include the difficulty of quantifying animal suffering, the unpredictability of research outcomes, and the delayed or uncertain realization of potential benefits.
3. Decision on the approval of different examples of animal experimentation	30-35 minutes	Students are then presented with three real-world examples of animal experiments. They first make an individual decision on whether each experiment should be approved, using the information provided (e.g., purpose, species used, number of animals, expected severity, predicted benefits and suffering). Following this, students form small groups (3–4 members) to discuss their evaluations. This structure allows them to compare perspectives and understand how different values or criteria may influence decision-making.
4. Reflection on decisions, criteria used and personal development process	20-25 minutes	In the final step, the teacher facilitates a plenary discussion in which students reflect on the various reasons given for approving or rejecting the experiments. The teacher connects these arguments to the animal ethics theories introduced in the first unit (e.g., anthropocentrism, pathocentrism). The discussion also includes a reflection on the challenges faced during the decision-making process and examines whether and how students' views have changed compared to their initial responses in the opinion poll (step 1).

Subsequently, three different examples of animal experiments (Figure 1) are analysed and a reasoned decision for their approval is made. It is important that the students evaluate several animal experiments, as it is very often the case that one and the same person evaluates one animal experiment as acceptable and another animal experiment as unacceptable. This makes the difficulty of the decision and the need to evaluate animal experiments based on their different circumstances apparent to the students. A double lesson is recommended, but if that is not possible, the second lesson should cover the theoretical introduction and the discussion of the required harm-benefit analysis. In the following third lesson, the analysis and discussion of different examples of animal experiments should take place.

Example A: Fighting lung cancer	Example B: Therapy against obesity	Example C: Vaccination protection
Aim of the study: To develop new treatment methods for lung cancer in combination with various common viral diseases is being investigated.	Aim of the study: To develop a new approach to reduce fat mass and the feeling of hunger in the presence of obesity.	Aim of the study: The study investigates how quickly vaccination protection against Covid-19 is developed.
Number of animals used: 2400 Mice	Number of animals used: 28 Pigs	Number of animals used: 168 Gold hamsters
Methods used: The development of lung cancer in mice is caused and infection with various viral diseases is induced.	Methods used: The pigs are fed to reach the target weight that simulates obesity. Under deep anesthesia, part of the stomach lining is removed.	Methods used: The hamsters are vaccinated twice against Covid-19 and then infected with Covid-19 after different periods of time.
Predicted benefit: Lung cancer is one of the most common forms of cancer worldwide. Lung infections and their treatment are a common problem in lung cancer. Through our experiments, we hope to gain a better understanding of how lung cancer can develop and to find new treatment approaches for the cancer and in case of infections.	Predicted benefit: Obesity is a syndrome that leads to a considerable burden on those affected and the healthcare system in the western world. The benefit of this study lies in the testing of a new intervention technique to reduce fat mass and the feeling of hunger. The function and safety of the approach will be investigated.	Predicted benefit: Covid-19 is repeatedly the cause of serious respiratory diseases in humans. The study includes important investigations that serve to prevent and treat infections with Covid-19.
Predicted pain: Moderate to severe pain because of the infections and the cancer. The damage consists of several anesthetics and injections that the animals receive.	Predicted pain: Mild to moderate pain caused by the anesthesia and the subsequent weight loss. The procedure was well tolerated by the animals in previous studies.	Predicted pain: Mild to moderate pain because of the two vaccinations, some blood samples and symptoms of infection with Covid-19.
Number of original NTS: NTS-AT-985268 v.2, 17-01-2025	Number of original NTS: NTS-DE-146271 v.1, 25-07-2021	Number of original NTS: NTS-DE-621216 v.1, 14-08-2022

Figure 1 Three possible examples of animal experimentation which could be used for discussion with students.

Animal testing is uniformly regulated in the Directive 2010/63/EU. For the use of current animal experiments in the classroom, it is advisable for teachers to refer to the non-technical project summaries (NTS). Every animal experiment carried out in the EU must publish a non-technical project summary in which the animal experiment is presented in a way that is understandable to laypeople. Since January 1, 2021, there has been an EU database - ALURES - ANIMAL USE REPORTING - EU SYSTEM (European Commission, 2025) - for these non-technical project summaries in which you can search for suitable animal experiments based on the teaching topic (e.g., cancer, immune system, basic research, applied research). All relevant information on project objectives, implementation, animals used (including numbers), expected severity and information on expected costs and benefits are included. Three examples of suitable animal experiments are presented in Figure 1. The examples follow a structure by Lund et al. (2012) which contain the following information in the original version: title, aim, animal used, expected pain, methods. The following additional content was added to the examples as our own research with adolescents and teachers has shown that necessary adaptation: number of animals used, predicted benefit and predicted pain. In the original version of Lund et al. (2012), only the level of severity was present (named as expected pain) which was criticised to be not detailed enough. Additionally, the wording of the examples was made as clear as possible. The understandability of the examples was tested in a 10th grade class.

4. EVALUATION OF THE IMPLEMENTATION OF THE PRATICE AND MAIN RESULTS

All students in the focus group interviews (Step 1) and workshops (Step 2) successfully completed the lesson tasks. They made reasoned decisions on moral community (Lesson 1) and animal experiments (Lesson 2). Some groups in Step 1 struggled with technical terms in animal experiments, leading to simpler language in Step 2. Both focus group discussions and completed worksheets were analysed using Mayring's (2014) qualitative content analysis. The data was transcribed, and two researchers (author and a research colleague) coded the data material. Inductive category formation was used, where the categories are built out of the data material. This coding technic requires various feedback loops between the researchers to develop coding rules and to discuss the built categories. An interrater reliability (IRR) analysis using Krippendorffs Alpha (Hayes & Krippendorff, 2007; Krippendorff, 1970) was conducted to ensure objectivity across raters (Mayring, 2014). It verifies that the evaluation criteria were applied uniformly, minimizing subjective bias and enhancing the reliability of the findings (Krippendorff, 2004). Table 4 shows an overview of the built subcategories of arguments students used to assess animal experimentation and how they were structured into main categories.

All participants in step 1 stated during the interviews that they have no prior knowledge on animal experimentation. Most participants found animal experiments both acceptable and unacceptable, emphasizing that decisions depend on specific details. Exemplary student answer: *"Cancer is simply a strong disease in our society. So that is widespread, and I think something should be done about it. And even if it's not so good for the animals, but I just think it should be done."* (Reference to [FI28B1]'s transcript, Enzinger & Dürnberger, 2022). The analysis of students' arguments regarding animal experimentation revealed three dominant main categories: the relevance of research (34.4% of total arguments), the extent of animal suffering or death (31.3% of total arguments), and the existence of alternative methods (13.7% of total arguments) (Enzinger & Dürnberger, 2022). In another study (Step 2), analysis of the assessments of 32 students on two examples of animal experimentation reproduced this result. Specifically, 53.1% of the students used the main category relevance of research, 59.4% used extent of animal suffering or death, and 15.6% used existence of alternative methods (Enzinger, 2022). More data on the arguments provided by the students in this activity and the developed category system can be found at Enzinger & Dürnberger, 2022 and Enzinger, 2022.

Step 2 workshop students (n=32) evaluated the lesson concept and group discussions positively, particularly praising the interactive design. Reflection on the human-animal relationship (Lesson 1, Part 2) was favoured by 93.9%, the theoretical input on animal experiments by 87.9%, and the evaluation of different experiments by 90.9%. All students enjoyed the tasks and group interactions. However, 12.5% noticed dominant voices in discussions. It is therefore relevant that teachers point out to the students before they start working on the tasks that all opinions are important for group decisions. If consensus cannot be reached, recording differing viewpoints can be a useful alternative. Reflecting on the causes of different perspectives (e.g., personal closeness to different animals and assessments based on this) can be a valuable experience for the students.

Half of the teachers at the first teacher training course (Step 3, n=12) gave feedback that some aspects of the animal experiment examples could be supplemented, e.g. the number of animals used or specific information on the costs and benefits of individual animal experiments. Some also asked for actual examples of animal experimentation and where to find actual

information on animal experimentation. All teachers at the second teacher training course (Step 5, n=9) rated the newly developed examples positively. The good comprehensibility and the fact that they provide a good stimulus for discussion were particularly emphasized. Most of the teachers stated that the topic and the examples are only suitable for upper secondary school (grade 9-13 in Austria). Exemplary teacher statement: *“Very good basis for discussion in class. Very easy to understand. The content is very exciting, certainly also for the students. Suitable for upper secondary school, not for lower secondary school.”* For most teachers, the description of the content was sufficiently detailed. A few teachers wanted more information on the individual animal experiments in the examples, especially details on the methods used on the animals. All teachers (n=21) in the teacher training course (Steps 3 & 5) affirmed the high relevance of the topic to professional practice and its practical applicability in the evaluation. Some provided additional feedback:

Teacher 1: *“Excellent, great examples for the classroom.”*

Teacher 2: *“Interesting, well organised, well thought out, well structured, varied.”*

Teacher 3: *“I have a really good feeling now about how I can work on animal ethics with the students.”*

The analysis of student and teacher evaluations shows that the lesson concept developed is a beneficial method of integrating ethical topics into biology lessons. Previous knowledge of philosophy and ethics is not necessary for the students. The teacher must prepare the content in relation to animal ethics, and animal experiments in particular, to be able to implement the lesson plan efficiently.

5. CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The implementation of the lesson series demonstrates that students can engage meaningfully with complex ethical issues such as animal experimentation, even without prior instruction in ethics. Using a structured pedagogical framework adapted from Saunders and Rennie (2013), students were guided through personal reflection, group discussion, and reasoned decision-making. This scaffolded approach enabled them to critically assess moral dilemmas while simultaneously building understanding of biological and ethical content. Feedback from students and teachers highlights the educational value and practical applicability of the concept. Students particularly appreciated the interactive and reflective components of the lessons. Teachers reported that the materials were well-structured, and highly relevant to professional practice. These findings align with previous research demonstrating the value of socioscientific issues (SSI) in enhancing students' moral sensitivity, scientific literacy, and interest in science (Sadler, 2009; Dawson & Venville, 2010; Garrecht et al., 2022). The ability of students to distinguish between acceptable and unacceptable animal experiments based on harm-benefit analyses supports earlier work by Lund et al. (2012) and Agell et al. (2015).

Nevertheless, several limitations should be acknowledged. The evaluation relied on qualitative feedback and content analysis, without longitudinal or quantitative measures of ethical reasoning development. While interrater reliability was ensured through Krippendorff's Alpha, the small student sample size limits generalizability. Group dynamics occasionally led to imbalanced participation, highlighting the need for facilitation strategies that promote equitable

dialogue. Additionally, the ethical frameworks were simplified during classroom instruction due to time constraints - an adaptation that, while practical, limits deeper theoretical engagement. The design-based research (DBR) approach, although well-suited to the iterative development process, means that students and teachers encountered different versions of the lesson sequence, complicating comparative evaluation.

Despite these constraints, the study contributes both practical and theoretical insights into science education. The teaching concept presents a structured, replicable model for integrating ethical issues into biology classrooms. It encourages interdisciplinary learning and helps students critically evaluate scientific practices in their broader social and ethical context. The iterative design and multiple rounds of implementation (focus groups, student workshops, teacher training) demonstrate the concept's robustness and adaptability to different settings.

Students showed an ability to formulate nuanced ethical judgments based on real-world dilemmas, such as animal experimentation. The lessons promote not only ethical reflection but also have the potential to promote a deeper understanding of scientific processes and their societal relevance. According to the literature (Sadler, 2009), educational activities with similar features also foster critical thinking, empathy, and ethical awareness - skills which are increasingly essential in contemporary science education. However, successful implementation requires sufficient preparation time and teacher confidence in handling ethical discourse. Teachers must also manage classroom dynamics to ensure all voices are heard. Professional development opportunities focused on ethics in science teaching could improve teacher readiness, and greater inclusion of ethical content in science textbooks would support wider adoption. Structured lesson plans, like those presented in this study, represent a practical first step toward supporting teachers in integrating ethics more systematically into biology education.

REFERENCES

- Agell, L., Soria, V., & Carrió, M. (2015). Using Role Play to Debate Animal Testing. *Journal of Biological Education*, 49(3), 309–321. <https://doi.org/10.1080/00219266.2014.943788>
- Alfs, N., Heusinger von Waldegge, K., & Höhle, C. (2012). Bewertungsprozesse verstehen und diagnostizieren. *ZISU – Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1(1). <https://www.budrich-journals.de/index.php/zisu/article/view/7247>
- Almeida, A., & García Fernández, B. (2021). Attitudes towards animal welfare in Portuguese students from the 6th and the 9th year of schooling: implications for environmental education. *Environmental Education Research*, 27(6), 911–935. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1858028>
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Bastian, B., Loughnan, S., Haslam, N., & Radke, H. R. M. (2012). Don't mind meat? The denial of mind to animals used for human consumption. *Personality & Social Psychology Bulletin*, 38(2), 247–256. <https://doi.org/10.1177/0146167211424291>
- Batavia, C., Bruskotter, J. T., Jones, J. A., & Nelson, M. P. (2020). Exploring the ins and outs of biodiversity in the moral community. *Biological Conservation*, 245, 108580. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108580>
- Binngießer, J., Wilhelm, C., & Randler, C. (2013). Attitudes toward Animals among German Children and Adolescents. *Anthrozoös*, 26(3), 325–339. <https://doi.org/10.2752/175303713X13697429463475>
- Broad, G. M. (2020). Using Focus Groups to Explore Public Perceptions of Legal Rights for Animals. *Anthrozoös*, 33(5), 613–627. <https://doi.org/10.1080/08927936.2020.1799548>

- Brown, A. L. (1992). *Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings*. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Animal Testing Act 2012. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20008142&FassungVom=2019-10-01>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2025). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen*. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- Caviola, L., Everett, J. A. C., & Faber, N. S. (2019). The moral standing of animals: Towards a psychology of speciesism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 116(6), 1011–1029. <https://doi.org/10.1037/pspp0000182>
- Caviola, L., Kahane, G., Everett, J. A. C., Teperman, E., Savulescu, J., & Faber, N. S. (2021). Utilitarianism for animals, Kantianism for people? Harming animals and humans for the greater good. *Journal of Experimental Psychology. General*, 150(5), 1008–1039. <https://doi.org/10.1037/xge0000988>
- Cho, C.-K., Kim, B.-Y., & Stoltman, J. P. (2022). Animal identity and space as represented in South Korean geography textbooks. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 31(1), 53–68. <https://doi.org/10.1080/10382046.2020.1852787>
- Collins, A. (1992). *Toward a design science of education*. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New Directions in Educational Technology*. NATO ASI Series, vol 96. Springer, Berlin, Heidelberg.. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133–148. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9104-y>
- Dittmer, A., & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*(18), 81–98.
- Dittmer, A., & Zabel, J. (2019). Das Wesen der Biologie verstehen: Impulse für den wissenschaftspropädeutischen Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann, & J. Zabel (Eds.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (Vol. 27, pp. 93–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_6
- Enzinger, S. M. (2022). *Tierethische Problemstellungen im Biologieunterricht: eine Analyse von SchülerInnenvorstellungen und ethischen Orientierungen in der Sekundarstufe II: an analysis of students' conceptions and ethical orientations in upper secondary school / MMag. Sonja Enzinger* [Thesis, Karl-Franzens Universität Graz, Graz]. unipub.uni-graz.at. <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/8543695?lang=en>
- Enzinger, S. M., & Dürnberger, C. (2022). "It's not good for the animals, but I think it should be done." - Using Focus Group Interviews to Explore Adolescent Views on Animal Experimentation. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*(12), no. 17: 2233. <https://doi.org/10.3390/ani12172233>
- European Commission, DIRECTIVE 2010/63/EU, September 22, 2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0063&qid=1655881535141>
- European Commission. (2023). *Attitudes of Europeans towards animal welfare*. <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2996>
- European Commission. (2025). *EU NTS DATABASE ON THE USE OF ANIMALS FOR SCIENTIFIC PURPOSES UNDER DIRECTIVE 2010/63/EU*. <https://webgate.ec.europa.eu/envdataportal/web/resources/alures/submission/nts/list>
- Folsche, E., Büscher, M., Muth, S., Wöbking, J., & Fiebelkorn, F. (2024). Second-Class Animals: Systematic Discrimination of Farm Animals in German Biology Textbooks. *Anthrozoös*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/08927936.2024.2430821>

- France, B., & Birdsall, S. (2015). Secondary students' attitudes to animal research: Examining the potential of a resource to communicate the scientist's perspective. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(3), 233–249. <https://doi.org/10.30935/scimath/9434>
- Garrecht, C., Czinczel, B., Kretschmann, M., & Reiss, M. J. (2022). 'Should We Be Doing It, Should We Not Be Doing It, Who Could Be Harmed?'. *Science & Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00342-2>
- Garrecht, C., Reiss, M. J., & Harms, U. (2021). 'I wouldn't want to be the animal in use nor the patient in need' – the role of issue familiarity in students' socioscientific argumentation. *International Journal of Science Education*, 43(12), 2065–2086. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1950944>
- Genzel, L., Adan, R., Berns, A., van den Beucken, J. J. J. P., Blokland, A., Boddeke, E. H. W. G. M., Bogers, W. M., Bontrop, R., Bulthuis, R., Bousema, T., Clevers, H., Coenen, T. C. J. J., van Dam, A.-M., Deen, P. M. T., van Dijk, K. W., Eggen, B. J. L., Elgersma, Y., Erdogan, I., Englitz, B., . . . Homberg, J. R. (2020). How the COVID-19 pandemic highlights the necessity of animal research. *Current Biology : CB*, 30(18), R1014-R1018. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.08.030>
- Grimm, H., & Wild, M. (2020). *Tierethik zur Einführung* (2., unveränderte Auflage). Junius.
- Hayes, A. F. & Krippendorff, K. (2007). Answering the Call for a Standard Reliability Measure for Coding Data. *Communication Methods and Measures*, 1(1), 77–89. <https://doi.org/10.1080/19312450709336664>
- Iaccarino, M. (2001). Science and ethics. As research and technology are changing society and the way we live, scientists can no longer claim that science is neutral but must consider the ethical and social aspects of their work. *EMBO Reports*, 2(9), 747–750. <https://doi.org/10.1093/embo-reports/kve191>
- Ipsos MORI. (2018). *Public attitudes to animal research in 2018*. <https://www.ipsos.com/en-uk/public-attitudes-animal-research-2018>
- Korsgaard, C. (2011). Interacting with Animals: A Kantian Account. In T. L. Beauchamp & R. G. Frey (Eds.), *Oxford handbooks. The Oxford handbook of animal ethics* (pp. 91–118). Oxford University Press. <https://philpapers.org/rec/KORIWA>
- Krippendorff, K. (1970). Estimating the Reliability, Systematic Error and Random Error of Interval Data. *Educational and Psychological Measurement*, 30(1), 61–70. <https://doi.org/10.1177/001316447003000105>
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2. ed.). Sage Publications.
- Laslo, E., & Baram-Tsabari, A. (2021). Expressions of science literacy in online public discussions of animal experimentation. *International Journal of Science Education, Part B*, 11(1), 55–74. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1871103>
- Leddon, E. M., Waxman, S. R., Medin, D. L., & Bang, Megan and Washinawatok, Karen. (2012). One Animal Among Many? Children's Understanding of the Relation Between Human and Non-Human Animals. In G. R. Hayes & M. H. Bryant (Eds.), *Focus on civilizations and cultures. Psychology of culture* (pp. 105–126). Nova Science Publisher's Inc.
- Lund, T. B., Lassen, J., & Sandøe, P. (2012). Public Attitude Formation Regarding Animal Research. *Anthrozoös*, 25(4), 475–490. <https://doi.org/10.2752/175303712X13479798785896>
- MacArthur Clark, J., Clifford, P., Jarrett, W., & Pekow, C. (2019). Communicating About Animal Research with the Public. *ILAR Journal*, 60(1), 34–42. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilz007>
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173>
- McGuire, L., Palmer, S. B., & Faber, N. S. (2022). The Development of Speciesism: Age-Related Differences in the Moral View of Animals. *Social Psychological and Personality Science*, 194855062210861. <https://doi.org/10.1177/19485506221086182>
- Mikander, P., Zilliacus, H., Wolff, L.-A., & Kallioniemi, A. (2024). Non-human animals in Finnish worldview education textbooks. *Nordidactica: Journal of Humanities and Social Science Education*, 14(2024:1), 139–160. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1844485>

- Mikelskis-Seifert, S., Freisfeld, A., & Knittel, C. (2013). Bewertungskompetenz - eine Schulbuchanalyse. In S. Bernholt (Ed.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Band 33. Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33* (pp. 137–139). IPN.
- Mueller, M. P., & Zeidler, D. L. (2010). Moral-ethical character and science education: Ecojustice ethics through socioscientific issues (SSI). In D. J. Tippins, M. P. Mueller, M. Eijck, & J. D. Adams (Eds.), *Cultural studies and environmentalism*. (pp. 105–128). Springer.
- Owens, D. C., Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2017). Controversial issues in the science classroom. *Phi Delta Kappan*, 99(4), 45–49. <https://doi.org/10.1177/0031721717745544>
- Reiss, M. J. (1999). Teaching Ethics in Science. *Studies in Science Education*, 34(1), 115–140. <https://doi.org/10.1080/03057269908560151>
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1–42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4–27. <https://doi.org/10.1002/sce.10101>
- Saucier, D. A., & Cain, M. E. (2006). The Foundations of Attitudes About Animal Research. *Ethics & Behavior*, 16(2), 117–133. https://doi.org/10.1207/s15327019eb1602_3
- Saunders, K. J., & Rennie, L. J. (2013). A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues In Science. *Research in Science Education*, 43(1), 253–274. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9248-z>
- Scott, E. E., Wenderoth, M. P., & Doherty, J. H. (2020). Design-Based Research: A Methodology to Extend and Enrich Biology Education Research. *CBE Life Sciences Education*, 19(3), es11. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0245>
- Singer, P. (2009). *Animal liberation: The definitive classic of the animal movement* (1st Harper Perennial ed.). Ecco Book/Harper Perennial.
- Taylor, N., & Signal, T. D. (2009). Pet, Pest, Profit: Isolating Differences in Attitudes towards the Treatment of Animals. *Anthrozoös*, 22(2), 129–135. <https://doi.org/10.2752/175303709X434158>
- The Design-Based Research Collective. (2003). *Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry*. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44–61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>
- van Griethuijsen, R. A. L. F., van Eijck, M. W., Haste, H., Brok, P. J. den, Skinner, N. C., Mansour, N., Savran Gencer, A., & BouJaoude, S. (2015). Global Patterns in Students' Views of Science and Interest in Science. *Research in Science Education*, 45(4), 581–603. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9438-6>
- Wilks, M., Caviola, L., Kahane, G., & Bloom, P. (2021). Children Prioritize Humans Over Animals Less Than Adults Do. *Psychological Science*, 32(1), 27–38. <https://doi.org/10.1177/0956797620960398>
- Zhang, Y., & Li, Z. (2022). The use of constructive controversy to improve students' understandings of and attitudes towards animal welfare in China. *Journal of Biological Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.2011768>

Appendix

Evaluation sheet students used to evaluate the workshop in Step 2

1.) What did you like about the workshop?	2.) What did you not like about the workshop?

- 3.) Do you have any suggestions for improving the workshop?
- 4.) How did you perceive the atmosphere in the workshop?
- 5.) How did you like the individual parts of the workshop?

	Did not like it at all	Rather did not like it	Rather liked it	Liked it very much
A) Sorting different living beings based on how much moral consideration they should receive.				
B) Group discussion on animal husbandry and tips for improving discussions.				
C) Theoretical input on animal experimentation.				
D) Task to evaluate two animal experiments and perform a harm-benefit analysis.				
E) Searching for questions on the human-animal relationship followed by a discussion.				

- 6.) To what extent do you agree with the following statements about working in your small group?

	Strongly disagree	Rather disagree	Rather agree	Strongly agree
A) In my group, everyone's opinion counted in making decisions.				
B) We had fun working on the tasks.				
C) We treated each other kindly in our group.				
D) The discussion in our group was dominated by a few individuals.				
E) I felt that my opinion was not welcome in the group.				
F) The mood in my group was negative.				

- 7.) Where does your knowledge about animal experimentation come from? (Multiple answers possible)

☐ exclusively from this workshop

☐ from this workshop and the following sources:

☐ Television

☐ Radio

☐ Newspaper

☐ Organizations informing on the street

☐ Internet

☐ Family

☐ Friends

☐ School lessons

Evaluation teachers used to evaluate the teacher training program on teaching animal ethics in Step 3 and 5

Paper and pencil: Anonymous critical reflection on the topic and the teaching concept at the end of the training (paper and pencil)

- 1.) What did you like about the workshop?
- 2.) What did you not like about the workshop?
- 3.) To what extent was the teaching material understandable and appealing?
- 4.) Do you have any suggestions for improvement of the lesson conception?

Online evaluation: Participants were asked to rate the questions on a 4-point Likert scale (strongly agree, rather agree, rather disagree, strongly disagree)

1. Practical Relevance

- 1.1) The topics covered had high relevance to professional practice.
- 1.2) The workshop helps me apply the topic in my professional context.

2. Preexisting Interest

- 2.1) I was interested in the topic before registering.

3 Open Question

3.1) Additional comments about the workshop:

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA EM CABO VERDE: MOTIVAÇÃO E RESULTADOS DE UM CLUBE DE CIÊNCIAS

SCIENCE EDUCATION IN CAPE VERDE: MOTIVATION AND RESULTS OF A SCIENCE CLUB
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN CABO VERDE: MOTIVACIÓN Y RESULTADOS DE UN CLUB DE CIENCIAS

Fredson Jorge Santos Delgado¹ & Betina Lopes²

¹Ministério da Educação de Cabo Verde, Cabo Verde

²Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal
nhofadelgado@gmail.com

RESUMO | O presente trabalho busca destacar a relevância e o impacto dos clubes de ciências no ensino público de ciências em Cabo Verde, tomando como estudo de caso o Clube de Ciências e Educação Ambiental de uma escola secundária, localizado na cidade da Praia. A metodologia adotada incluiu observação participativa e registro das atividades realizadas durante o ano letivo de 2021/2022, revelando o potencial dos clubes como espaços não formais que complementam o ensino tradicional. Os resultados, resultantes do trabalho realizado em 4 grupos de 5 alunos, sugerem que a participação no clube pode ter contribuído para o desenvolvimento do pensamento crítico, da curiosidade científica e do engajamento dos estudantes, bem como para a aproximação entre a ciência e o cotidiano. Este estudo reforça o papel transformador dos clubes de ciências na promoção da literacia científica os alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Educação, Ensino informal, Aprendizagem baseado em problemas, Ensino público, Democratização da educação.

ABSTRACT | The present study aims to highlight the relevance and impact of science clubs in public science education in Cape Verde, using as a case study the Science and Environmental Education Club of a secondary school located in the city of Praia. The methodology adopted included participatory observation and documentation of the activities carried out during the 2021/2022 academic year, revealing the potential of these clubs as non-formal spaces that complement traditional teaching. The results, derived from the work developed in four groups of five students each, suggest that participation in the club may have contributed to the development of critical thinking, scientific curiosity, and student engagement, as well as to a closer connection between science and everyday life. This study reinforces the transformative role of science clubs in promoting students' scientific literacy.

KEYWORDS: Education, Informal teaching, Problem-based learning, Public education, Democratisation of education.

RESUMEN | El presente trabajo busca destacar la relevancia y el impacto de los clubes de ciencias en la educación pública de las ciencias en Cabo Verde, tomando como estudio de caso el Club de Ciencias y Educación Ambiental de una escuela secundaria ubicada en la ciudad de Praia. La metodología adoptada incluyó la observación participativa y el registro de las actividades realizadas durante el año lectivo 2021/2022, revelando el potencial de los clubes como espacios no formales que complementan la enseñanza tradicional. Los resultados, derivados del trabajo realizado en cuatro grupos de cinco estudiantes cada uno, sugieren que la participación en el club pudo haber contribuido al desarrollo del pensamiento crítico, la curiosidad científica y la implicación de los estudiantes, así como a un mayor acercamiento entre la ciencia y la vida cotidiana. Este estudio refuerza el papel transformador de los clubes de ciencias en la promoción de la alfabetización científica de los alumnos.

PALABRAS CLAVE: Educación, Enseñanza informal, Aprendizaje basado en problemas, Educación pública, Democratización de la educación.

1. INTRODUÇÃO

Na intenção de buscar criar, destacar, dar visibilidade e promover o reconhecimento dos clubes de ciências como uma opção viável no ensino de Ciências dentro das escolas em Cabo Verde, decidimos socializar esse trabalho que tem como contexto o Clube de Ciências de uma escola secundária da Cidade da Praia, em Cabo Verde.

Desde que se conhece o homem como homem, procuramos entender a complexidade das coisas que nos parecem simples. Quisemos voar como os pássaros e voamos, quisemos mergulhar nos mares mais profundos como os peixes e mergulhamos, quisemos conhecer outros astros e outros mundo e conhecemos. Somos curiosos por natureza, e por isso questionamos tudo, pois assim aprendemos.

Uma das mais belas declarações alguma vez feitas sobre a ciência diz que:

“Toda a nossa ciência comparada com a realidade, é primitiva e infantil - e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos” frase atribuída a Albert Einstein (1879-1955).

Sim, sabemos que ela não é perfeita, mas o seu ensino e divulgação são a porta para a um mundo fascinante, talvez inatingível de outra forma. A ciência por si só não pode oferecer soluções para os desafios cada vez mais prementes da humanidade no século XXI, mas ela está no centro das nossas maiores realizações e dos nossos desafios mais preocupantes.”(Hungarian Academy of Sciences, 2022). Assim sendo, o ensino das ciências é mais do que um mero processo educacional, é uma jornada que desafia e inspira, abrindo portas para a compreensão do mundo que nos cerca (Ecevit & Kingir, 2022). No cerne de uma sociedade em rápida transformação, o papel do ensino das ciências é mais crucial do que nunca (Schmitz & Tomio, 2019).

Na atualidade, apesar dos esforços desenvolvidos nas instituições de ensino, constatamos que, até o momento, não se conseguiu gerar um entusiasmo generalizado entre os jovens pelas Ciências e Tecnologias. Pelo contrário, diversos estudos de avaliação de desempenho, como as conduzidas por Timss & Pirls (2023) e a OCDE (2023), evidenciam o insucesso nas aprendizagens relacionadas às Ciências em ambientes escolares.

Assim o ensino das ciências precisa ser mais abrangente e relevante, incutindo no aluno o sentimento de responsabilidade e pertença. É preciso uma abordagem da educação em ciências, sustentada na interseção ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTS/CTSA), que busca a sinergia de temas relacionados à ciência e tecnologia, contextualizando-os com a vida cotidiana da sociedade, a fim de facilitar a compreensão social desses domínios (Martins, 2022; Moraes, 2022). Formar jovens que amam a ciência, que entendam de tecnologia, que saibam usar os recursos que dispõe para o bem da sociedade, e que no final ajudem a proteger o planeta é um dos desafios maiores dos professores. Assim sendo chamamos a atenção para os clubes de ciência e o seu importante papel de auxiliar as aulas de ciências na escola.

Ao longo deste trabalho, examinaremos o caso, do Clube de Ciências e Educação Ambiental ESPCR, procurando refletir sobre como esses clubes se tornam catalisadores para o desenvolvimento de futuros, quem sabe, cientistas e inovadores. Junte-se a nós nesta jornada de descoberta, onde exploraremos como os Clubes de Ciências não apenas alimentam a paixão pelo conhecimento, mas também cultivam as sementes da inovação em mentes jovens.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

Nesta seção, apresentamos um breve enquadramento sobre os clubes de ciência, com ênfase especial no Clube de Ciências e Educação Ambiental ESPCR, proporcionando uma visão esclarecedora sobre sua missão, objetivos e impacto na promoção do interesse pela ciência e na sensibilização ambiental entre os participantes.

A educação científica é um veículo fundamental para cultivar a curiosidade, a inovação e o pensamento crítico entre os jovens. Infelizmente recentemente o interesse dos alunos pela ciência tende a diminuir à medida que avançam na escola (Fourez, 2003; Reid, 2010), levantando a questão do porquê. Inúmeros fatores podem influenciar as atitudes dos alunos em relação à ciência. Osborne et al (2003) apresentam fatores como o gênero, as características pessoais, o professor e o currículo; Martin et al (2005) salientam mais a literacia científica como fator que mais influência enquanto que Wenner (1993) defende que são as atitudes dos professores em relação ao ensino da ciência; já Salehjee & Watts (2020) salientam fatores como as experiências pessoais, contextos culturais, interações sociais e a qualidade do ensino. A verdade é que, independentemente do fator, algo deve ser feito. Nesse sentido, o ensino não formal surge como uma estratégia complementar poderosa, capaz de oferecer experiências práticas, inspiradoras e culturalmente contextualizadas que podem despertar o interesse pela ciência e superar as limitações do ensino tradicional (Gámez et al., 2015; Pek et al., 2024). Clubes de ciências, por exemplo, apresentam-se como uma excelente opção, promovendo atividades dinâmicas e interativas que ajudam a conectar o conhecimento científico ao cotidiano dos alunos, proporcionando um ambiente onde os alunos podem mergulhar em experiências práticas e colaborativas (Behrendt, 2017). A integração entre clubes de ciências e a aprendizagem baseada em problemas pode ser especialmente poderosa, pois oferece aos estudantes a oportunidade de explorar questões reais, desenvolver soluções criativas e compreender o impacto da ciência em suas vidas. Além disso, esses clubes servem como espaços informais que complementam o ensino tradicional, permitindo que os alunos desenvolvam autonomia, curiosidade e um senso de pertencimento à comunidade científica.

O que é um clube de ciências? Que importância tem no ensino das ciências?

Os Clubes de Ciência são organizações ou grupos que visam proporcionar aos estudantes oportunidades de explorar e envolver-se ativamente em atividades relacionadas à ciência (Behrendt, 2017). Proporcionam um lugar para estudantes e adultos partilharem novas e desafiantes explorações científicas, aprender e associar-se com os seus pares que pensam da mesma maneira (Twillman, 2006). A existência de um ambiente de discussão, de estudo e de debate da ciência, díspar da rigidez da sala de aula é crucial, pois o domínio da cultura científica é instrumento indispensável à participação cidadã, permitindo que os indivíduos compreendam e analisem criticamente questões que afetam diretamente a sociedade. Além do mais, os clubes de ciências fomentam um ambiente informal e colaborativo de pensamento crítico onde os participantes podem compartilhar seu interesse pela ciência, a tecnologia, a sociedade e meio ambiente, já que as questões científicas não estão isoladas do contexto social, político, ambiental e econômico dos estudantes (da Silva et al., 2008; Martins, 2020).

Sob essa perspectiva os clubes de ciências como educação científica não formal podem desempenhar um papel importante ao incentivarem a aquisição de conhecimento e a transposição das adversidades que limitam o processo educacional (Cadwallader et al., 2003) pois

têm um impacto positivo específico na aprendizagem dos alunos, e podem levar a conquistas acadêmicas notáveis e incentivar os alunos a permanecer na educação após a escolaridade obrigatória (Donnelly et al., 2019; Gottfried & Williams, 2013). Essas podem proporcionar melhorias significativas em diversos aspectos da experiência educativa, como a participação em atividades alegres e benéficas, o desenvolvimento de atributos pessoais, habilidades, autoconfiança, autoestima, iniciativa, desenvoltura, lealdade e desempenho acadêmico (Behtoui, 2019).

Em suma, os clubes de ciências desempenham um papel essencial na promoção de uma educação científica de qualidade, sendo um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável e equitativo de uma nação. Ao oferecer um ensino que vai além da sala de aula, esses clubes tornam a ciência uma ferramenta poderosa para a transformação social, capaz de enfrentar questões prementes como as mudanças climáticas e a desigualdade educacional. Portanto, é imperativo que todos os intervenientes (governantes, educadores e a sociedade civil) unam esforços para garantir que a ciência não apenas seja ensinada, mas vivenciada nos clubes de ciências, possibilitando que cada aluno desenvolva a habilidade de investigar, questionar e inovar num mundo em constante evolução. A construção de uma cultura científica robusta e acessível, promovida pelos clubes de ciências, é, sem dúvida, um dos caminhos para um futuro mais iluminado e resiliente.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

3.1. Local do estudo

O estudo foi realizado na Escola Secundária Polivalente Cesaltina Ramos (ESPCR), na Cidade da Praia, Cabo Verde. O concelho da Praia conta com 12 escolas secundárias públicas, com 130 mil alunos inscritos no ano letivo 2024/25, sendo que 33 mil matriculados no secundário (Ministério da Educação, 2024).

De acordo com informações obtidas junto ao Ministério da Educação de Cabo Verde, o Clube de Ciências e Educação Ambiental da ESPCR era, à época, o único clube em funcionamento na ilha e possivelmente em todo o país. A mesma fonte destaca que, embora clubes de educação ambiental tenham sido criados em anos anteriores, muitos acabaram por se extinguir, sendo este o primeiro clube especificamente voltado para as ciências.

3.2. O Clube de Ciências e Educação Ambiental ESPCR

A iniciativa surge da necessidade de fortalecer o ensino das ciências nas escolas e promover atividades práticas que aproximem os alunos das realidades científicas, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente.

O clube era formado por um total de 20 alunos na faixa etária dos 13 aos 17 anos, distribuídos por quatro grupos, com 5 alunos cada. Constituído por 4 grupos - Med-Science, Visionários, 7 orgânicos e Entre estrelas, os encontros ocorriam semanalmente, no período oposto ao das aulas (Tabela 1). Os grupos foram formados com base em laços de amizade e afinidade entre os alunos, o que contribuiu para um ambiente de colaboração e engajamento. Ao longo de 12 sessões realizadas com cada grupo, observou-se uma participação ativa e um fortalecimento do sentimento de pertença às atividades desenvolvidas no clube.

Tabela 1 - Grupos de trabalho e os dias-horários dos encontros.

Grupos	Horário
MedScience	sexta as 8h
Visionários	terça as 14h
7 organicos	quinta as 14h
Entre estrelas	sexta as 14h

3.3. Metodologia de trabalho no clube

As atividades do clube incorporaram a aprendizagem baseada em problemas, através da qual os alunos ficam a conhecer o método científico básico de trabalho (Ceberio et al., 2009; Shahbodin et al., 2023). Seu impacto na vida de um aluno é profundo e percorre um longo caminho na formação de sua carreira e dura a vida toda (Twillman, 2006).

O professor coordenador lançava desafios a cada grupo que tinha uma semana para pesquisar e arranjar possíveis soluções para a resolução dos mesmos. No encontro da apresentação das soluções, era discutida a viabilidade das soluções apresentadas e se fossem boas, o grupo, com a coordenação do professor iniciava a fase seguinte que era procurar os materiais ou produtos que pudessem trazer a realidade a solução escolhida. No final os trabalhos eram apresentados a todos os grupos do clube, a fim de ser escolhida a melhor solução para o problema. Importante dizer que os grupos trabalhavam independente uns dos outros, para que no final pudssemos ter soluções variadas.

3.4. Organização das atividades

As atividades eram diversas e multidisciplinares (Tabela 2), preocupando sempre recorrer à história geral da ciência para que fosse possível aos alunos compreenderem as atividades e materiais a desenvolver. Essa abordagem conectava o conhecimento científico ao contexto histórico, mostrando como as descobertas e inovações científicas foram moldadas pelas necessidades e curiosidades humanas ao longo do tempo. A aprendizagem baseada em problemas desempenhou um papel central nesse processo, incentivando os alunos a assumirem uma postura investigativa e a resolverem desafios reais, promovendo o pensamento crítico e a criatividade. Essa metodologia não apenas aumentou o engajamento dos estudantes, mas também fomentou habilidades práticas e colaborativas essenciais para a formação de cidadãos conscientes e preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Devido à falta de apoio financeiro, tanto por parte da escola quanto do Ministério, os projetos enfrentam limitações significativas, obrigando a equipe a cumprir metas gastando o mínimo possível. A solução encontrada foi reutilizar materiais que, de outra forma, seriam descartados como lixo, demonstrando criatividade e compromisso com a sustentabilidade.

Tabela 2 - Atividades realizadas no clube

Tema	Pergunta problema	Atividade
Astronomia	Como promover a aprendizagem sobre o Sistema Solar e a exploração espacial por meio de atividades práticas acessíveis?	Produção de maquetes de objetos de exploração espacial a partir de material reciclado; Utilização do telescópio para ver a lua e os planetas do sistema solar; Produção de mini planetário com os constituintes do sistema solar.
Química	Como transformar óleo de fritura em sabão sustentável, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a promoção de práticas ecológicas?	Produção de sabão a partir de óleo de fritura utilizado;
Biologia	Como construir um microscópio ótico funcional utilizando materiais reutilizados, promovendo a sustentabilidade e facilitando o ensino de ciências?	Produção e microscópio ótico a partir de material reutilizado;
Estudo dos micros-plásticos	Como identificar e analisar a presença de microplásticos no ambiente, compreendendo os seus impactos na saúde e no ecossistema?	Em parceria com a Universidade de Cabo Verde realizamos aulas de campo na praia da Kebra Canela da Cidade da Praia, com os alunos recolheram microplástico para posterior identificação na universidade.
Produção de papel reciclado	Como transformar resíduos de papel em papel reciclado de qualidade, contribuindo para a redução do desperdício e a sustentabilidade ambiental?	Utilizando revistas e jornais velhas encontrados no lixo da escola, os grupos produziram papéis reciclados que foram utilizados para a atividade do clube

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Os dados recolhidos e aqui apresentados são de uso exclusivo deste estudo, havendo o consentimento autorizado de todos os estudantes que são maiores de idade. Os resultados apresentados se baseiam na observação direta e no relato reflexivo da implementação, uma vez que não foram utilizados instrumentos formais de recolha de dados

Seguindo as metas traçadas na tabela 2, os resultados obtidos nas atividades realizadas no clube de ciências pretendem elucidar o compromisso e a criatividade dos seus participantes em superar desafios. Recordando que os projetos careciam de financiamento, a criatividade e a capacidade de arranjar soluções seria levado ao máximo nível, pois dependiam da reutilização de materiais descartáveis para cumprir as metas.

4.1 Na Astronomia

O estudo da astronomia permitiu que o homem viajasse além dos horizontes do planeta. Por isso, as atividades de astronomia pretendem despertar nos alunos o fascínio pelo universo, estimular a curiosidade científica e desenvolver uma compreensão mais ampla sobre o cosmos e o nosso lugar nele.

Utilizando cartão, arames e tinta, foram criados objetos e exploração espacial que ajudaram os alunos e a comunidade educativa a conhecerem melhor a história por detrás de cada modelo, abrindo o horizonte à vontade de conhecer mais por parte dos alunos (Figura 1).



Figura 1 Objetos e exploração espacial produzidos pelos alunos

Também, em parceria com a PLOAD (Grupo Lusófono de Astronomia para o Desenvolvimento) foram criados momentos de observação de astros com o telescópio da instituição, dando possibilidade a crianças e adultos, pela primeira vez, verem a lua e outros astro a partir de um telescópio (Figura 2).



Figura 2 Atividade de observação de astros pro crianças das comunidades da cidade da Praia

A intenção da realização dessas atividades foi dar uma energia as atividades ligadas a astronomia no país, pois atividades deste tipo poderão contribuir para despertar o interesse dos alunos e do público em geral pela ciência

4.2 Na Química

O destino dado ao óleo de fritura é uma grande questão quando falamos de sustentabilidade em Cabo Verde. Não havendo pontos de recolha e muito menos projetos de reciclagem, o óleo utilizado nas casas e restaurantes, segundo alguns relatos, acaba nos ralos de cozinha ou sanitas. Sendo assim, nasceu a ideia de dar um destino melhor ao óleo.

A produção de sabão a partir de óleo de fritura utilizado, (Figura 3) oferecido por um restaurante e pelas professoras da escola, envolveu os alunos em práticas sustentáveis e proporcionou uma compreensão prática dos processos químicos. Conhecer todo o processo, o porquê de se utilizar determinados ingrediente (soda cáustica e o álcool) e o porquê dos resultados, obrigava os alunos a pesquisarem, o que favorece o entendimento em relação às reações químicas que ocorrem durante o processo.



Figura 3 Processo e produção de sabão a partir da reutilização de óleo de cozinha.

Portanto, aprender a fazer sabão com óleo de cozinha usado vai além da produção de um item, sendo uma experiência educativa valiosa que abrange tópicos como ciência, sustentabilidade, habilidades práticas e consciência ambiental.

4.3 Na Biologia

A carência de materiais de laboratório e mesmo de um laboratório impulsionou o clube a desenvolver modelos de microscópios que poderiam ser usados nas aulas, colmatando a falta dessa matéria na escola. A produção do microscópio ótico a partir de materiais reutilizados (MMR) foi o culminar de 3 meses de trabalho de equipe, permitindo que a realização de aulas práticas fosse uma realidade (Figura 4).



Figura 4 Microscópio feito de material reutilizado

Muitas versões foram sendo produzidas, até chegar a um modelo onde o microscópio produzido dava garantias de bom funcionamento. O impacto do microscópio foi tanto que depois de ser apresentado em diversas feiras e ciências, decidiu-se, em forma de artigo (Delgado et al., 2023), dar a conhecer aos pares e ao público em geral o objeto produzido. Com o intuito de incentivar a produção e utilização do microscópio por parte dos professores em Cabo Verde, uma

ação de formação para 24 professores foi realizada, em parceria com algumas instituições de ensino superior caboverdianas (Universidade de Cabo Verde) e portuguesas (Universidade do Porto e Universidade de Aveiro).

4.4 No Estudos dos Microplásticos

O efeito dos microplásticos nas nossas vidas é uma realidade que tem levantado muitas preocupações para a sociedade. Sendo Cabo Verde um arquipélago, a poluição dos mares e praias com os plásticos é uma preocupação da população em geral. Em parceria com a Universidade de Cabo Verde, foram realizadas aulas de campo na praia da Kebra Canela. O objetivo dessas atividades foi sensibilizar os alunos para a problemática dos microplásticos, proporcionando-lhes conhecimento sobre a sua presença no ambiente, bem como os impactos negativos que esses materiais podem causar na saúde humana e nos ecossistemas (Figura 5).



Figura 5 Aulas de campo sobre microplásticos

Ensinar sobre o microplástico nas escolas de Cabo Verde é de grande importância pois abrange aspectos ambientais, científicos, sociais e éticos da população. A atividade sobre microplásticos foi concebida para sensibilizar os alunos para a poluição plástica e os seus impactos nos ecossistemas aquáticos e terrestres, e pretendeu estimular a compreensão das interconexões entre sociedade, tecnologia, ambiente e ciência (CTSA).

4.5 Na Produção de Papel Reciclado

Todos os anos, no dia 23 de abril, é comemorado o dia do professor cabo-verdiano. Nessa data as escolas oferecem brindes a cada professor. Por que não juntar o útil ao agradável, transformando um monte de papéis (jornais e revistas) velhos em postais para os professores das escolas públicas? Essa foi a ideia que nasceu da necessidade de dar um destino mais sustentável e criativo aos materiais descartados, promovendo a reutilização e conscientizando sobre a importância da sustentabilidade. Assim, os papéis velhos ganharam uma nova vida, transformados em postais únicos e educativos para os professores das escolas públicas (Figura 6).



Figura 6 Produção de papel reciclado a partir de revistas e jornais velhos

As folhas recicladas utilizadas na produção de lembrancinhas para os professores no dia dos professores cabo-verdiano, permitiu sensibilizar a classe docente da importância de abraçarem a mensagem da proteção ambiental e da sustentabilidade.

Essas atividades não abordaram apenas tópicos científicos, mas também procuraram promover habilidades práticas, consciência ambiental e sustentabilidade. A diversidade de abordagens utilizadas alimentou um ambiente de aprendizagem dinâmico e inovador no clube de ciências, cativando cada grupo para o desenvolvimento e estratégias que melhoraram com as atividades.

4.6. Divulgação das atividades do clube em outras escolas públicas.

Com os resultados alcançados, sentiu-se a necessidade de apresentar os trabalhos realizados no clube. A primeira saída foi um convite da Casa da Ciência da Praia (Figura 7), permitindo aos estudantes apresentarem os seus trabalhos e conhecerem o trabalho realizado pela Casa da Ciência.



Figura 7 Apresentação do clube na Casa da Ciência da Praia, na Universidade de Cabo Verde

Em parceria com a Casa da Ciência da Praia foram agendadas feiras de ciências noutras escolas secundárias públicas da ilha de Santiago, permitindo aos alunos apresentarem os trabalhos a outros estudantes (Figura 8), incentivando a criação de novos clubes de ciências nas escolas públicas da ilha de Santiago.



Figura 8 Visita às escolas secundárias - à esquerda: visita à escola secundária Abílio Duarte; à direita: visita à escola secundária Alfredo da Silva

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Em conclusão, o Clube de Ciências e Educação Ambiental ESPCR constitui uma iniciativa promissora para o fortalecimento do ensino das ciências em Cabo Verde. Ao adotar uma abordagem prática, sustentável e participativa, o clube conseguiu despertar o interesse dos alunos pela ciência, ao mesmo tempo que os envolveu em temáticas ambientais relevantes, promovendo a consciência ecológica e o trabalho colaborativo. A parceria com a Universidade de Cabo Verde, ao proporcionar experiências concretas de pesquisa científica, demonstrou o valor das colaborações entre instituições de ensino na criação de oportunidades educativas enriquecedoras, mesmo em contextos de recursos limitados.

Contudo, é importante reconhecer algumas limitações observadas ao longo da implementação. A disponibilidade de tempo, a variabilidade no envolvimento dos alunos e as restrições de materiais e equipamentos científicos condicionaram a amplitude das atividades práticas. Além disso, a avaliação dos resultados centrou-se principalmente na observação direta e em registros reflexivos dos alunos, o que, embora tenha permitido compreender o desenvolvimento de competências e atitudes, carece de instrumentos mais sistemáticos e quantitativos que possam medir com maior precisão o impacto da iniciativa sobre a aprendizagem científica.

Ainda assim, a experiência evidencia a relevância dos clubes de ciências no contexto educativo cabo-verdiano, mostrando que, com criatividade e resiliência, é possível transformar o ensino de ciências em algo mais dinâmico, inclusivo e contextualizado. Este modelo, ajustado às realidades locais, pode ser replicado em outras escolas, ampliando o acesso a uma educação científica de qualidade.

As implicações deste estudo apontam para a necessidade de investir na expansão e consolidação de clubes de ciências, promovendo uma aprendizagem ativa, a curiosidade científica e o engajamento dos estudantes com os desafios do seu meio. Do mesmo modo, reforça-se a importância de desenvolver estratégias de avaliação diversificadas, que considerem tanto os

aspectos cognitivos quanto os atitudinais e sociais da aprendizagem. Fortalecer essa cultura científica, crítica e acessível é um passo essencial para construir uma sociedade mais consciente, inovadora e sustentável.

REFERÊNCIAS

- Behrendt, M. (2017). Examination of a Successful and Active Science Club: A Case Study. *Science Educator*, 25(2), 82–87.
- Behtoui, A. (2019). Swedish young people's after-school extra-curricular activities: attendance, opportunities and consequences. *British Journal of Sociology of Education*, 40(3), 340–356.
- Cadwallader, T., Wagner, M., & Garza, N. (2003). Participation in extracurricular activities. *Life outside the classroom for youth with disabilities*, 1–4.
- Ceberio, M., Guisasaola Aranzabal, J., & Almuñí García, J. M. (2009). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación en resolución de problemas de física y qué resultados alcanzan? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(3), 419–430. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3752>
- da Silva, J. B., Colman, J., Brinatti, A. M., da Silva, S. L. R., & Passoni, S. (2008). Projeto criação clubes de ciências. *Revista Conexão UEPG*, 4(1), 63–66.
- Delgado, F. J. S., Vaz, C. A. G., Lima, H. S., Correia, K. E. G., Borges, M. A. S. A., Ughalah, O. Q., & Lopes, B. D. S. (2023). MONTAGEM DE MICROSCÓPIOS A PARTIR DE RESÍDUOS: UM EXEMPLO DE CABO VERDE. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 4(1), 138–152. <https://doi.org/https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/424>
- Donnelly, M., Lazetic, P., Sandoval-Hernández, A., Kameshwara, K. K., & Whewall, S. (2019). An Unequal Playing Field: Extra-Curricular Activities. *Soft Skills and Social Mobility*.
- Ecevit, T., & Kingir, S. (2022). Primary Student Teachers' Teaching-Learning Conceptions, Attitudes and Self-Efficacy Beliefs toward Science Teaching. *Journal of Turkish Science Education*, 19(3), 773–785. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.149>
- Fourez, G. (2003). *CRISE NO ENSINO DE CIÊNCIAS?* 8(2), 109–123. https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Gerard_Fourez_CRISE_NO_ENSINO_DE_Ciencias.pdf
- Gámez, C. M., Ruz, T. P., & López, Á. J. (2015). Trends of pre-service science teachers about the methodological strategies in science teaching. Case study in Málaga. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 167–184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1500>
- Gottfried, M. A., & Williams, D. N. (2013). STEM club participation and STEM schooling outcomes. *Education Policy Analysis Archives/Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 21, 1–24.
- Hungarian Academy of Sciences. (2022). *Declaration of the World Science Forum 2022 | World Science Forum*. <https://worldscienceforum.org/contents/declaration-of-world-science-forum-2022-110144>
- Martin, R., Sexton, C., & Franklin, T. (2005). Teaching science for all children: An inquiry approach. Em Pearson (Ed.), *Pearson*. www.pearsoned.co.uk
- Martins, I. P. (2020). Revisitando orientações CTS| CTSA na educação e no ensino das ciências. *APeDuC Revista-Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 1(1), 13–29. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/63>
- Martins, I. P. (2022). Educação CTS/CTSA ainda é tema para discussão? *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 17(50), 123–129. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8735017.pdf>
- Ministério da Educação. (2024). *Conferência de Imprensa – Abertura do Ano Letivo 2024-2025*. Governo de Cabo Verde. https://minedu.gov.cv/noticias175?utm_source=chatgpt.com

- Morais, C. (2022). *Ciência cidadã e educação CTS / CTSA : perspectivando contributos , desafios e oportunidades* *Ciencia ciudadana y educación CTS / CTSA : mirando aportes , desafíos y oportunidades* *Citizen Science and STS / STSE Education : Considering Contributions , Chall.* 17, 157–178.
- OCDE. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I) THE STATE OF LEARNING AND EQUITY IN EDUCATION*. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International journal of science education*, 25(9), 1049–1079.
- Pek, L. S., Khusni, H. K., Yob, F. S. C., Zaid, N. N. M., Ne'matullah, K. F., Mee, R. W. M., & Azli, N. S. S. (2024). Children's literacy skills development through non-formal education: a scoping review. *Journal of Education and Learning*, 18(4), 1505–1513. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21766>
- Reid, I. (2010). Canadian youth science monitor: Final report. *The Canada foundation for innnovation*. Found at <http://www.ipsos-na.com/download/pr.aspx>.
- Salehjee, S., & Watts, M. (2020). *Becoming Scientific: Developing Science across the Life-Course* (1st editio). Cambridge Scholars Publishing.
- Schmitz, V., & Tomio, D. (2019). O clube de ciências como prática educativa na escola: uma revisão sistemática acerca de sua identidade educadora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 305–324. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1539/pdf>
- Shahbodin, F., Ibrahim, R., Noor, N. M. M., Ali, N., & Ghani, R. A. (2023). Using Problem-Based Learning Approach to Facilitate Learning of Science. *International Conference on Education in Mathematics, Science and Technology*, 10. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED655433.pdf>
- Teles, N., & Fonseca, M. J. (2019). A IMPORTÂNCIA DO MICROSCÓPIO ÓTICO NA REVOLUÇÃO CIENTÍFICA - DAS PRÁTICAS EDUCACIONAIS À REPRESENTAÇÃO MUSEOLÓGICA. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 20, 126–140. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2019v20espp126-140>
- Timss & Pirls. (2023). *TIMSS 2023-Engaging students with interactive tasks* □ *Policy-relevant information on contexts for learning mathematics and science* □ *Multiple modes of delivery, including online, and efficient operations*. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2023/>
- Twillman, J. (2006). Science for Fun? Try a High School Science Club! *The Science Teacher*, 73(1), 49.
- Wenner, G. (1993). Relationship between science knowledge levels and beliefs toward science instruction held by preservice elementary teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 461–468.

EXPERIMENTAÇÃO NUMA AULA DE FÍSICA: KITS DIDÁTICOS OU EXPERIMENTOS SIMPLES DE BAIXO CUSTO?

EXPERIMENTATION IN A PHYSICS CLASS: TEACHING KITS OR SIMPLE, LOW-COST EXPERIMENTS?

EXPERIMENTACIÓN EN UNA CLASE DE FÍSICA: KITS DIDÁCTICOS O

¿EXPERIMENTOS SIMPLES DE BAJO COSTO?

Luciano Gomes de Medeiros Junior & Giovana Luzório do Nascimento

Universidade Federal Fluminense/Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior, Brasil

lucianomedeiros@id.uff.br

RESUMO | Este estudo propõe a utilização de métodos experimentais no ensino de Física como estratégia para contextualizar conceitos teóricos, visando substituir abordagens meramente expositivas por uma aprendizagem significativa. Demonstramos que experimentos de baixo custo (elaborados com materiais reciclados ou acessíveis) e kits industrializados, quando adequadamente integrados à prática docente, apresentam eficácia pedagógica equivalente. Ressalta-se que, para escolas sem laboratórios e recursos financeiros, os experimentos simples constituem ferramentas didáticas valiosas, desde que implementados com planejamento pedagógico. Foram desenvolvidas atividades paralelas, nas quais o mesmo conteúdo foi abordado tanto através de experimentos simples quanto por meio de experimentos especializados. Os resultados indicam que ambas as abordagens transformam a aprendizagem em um processo dinâmico e engajador, superando as limitações do modelo tradicional baseado exclusivamente em aulas expositivas - metodologia na qual os conceitos são frequentemente memorizados temporariamente e rapidamente esquecidos após as avaliações.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem significativa, Experimentos de baixo custo, Métodos experimentais, Ferramentas pedagógicas, Recursos Didáticos em Física.

ABSTRACT | This study proposes the use of experimental methods in Physics teaching as a strategy to contextualize theoretical concepts, aiming to replace merely expository approaches with meaningful learning. We demonstrated that low-cost experiments (made with recycled or accessible materials) and industrialized kits, when properly integrated into teaching practice, present equivalent pedagogical effectiveness. It is worth noting that, for schools without laboratories and financial resources, simple experiments constitute valuable teaching tools, as long as they are implemented with pedagogical planning. Parallel activities were developed, in which the same content was addressed both through simple experiments and through specialized experiments. The results indicate that both approaches transform learning into a dynamic and engaging process, overcoming the limitations of the traditional model based exclusively on expository classes - a methodology in which concepts are often temporarily memorized and quickly forgotten after assessments.

KEYWORDS: Meaningful learning, Low-cost experiments, Experimental methods, Pedagogical tools, Teaching resources in Physics.

RESUMEN | Este estudio propone la utilización de métodos experimentales en la enseñanza de la Física como estrategia para contextualizar conceptos teóricos, buscando sustituir enfoques meramente expositivos por aprendizaje significativo. Demostramos que los experimentos de bajo costo y los kits industrializados, cuando se integran adecuadamente a la práctica docente, presentan una efectividad pedagógica equivalente. Cabe destacar que, para las escuelas que no cuentan con laboratorios ni recursos financieros, los experimentos sencillos constituyen valiosas herramientas, siempre que se implementen con planificación pedagógica. Se desarrollaron actividades paralelas, en las que se abordaron los mismos contenidos tanto a través de experimentos simples como a través de experimentos especializados. Los resultados indican que ambos enfoques transforman el aprendizaje en un proceso dinámico y atractivo, superando las limitaciones del modelo tradicional basado exclusivamente en clases expositivas, una metodología en la que los conceptos a menudo se memorizan temporalmente y se olvidan rápidamente después de las evaluaciones.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje significativo, Experimentos de bajo costo, Métodos experimentales, Herramientas pedagógicas, Recursos didáticos en Física.

1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino-aprendizagem em geral, e especialmente na disciplina de Física no Ensino Médio, é considerado uma tarefa complexa. Grande parte das escolas da rede pública de ensino no Brasil não possui recursos básicos que facilitariam esse processo, como laboratórios e outros materiais didáticos auxiliares (Todos Pela Educação, Fundação Santillana, & Editora Moderna, 2024).

A Física é uma disciplina que abrange assuntos teóricos abstratos e envolve diversas equações, algumas delas complexas que na maioria das vezes são simplesmente memorizadas pelos alunos, a fim de resolver exercícios propostos em sala de aula. Essa abordagem baseada na memorização cria nos estudantes certa resistência em relação à disciplina, o que muitas vezes os impede de relacionar a teoria com os fenômenos do seu cotidiano.

Como destaca Fonseca e Costa (2023):

O ensino da física no fundamental envolve os seus conceitos mais básicos e no ensino médio estes são mais aprofundados. Entretanto, algumas das dificuldades do aprendizado desta disciplina são próprias dela, como: a extensão dos conteúdos, seu grau de abstração e seu formalismo matemático (Fonseca & Costa, 2023, p. 2).

A partir deste ponto de vista, fica claro a necessidade de se contextualizar os conteúdos estudados, apresentando exemplos práticos e estabelecendo comparações simples que permitam ao aluno associar os fenômenos vivenciados em seu cotidiano com a teoria apresentada em sala de aula, despertando assim maior interesse pela disciplina.

O uso da experimentação em aulas de Física é um método eficaz para promover a participação ativa dos alunos. Essa abordagem visa integrar atividades práticas aos conceitos teóricos, permitindo, na maioria dos casos, que os estudantes conectem os fenômenos observados com suas experiências diárias. Segundo Nascimento (2018), a natureza exploratória da Física exige uma abordagem didática investigativa e descritiva. Limitar o ensino ao plano puramente teórico priva o aluno da essência experimental da ciência, dificultando uma interação profunda e significativa com a matéria.

Considerando as limitações estruturais frequentes na maioria das escolas públicas, a estratégia de utilizar recursos acessíveis emerge como a solução mais viável para garantir a prática pedagógica. Nesse sentido, Nascimento, et al. (2025) reforçam que a opção por materiais de baixo custo é essencial, destacando que:

Essa abordagem estimula a participação ativa dos alunos, aguça sua curiosidade e interesse, e favorece a aprendizagem. Além disso, contribui para a construção de um ambiente motivador, agradável, desafiador e propício para a produção de conhecimentos, habilidades, atitudes e competências (Nascimento, et al., 2025, p. 5).

A contextualização pedagógico-experimental no Ensino de Física se baseia na utilização de práticas experimentais que, dadas as limitações de recursos nas escolas, têm se concentrado no uso de materiais de baixo custo e materiais recicláveis, embora o uso de kits didáticos industriais (incluindo aqueles com tecnologia moderna, como o Arduíno) também seja explorado (Silva, 2025; Silva, et al., 2024; Alves & Medeiros, 2023).

O uso dessas metodologias tem se mostrado um instrumento motivador e uma alternativa eficaz para a melhoria e democratização da qualidade do ensino, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica (Silva, 2025; Bório, 2022).

A integração de recursos virtuais a materiais de baixo custo expande as possibilidades pedagógicas, permitindo o desenvolvimento simultâneo de competências científicas e tecnológicas. Essa combinação favorece o acesso à informação e estimula a aplicação de conceitos de forma interativa, ampliando a capacidade dos estudantes de enfrentar desafios contemporâneos. Mesmo em cenários eminentemente empíricos, como laboratórios escolares, a utilização de tecnologias acessíveis potencializa a qualidade da experiência didática, tornando-a mais instigante e contextualizada (Silva, 2025, p. 15).

Freire (1997), afirma que, para compreender verdadeiramente a teoria, não devemos simplesmente decorá-la, mas vivenciá-la em situações que promovam reflexão. Essa perspectiva alinha-se ao método construtivista proposto por Piaget (1973), que defende que os alunos devem chegar a suas próprias conclusões a partir das experiências vivenciadas.

Ao engajar-se em debates onde diferentes pontos de vista e evidências são confrontados, o estudante é desafiado a reestruturar seus esquemas mentais, superando suas concepções iniciais. Dessa forma, o aluno não apenas vivencia práticas científicas autênticas, mas constrói ativamente tanto os conceitos das ciências quanto a compreensão sobre a natureza do conhecimento científico (Sasseron, 2020).

Nosso trabalho adotou uma abordagem prática que incluiu uma análise comparativa entre experimentos simples e sofisticados, abordando os mesmos temas (Movimento Retilíneo Uniforme, Trocas de Calor: Equilíbrio Térmico e Propagação Retilínea da Luz: Reflexão Regular), com o objetivo de avaliar a eficácia da experimentação nas aulas de Física, seja com materiais de baixo custo ou com equipamentos especializados adquiridos de empresas especializadas na venda de kits didáticos. O estudo contou com a participação de 20 alunos das três séries do Ensino Médio e oito professores de diversas áreas. Os resultados evidenciaram que ambos os tipos de experimento — sofisticados e de baixo custo — foram igualmente importantes para articular teoria e prática.

A inclusão de oito professores de diversas áreas no estudo, para além dos alunos, não foi aleatória, mas uma estratégia metodológica deliberada. Essa decisão decorre da realidade regional, caracterizada pela escassez de professores de Física com formação específica — o que leva docentes de outras disciplinas a assumirem a cadeira. A participação desse grupo diversificado validou, assim, a experimentação simples como uma ferramenta de baixo custo e alta viabilidade, capaz de aprimorar a prática pedagógica de docentes não especialistas.

2. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS E PRÁTICAS PEDAGÓGICAS

A experimentação é essencial no ensino da Física, defendida desde Aristóteles, que afirmava que sem ela, o universo não pode ser compreendido (Silva, Miranda & Vianna, 2023). A Física, por sua natureza, baseia-se na experimentação para explicar fenômenos e validar teorias. Em sala de aula, a experimentação estimula o senso crítico, a curiosidade e a conexão entre teoria e prática, permitindo que os alunos compreendam melhor o mundo ao seu redor.

Santos (2021) salienta que as escolas que adotam regularmente atividades experimentais obtêm melhores resultados na compreensão conceitual e na resolução de problemas. Contudo, estudos recentes (Dantas & Silva, 2023), demonstram que a eficácia da experimentação depende de condições específicas: integração adequada com a teoria, planejamento pedagógico cuidadoso, contextualização com a realidade dos alunos e reflexão crítica sobre os resultados. Estes princípios alinham-se com as recomendações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) que reforça a importância do equilíbrio entre teoria e prática no ensino de Física, alinhando-se às discussões contemporâneas sobre experimentação.

Contudo, apesar do reconhecimento dessas abordagens mais elaboradas, o método demonstrativo, conforme Costa e Venturi, (2021), continua sendo o mais utilizado pelos professores, especialmente devido à insegurança metodológica e limitações de infraestrutura. Araújo e Abib (2003), corroborados por estudos recentes (Lopes & Pastorio, 2024), classificam as atividades experimentais em demonstração, verificação e investigação.

Na perspectiva do ensino de Física, as atividades experimentais podem ser organizadas em três modalidades básicas: (1) as demonstrações, onde o professor exhibe fenômenos físicos de forma ilustrativa, privilegiando a observação passiva por parte dos alunos; (2) as verificações, que buscam confirmar leis e princípios preestabelecidos em aulas teóricas, seguindo roteiros predeterminados; e (3) as investigações, que envolvem os alunos em autênticos processos de descoberta científica, desde a formulação de problemas até a análise crítica dos resultados, desenvolvendo habilidades cognitivas superiores (Araújo & Abib, 2003, p. 177).

A experimentação em sala de aula deve buscar a contextualização dos conceitos teóricos, sendo que a escolha da metodologia deve sempre considerar os recursos disponíveis e a infraestrutura da escola (Aguiar, Rocha & Soares, 2021). Nesse sentido, podem-se adotar duas modalidades complementares: os experimentos simples, que utilizam materiais de baixo custo e sucatas para demonstrar princípios físicos com rigor científico (Moreira, 2016; Oliveira & Lima, 2016); e a experimentação sofisticada, que emprega equipamentos especializados e kits industriais (Hofstein & Lunetta, 2004), exigindo maior investimento financeiro e infraestrutura adequada (como bancadas e espaços específicos).

Conforme Silva (2025), os experimentos simples oferecem vantagens significativas para o ensino de Física, especialmente em contextos de recursos limitados. Desenvolvidos com materiais acessíveis e de baixo custo, eles reduzem as barreiras econômicas, democratizando o acesso ao conhecimento científico. Além disso, por utilizarem materiais do cotidiano, facilitam a replicação em casa, estendendo a aprendizagem. O autor destaca ainda que essa abordagem estimula a criatividade na resolução de problemas e promove uma conexão mais direta entre os conceitos físicos e as experiências cotidianas dos estudantes.

Conclui-se, portanto, que a utilização de materiais recicláveis e de baixo custo nas aulas práticas de Física transcende o argumento econômico. Trata-se de uma abordagem que integra dimensões pedagógicas, sociais e ambientais, promovendo um ensino mais equitativo, contextualizado e comprometido com a formação integral do estudante. Ao mesmo tempo em que viabiliza a realização de experimentos em escolas com recursos limitados, essa estratégia fomenta a criatividade, a inovação e a consciência socioambiental, preparando os alunos para atuar de forma crítica e propositiva diante dos desafios do século XXI (Silva, 2025, p. 18).

Por outro lado, como argumentam Sasseron e Carvalho (2011), os experimentos sofisticados, realizados com equipamentos especializados, oferecem vantagens distintas no processo de ensino-aprendizagem. Estes permitem maior precisão nas medições e observações, aspecto fundamental para o desenvolvimento de habilidades científicas rigorosas. Além disso, os equipamentos especializados possibilitam a exploração de fenômenos mais complexos e apresentam melhor adequação aos currículos formais, seguindo as sequências didáticas convencionais.

Os kits experimentais industrializados trazem consigo a vantagem da precisão e padronização, elementos essenciais para o desenvolvimento de habilidades científicas mais rigorosas. No entanto, sua eficácia pedagógica depende fundamentalmente da mediação docente que articule a manipulação técnica com a reflexão conceitual, garantindo que os estudantes não apenas reproduzam procedimentos, mas compreendam os princípios científicos subjacentes e suas aplicações sociais. Esta abordagem deve integrar-se a um ensino que valorize tanto o domínio instrumental quanto a capacidade crítica de analisar o papel da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea (Sasseron & Carvalho, 2011, p. 70).

A escolha entre estas abordagens experimentais deve ser cuidadosamente ponderada, considerando diversos fatores pedagógicos e contextuais. Como recomenda a BNCC, essa decisão deve levar em conta os objetivos de aprendizagem específicos de cada conteúdo, o contexto escolar particular e, principalmente, a realidade concreta dos alunos.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Para este trabalho, foram selecionados três temas de Física do Ensino Médio: Movimento Retilíneo Uniforme, Troca de Calor: Equilíbrio Térmico e Propagação Retilínea da Luz: Leis da Reflexão. Cada tema foi abordado por meio de duas estratégias experimentais: experimentos simples, construídos com materiais acessíveis no campus do Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior (INFES) da Universidade Federal Fluminense (UFF), e experimentos sofisticados (kits industriais do laboratório da UFF), que foram levados à escola. A pesquisa foi conduzida no Colégio Estadual Rui Guimarães de Almeida, em Santo Antônio de Pádua (RJ), envolvendo 20 alunos e 8 professores, em um total de oito encontros. A abordagem didática adotada privilegiou uma concepção construtivista e investigativa de experimentação, na qual os alunos foram instigados a formular hipóteses, coletar e analisar dados criticamente, e estabelecer relações entre a teoria e a evidência experimental. A dinâmica aplicada, idêntica para ambos os tipos de experimento, consistiu em: explicação do conceito teórico; demonstração e coleta de dados com o experimento simples; apresentação do experimento sofisticado sobre o mesmo tema, também com coleta de dados; e, por fim, uma discussão crítica comparando as abordagens e suas relações com a teoria.

A pesquisa adotou uma abordagem metodológica mista, integrando as naturezas bibliográfica, qualitativa e quantitativa. Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico sistemático, fundamental para a construção do referencial teórico e para o mapeamento do estado da arte sobre o tema (Tako & Kameo, 2023; Ocaña-Fernández & Fuster-Guillén, 2021). Em seguida, na dimensão qualitativa, o estudo valeu-se da observação como procedimento principal, com o objetivo de capturar a subjetividade e os sentidos implícitos presentes no contexto investigado, examinando as questões sociais e ideológicas que permeiam a linguagem e as

percepções (Silva & Araújo, 2017; Ibpad, 2022). Por fim, a etapa quantitativa consistiu na análise estatística descritiva das respostas obtidas por meio de questionários aplicados a alunos e professores, com vistas a avaliar suas percepções sobre a prática em questão e identificar possíveis melhorias (Qualibest, 2020).

Durante as aulas, adotamos a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), proposta por Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2011). Desenvolvida por Demétrio Delizoicov Neto — físico e doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP) — em parceria com José André Angotti, essa abordagem é reconhecida na área educacional por sua eficácia no processo de ensino-aprendizagem. A metodologia baseia-se em três etapas principais: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Urel, 2022).

Na problematização inicial, conduzimos questionamentos sobre os conceitos a serem trabalhados, utilizando as respostas dos alunos para diagnosticar e refinar seus conhecimentos prévios. Em seguida, na fase de organização do conhecimento, apresentamos os fundamentos teóricos, relacionando-os diretamente aos experimentos que seriam demonstrados logo em seguida. Por fim, na aplicação do conhecimento, propomos algumas questões relativas aos temas estudados, alcançando um alto índice de acertos.

3.1 Primeiro assunto trabalhado: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

A abordagem começou com a definição de referencial, demonstrando aos alunos que um corpo pode ou não estar em movimento, dependendo do referencial adotado. Em seguida, definimos o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) como um movimento em linha reta com velocidade constante ao longo de toda a trajetória, apresentando a equação da velocidade média.

Com base na equação da velocidade média, mostramos aos alunos que a variação da distância percorrida é proporcional ao intervalo de tempo gasto para completar o percurso. Após a explicação teórica, utilizamos os dois experimentos, permitindo aos alunos visualizarem o fenômeno físico tanto em uma versão simplificada quanto em uma configuração mais avançada, reforçando a compreensão teórica por meio da prática. A Figura 1 mostra os dois experimentos: o simples, confeccionado com materiais de baixo custo, e o sofisticado (trilho de ar).

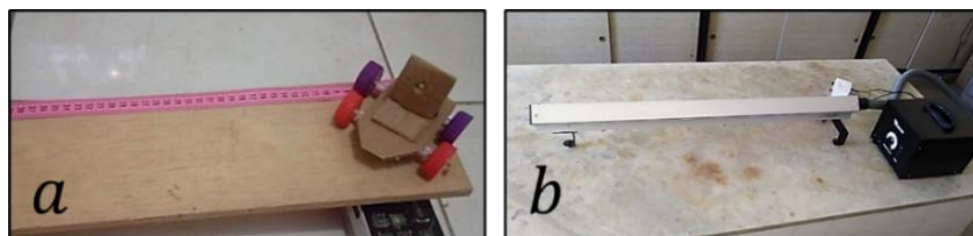


Figura 1 Experimentos utilizados na contextualização do tema Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). a) Experimento simples; b) Experimento sofisticado (trilho de ar).

3.1.1 Aplicação do experimento simples

Para a realização do experimento, foram utilizados os seguintes materiais: um cronômetro digital, um pedaço de papelão, quatro tampas de garrafa *PET*, dois palitos de churrasco, dois canudos plásticos, uma tábua de madeira reta e uma fita métrica.

Na montagem, fixamos a fita métrica na tábua para medir distâncias, e construímos um carrinho utilizando o papelão como base, canudos como eixos, palitos de churrasco como suporte e tampas de garrafa *PET* como rodas.

Durante a execução, definimos um trecho retilíneo na tábua para medir o deslocamento do carrinho. O tempo de percurso foi cronometrado com um cronômetro digital e dois celulares (para maior precisão). Os dados iniciais, reunidos na Tabela 1, possibilitaram o cálculo da velocidade média. Em seguida, variamos as distâncias percorridas pelo carrinho e registramos os correspondentes intervalos de tempo. Essa variação, também detalhada na Tabela 1, demonstrou claramente aos alunos a constância da velocidade no MRU: ao aumentar a distância percorrida, o tempo de percurso aumentou proporcionalmente, mantendo a relação $v = \Delta S / \Delta t$ (velocidade média) praticamente invariável.

Tabela 1- Cálculo da velocidade por meio do experimento de baixo custo

Intervalo de espaço (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,50	1,33	0,376
0,50	1,32	0,379
0,50	1,33	0,376
variando as distâncias entre os sensores		
Intervalo de espaço (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,30	0,80	0,375
0,40	1,06	0,377
0,50	1,33	0,376
0,60	1,60	0,375

Esta etapa prática permitiu: 1) Comprovar experimentalmente a característica fundamental do MRU (velocidade constante); 2) Visualizar a proporcionalidade direta entre distância percorrida e tempo gasto; e 3) Validar os cálculos teóricos através de dados experimentais reais.

3.1.2 Aplicação do experimento sofisticado

O experimento foi realizado utilizando um trilho de ar, um cronômetro digital multifunções, dois sensores ópticos, um carrinho para trilho de ar, um suporte de 9 g com massa adicional de 20 g e um fio de conexão de 20 cm entre o carrinho e o suporte.

Na montagem, o trilho de ar foi fixado em posição nivelada na bancada, e os sensores ópticos foram conectados a ele, posicionados a uma distância conhecida, e acoplados ao cronômetro para medição precisa do tempo. O sistema de acionamento foi configurado amarrando-se o fio ao carrinho e ao suporte de massas, que foi posicionado a 20 cm de altura

para gerar movimento uniforme, garantindo que a massa tocasse o chão antes da passagem pelo segundo sensor.

Durante a execução, definimos uma distância fixa (ΔS) entre os sensores. O sistema foi liberado, e o tempo de passagem (Δt) entre os sensores foi registrado, permitindo o cálculo da velocidade média ($v = \Delta S / \Delta t$), registrados na Tabela 2. Em seguida, variamos as distâncias entre os sensores e registramos novos intervalos de tempo, demonstrando experimentalmente que a velocidade do carrinho se mantém constante, conforme os dados também apresentados na Tabela 2. O experimento demonstrou eficiência na análise do movimento uniforme, validando os princípios físicos envolvidos.

Tabela 2- Cálculo da velocidade por meio do experimento sofisticado (trilho de ar)

Intervalo de espaço (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,40	0,376	1,064
0,40	0,375	1,067
0,40	0,375	1,067
variando as distâncias entre os sensores		
Intervalo de espaço (m)	Intervalo de tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,10	0,092	1,087
0,20	0,184	1,087
0,30	0,277	1,083
0,40	0,369	1,084

Esta etapa permitiu: 1) Comprovar a constância da velocidade no MRU; 2) Visualizar a relação linear entre distância percorrida e tempo gasto; e 3) Validar os princípios teóricos através de medições mais precisas. Os dados da Tabela 2 mostram claramente que, apesar do aumento nas distâncias percorridas, a velocidade média permaneceu praticamente constante, caracterizando o movimento retilíneo uniforme.

Na abordagem realizada em sala de aula, buscamos relacionar os resultados teóricos previstos pela equação da velocidade média com os dados obtidos experimentalmente. Tanto o experimento artesanal (simples) quanto o industrial (sofisticado) demonstraram consistentemente que a velocidade se mantém constante durante o percurso, confirmando as características fundamentais do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). Enfatizamos que as pequenas variações observadas nos resultados podem ser atribuídas a diversos fatores experimentais, como imperfeições na montagem do material artesanal, mínimas oscilações no trilho de ar ou mesmo pequenas variações no tempo de reação durante as marcações com o cronômetro.

3.2 Segundo assunto trabalhado: Troca de Calor: Equilíbrio Térmico

Nossa proposta inicial visava demonstrar aos alunos que, ao misturar dois líquidos com temperaturas iniciais diferentes em um mesmo recipiente, ocorre troca de calor entre eles até que atinjam uma temperatura final de equilíbrio térmico, que estará entre as temperaturas iniciais dos líquidos. A Figura 2 mostra os dois experimentos: o simples, confeccionado com materiais de baixo custo e o sofisticado, da empresa *Azeheb*.

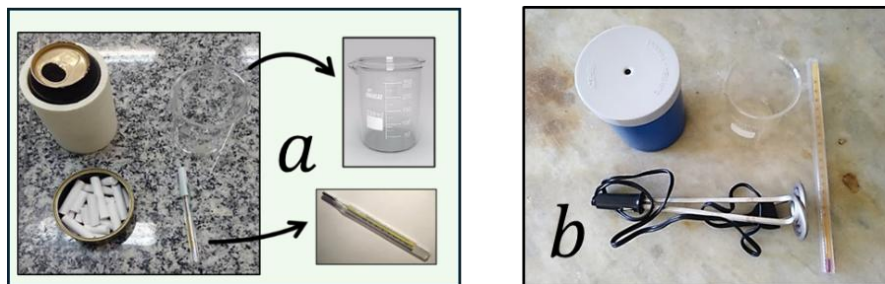


Figura 2 Experimentos utilizados na contextualização do tema Troca de Calor: Equilíbrio Térmico. a) Experimento simples; b) Experimento sofisticado.

3.2.1 Aplicação do experimento simples

Para a realização do experimento, foram utilizados os seguintes materiais: uma lata de alumínio, uma caixa de isopor (como isolante térmico), um termômetro clínico de mercúrio, um queimador caseiro (feito com álcool e giz) e um recipiente resistente ao calor (como um Becker ou copo de vidro).

Procedimentos de segurança: antes de iniciar as atividades que envolviam o uso de chama, foram implementados e claramente comunicados aos participantes os seguintes protocolos de segurança: o ambiente foi mantido arejado e longe de materiais inflamáveis; o manuseio do queimador e do álcool foi restrito aos pesquisadores responsáveis, que utilizaram equipamentos de proteção individual, como luvas térmicas; e um extintor de incêndio foi mantido nas proximidades como medida de precaução.

Na montagem, preparamos um sistema isolado termicamente, encaixando a lata de alumínio dentro do isopor para reduzir as trocas de calor com o ambiente. Em seguida, aquecemos a água utilizando o queimador de álcool no recipiente de vidro, seguindo os protocolos de segurança estabelecidos.

O experimento foi executado em três etapas principais: 1) Preparação inicial – Adicionamos 100 ml de água a 26°C (temperatura ambiente) dentro da lata isolada; 2) Aquecimento e mistura – Aquecemos outros 100 ml de água até 38°C e misturamos com a água já presente na lata; e 3) Observação do equilíbrio térmico – A temperatura da mistura foi monitorada com o termômetro, verificando-se que o sistema atingiu o equilíbrio térmico a aproximadamente 33°C, valor intermediário entre as temperaturas iniciais, conforme o esperado. A prática demonstrou de forma simples e eficaz os princípios da troca de calor e do equilíbrio térmico, validando conceitos básicos da termodinâmica.

3.2.2 Aplicação do experimento sofisticado

Foram utilizados os seguintes materiais: um calorímetro, um termômetro com escala de -10°C a 110°C, um aquecedor e um béquer. Como os equipamentos já se encontravam prontos para uso, não foi necessária nenhuma montagem adicional.

O experimento foi conduzido em três etapas: 1) Na preparação inicial, adicionamos 50 mL de água a 26°C (temperatura ambiente) no interior do calorímetro; 2) Para o aquecimento e mistura: Aquecemos outros 50 mL de água no béquer até 60°C utilizando o aquecedor, onde a água aquecida foi então transferida para o calorímetro, com monitoramento contínuo da temperatura através do termômetro; e 3) Na observação do equilíbrio térmico, verificou-se que após cerca de 3 minutos o sistema se estabilizou a 43°C, valor intermediário coerente com as temperaturas iniciais de 26°C e 60°C.

Os resultados obtidos demonstraram claramente a ocorrência do equilíbrio térmico entre as duas massas de água com temperaturas diferentes, validando os princípios básicos da calorimetria. O uso do calorímetro garantiu precisão nas medições ao minimizar as trocas de calor com o ambiente externo.

Os experimentos demonstraram muito bem os conceitos de trocas de calor e equilíbrio térmico, comprovando que a temperatura final de uma mistura depende das temperaturas iniciais e das quantidades das substâncias envolvidas.

3.3 Terceiro assunto trabalhado: Propagação Retilínea da Luz: Leis da Reflexão

Inicialmente, apresentamos os conceitos fundamentais, começando pela propagação retilínea da luz em meios homogêneos e transparentes. Para tornar este princípio mais concreto, utilizamos exemplos do cotidiano como a formação de sombras e os fenômenos dos eclipses.

No estudo da lei da reflexão da luz, introduzimos o conceito de que o ângulo de incidência ($\hat{\theta}_i$) é igual ao ângulo de reflexão ($\hat{\theta}_r$). Durante as explicações, observamos que os estudantes apresentavam dificuldade em visualizar corretamente esses ângulos, especialmente na identificação da linha normal (perpendicular à superfície refletora) e na compreensão da relação entre os raios incidente e refletido. A Figura 3 mostra os dois experimentos: o simples, confeccionado com materiais de baixo custo e o sofisticado, da empresa Azeheb.

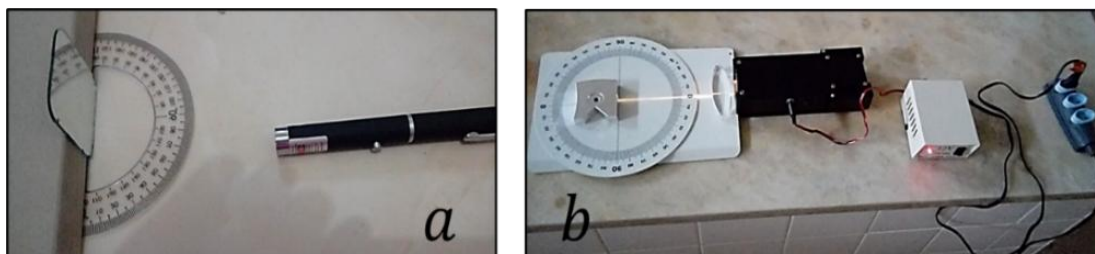


Figura 3 Experimentos utilizados na contextualização do tema Propagação Retilínea da Luz: Leis da Reflexão. a) Experimento simples; b) Experimento sofisticado.

3.3.1 Aplicação do experimento simples

Para investigar os fenômenos ópticos da reflexão e propagação da luz, realizamos um experimento utilizando um ponteiro laser, um espelho plano, um transferidor e um suporte adequado. O laser foi fixado no suporte e posicionado de modo que seu feixe incidisse perpendicularmente sobre o espelho, com o transferidor alinhado para medição precisa dos ângulos.

Inicialmente, comprovamos a propagação retilínea da luz, observando que o feixe laser mantinha uma trajetória perfeitamente reta em seu percurso. Em seguida, estudamos a lei da reflexão, posicionando a normal do espelho na marca de 90° do transferidor. Medindo cuidadosamente os ângulos de incidência ($\hat{\theta}_i$) e reflexão ($\hat{\theta}_r$), verificamos que ambos eram iguais, confirmando experimentalmente o princípio fundamental de que $\hat{\theta}_i = \hat{\theta}_r$.

Os resultados, registrados na Tabela 3, demonstraram excelente precisão, validando tanto a propagação retilínea quanto a lei da reflexão. A simplicidade da montagem não comprometeu a qualidade dos dados obtidos, mostrando-se eficaz para fins didáticos e comprovando de maneira clara esses importantes conceitos da óptica geométrica. O experimento destacou a relação direta entre teoria e prática, reforçando o entendimento sobre o comportamento da luz.

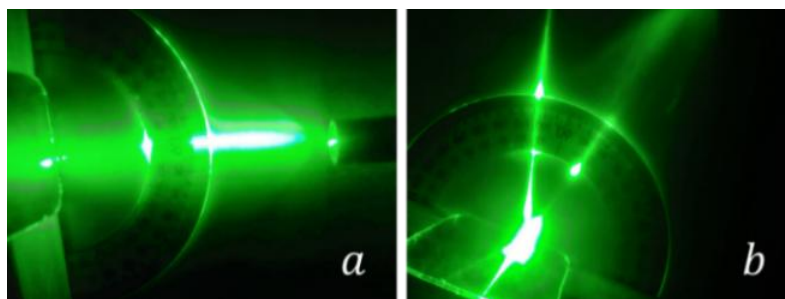


Figura 4 Experimento de baixo custo: a) demonstração da propagação retilínea; b) demonstração da Lei da Reflexão.

O experimento permitiu visualizar claramente ambos os fenômenos ópticos em estudo. Os dados obtidos, conforme apresentados na Tabela 3, validaram a lei da reflexão com boa precisão, demonstrando a consistência entre os resultados experimentais e os princípios teóricos. Além disso, a montagem simples utilizada se mostrou eficaz para fins didáticos, pois possibilita uma reprodução acessível em ambientes educacionais.

Tabela 3- Dados obtidos para a lei da reflexão obtidos por meio do experimento simples

Marcação	Ângulo de incidência	Ângulo de reflexão
1	$0,0^\circ$	$0,0^\circ$
2	$15,0^\circ$	$14,8^\circ$
3	$25,0^\circ$	$25,0^\circ$
4	$35,0^\circ$	$35,0^\circ$

3.3.2 Aplicação do experimento sofisticado

O experimento foi realizado utilizando os seguintes materiais: uma fonte de luz de 12V DC, um diafragma de fenda única, uma superfície refletora com transferidor integrado e uma fonte de alimentação regulável. A montagem experimental consistiu em conectar a fonte luminosa à alimentação de 12V, acoplar o diafragma de fenda única à saída da fonte e posicionar cuidadosamente a superfície refletora com transferidor, garantindo seu alinhamento preciso com o feixe luminoso.

Na primeira etapa do experimento, demonstramos a propagação retilínea da luz. Ao acionar a fonte luminosa, observamos claramente (Figura 5a) que o feixe mantinha trajetória perfeitamente retilínea após passar pela fenda do diafragma, confirmando este princípio fundamental da óptica geométrica.

Para investigar a lei da reflexão (Figura 5b), procedemos à variação sistemática do ângulo de incidência ($\hat{\theta}_i$), registrando-se para cada caso o correspondente ângulo de reflexão ($\hat{\theta}_r$), conforme anotado na Tabela 4. Os dados obtidos comprovaram experimentalmente, com excelente precisão, a igualdade $\hat{\theta}_i = \hat{\theta}_r$ em todas as configurações testadas, validando assim a lei fundamental da reflexão.

A utilização de equipamentos adequados, em particular a superfície refletora com transferidor integrado, permitiu medições angulares precisas e reproduzíveis. O experimento mostrou ser eficaz tanto para demonstrar os princípios ópticos estudados quanto para reforçar a relação entre teoria e observação experimental.

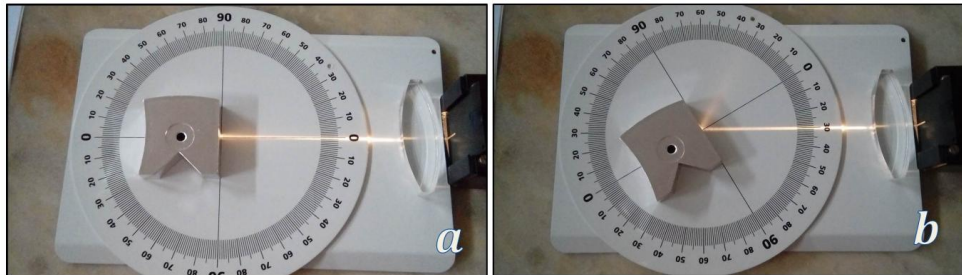


Figura 5 Experimento do kit didático de óptica geométrica: a) demonstração da propagação retilínea; b) demonstração da Lei da Reflexão.

Ambos os experimentos demonstraram eficácia na contextualização dos conceitos de Lei da Reflexão e Propagação Retilínea da Luz. O experimento industrial, com sua maior precisão e estabilidade, permitiu medições quantitativas mais rigorosas, facilitando a compreensão dos princípios físicos envolvidos. Já o experimento de baixo custo, desenvolvido com materiais acessíveis, apresentou-se como uma alternativa viável e didática, especialmente para escolas com recursos limitados.

Tabela 4- Dados obtidos para a Lei da Reflexão obtidos por meio do experimento sofisticado

Marcação	Ângulo de incidência	Ângulo de reflexão
1	0,0°	0,0°
2	15,0°	15,0°
3	35,0°	35,0°
4	60,0°	60,0°

Portanto, é possível adaptar o ensino de Óptica Geométrica a diferentes realidades educacionais. Enquanto os kits industriais oferecem maior exatidão para análises detalhadas, os experimentos simplificados garantem que o aprendizado prático não fique restrito a instituições com infraestrutura laboratorial completa. Assim, ambos os métodos se complementam, reforçando a importância da experimentação no ensino de Física.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Após as atividades, aplicamos um questionário, cuja finalidade foi avaliar, de forma qualitativa, a opinião dos alunos sobre a utilização desses experimentos em sala de aula: 1) *Qual a sua série do Ensino Médio?*; 2) *Como você avalia a exposição? (Ótima, Boa, Regular, Insuficiente)*; 3) *Você gostou mais dos experimentos simples ou sofisticados? Por quê?*; e 4) *Qual tema você achou mais interessante? Por quê?*.

Os dados coletados junto aos alunos participantes revelaram resultados significativos sobre a recepção das atividades experimentais. As respostas à primeira pergunta do questionário, revelaram que tivemos um total de 20 alunos, sendo nove alunos do 1º Ano, quatro alunos do 2º Ano e sete alunos do 3º Ano. No que se refere à avaliação da exposição dos temas (questão 2), a maioria esmagadora dos 20 alunos considerou-a "Ótima" (17 alunos), com o restante classificando-a como "Boa" (3 alunos). Quanto à preferência metodológica (questão 3), dos 19 alunos que responderam, houve uma clara inclinação para os experimentos "Simples" (15 alunos), contrastando com apenas 1 aluno que preferiu os "Sofisticados", e 3 que gostaram de "Ambos". Por fim, a análise do tema mais interessante (questão 4) revelou que o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) foi o mais popular (8 alunos), seguido por Calorimetria (6 alunos) e Reflexão da Luz (5 alunos), com apenas 1 aluno afirmando ter gostado de todos os temas igualmente.

Tais resultados comprovam a excelente aceitação das atividades experimentais, a nítida preferência por abordagens simples e acessíveis e a necessidade de manter a diversidade temática, concluindo que a combinação entre simplicidade metodológica e variedade de conteúdos foi a mais eficaz para o engajamento no aprendizado de Física.

Para os professores, aplicamos um questionário parecido para também fazer uma análise qualitativa de suas percepções. 1) *Qual a sua área de formação?*; 2) *Qual disciplina você ministra em sala de aula?*; 3) *Como você avalia a exposição? (Ótima, Boa, Regular, Insuficiente)*; 4) *Você gostou mais dos experimentos simples ou sofisticado? Por quê?* e 5) *Qual o tipo de experimento você usaria em suas aulas, o simples ou o sofisticado? Por quê?*.

A análise das respostas das questões 1 e 2, revelou uma diversidade significativa na formação e atuação dos docentes participantes: um biólogo lecionando Física e Química, quatro matemáticos (sendo um atuando em Física), um físico, um químico e um professor de Artes. Esses

dados mostram que dois professores ministravam Física sem formação específica na área, destacando o valor da experimentação prática como complemento pedagógico.

A avaliação dos professores também indicou um alto grau de satisfação com o projeto. Na avaliação da exposição (questão 3), a maioria dos 8 professores a classificou como "Ótima" (7 professores), com apenas 1 classificando-a como "Boa". No que tange à preferência pessoal por modalidade experimental (questão 4), todos os professores manifestaram apreço pelas abordagens mais acessíveis: 6 preferiram os experimentos "Simples" e 2 gostaram de "Ambos", não havendo preferência exclusiva pelo sofisticado. Essa inclinação metodológica se confirmou na escolha para uso em sala de aula (questão 5): 5 professores usariam exclusivamente o tipo "Simples", 2 usariam "Ambos" e apenas 1 professor optaria pelo "Sofisticado" em suas aulas, confirmando a relevância da metodologia de baixo custo para o contexto escolar.

Os resultados reforçam que a abordagem experimental simples se configura como metodologia inclusiva e eficaz, alinhando-se às demandas reais da educação científica contemporânea. A combinação entre baixo custo, alto impacto pedagógico e adaptabilidade interdisciplinar foi particularmente valorizada pelos docentes.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Este trabalho comprovou a eficácia da experimentação como estratégia pedagógica no ensino de Física, com 85% dos alunos e professores avaliando as atividades como "Ótimas". Os experimentos modificaram positivamente a percepção dos estudantes, mostrando que a Física vai além da teoria e está presente no cotidiano.

Houve uma clara preferência pelos experimentos de baixa complexidade (80% das respostas), o que reforça a viabilidade da abordagem em escolas com recursos limitados. Essa receptividade foi atribuída ao uso de materiais acessíveis (45%) e à facilidade de compreensão (30%). Os experimentos sofisticados, embora relevantes para o aprofundamento teórico, foram menos preferidos devido à sua complexidade e necessidade de infraestrutura.

Os professores destacaram a efetividade do método de baixo custo, seu alto engajamento e a capacidade de transformar conceitos abstratos em aprendizagem contextualizada. A participação ativa dos alunos na coleta e análise de dados foi um diferencial significativo, com temas como Movimento Retilíneo Uniforme (40%) e Trocas de Calor (30%) se tornando mais atrativos pela abordagem prática.

Podemos concluir que a experimentação simples é uma estratégia democrática e eficiente, alinhada às diretrizes educacionais e promotora de um aprendizado eficaz. A priorização de atividades de baixa complexidade pode ampliar o acesso a um ensino científico mais inclusivo, especialmente em ambientes com poucos recursos, sendo um caminho promissor para desmistificar a Física e estimular o interesse pela ciência.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, C. C. de, Rocha, M. B. da S., & Soares, G. de O. (2021). Metodologias ativas e o Ensino de Ciências Biológicas na educação básica: um mapeamento. *Interritórios | Revista de Educação*, 7(15), 39–55. <https://doi.org/10.51359/2525-7668.2021.252826>
- Alves, L. V. S., & Medeiros, L. da S. (2023). O uso de materiais de baixo custo no ensino da física: uma alternativa para a recomposição e compreensão do ensino de física na EEMTI Luíza Távora. In *Anais do Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*. Realize Editora. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/96907>
- Araújo, M. S. T.; Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>
- Bório, A. B. (2022). *Os materiais de baixo custo em práticas experimentais da educação básica: delineamentos da produção acadêmica no ensino de física* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná]. Repositório Institucional da UNIOESTE. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6110>
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Costa, L. V., & Venturi, T. (2021). Metodologias Ativas no Ensino de Ciências e Biologia: compreendendo as produções da última década. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 4(6). <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i6.12393>
- Dantas, L. V. de A., & Silva, F. C. da. (2023). *Metodologias ativas no ensino de ciências: uma revisão sistemática* [Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Universidade Federal do Vale do São Francisco]. Repositório Institucional UNIVASF. <https://repositorio.univasf.edu.br/server/api/core/bitstreams/fa2375a3-daa2-4f0a-be0f-ef8fe26fa6fd/content>
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2011). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos* (4th ed.). Cortez.
- Fonseca, J. C. A., & Costa, M. S. (2023). Desafios na aprendizagem de Física no Ensino Médio das escolas públicas: Uma revisão da literatura. *Research, Society and Development*, 12(7), e2812742440. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42440>
- Freire, P. (1997). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Ibpad. (2022). *Pesquisa Qualitativa: Análise de discurso e análise de conteúdo*. Blog IBPAD. <https://ibpad.com.br/politica/pesquisa-qualitativa-duas-estrategias/>
- Lopes, E. da S., & Pastorio, D. P. (2024). Tendências de pesquisa sobre experimentação na educação em ciências: um estudo exploratório. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 7(1), 41–62. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/287524/001240916.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreira, M. A. (2016). *Metodologias de ensino inovadoras para a física básica*. Editora da UFRGS.
- Nascimento, F. S., Silva, L. S., Sousa, J. M., & Moura, A. P. M. (2025). Materiais de baixo custo para experimentação no ensino de Física em São Raimundo Nonato-PI. *Rev. Pemo - Revista do PEMO*. <https://doi.org/10.47149/pemo.v7.e12367>
- Nascimento, M. L. (2018). *Diferenças de eficiência no ensino de Física nas escolas públicas e privadas da Zona Leste de Manaus* [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade do Estado do Amazonas]. Repositório Institucional UEA. <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/980>
- Ocaña-Fernández, Y., & Fuster-Guillén, D. (2021). A revisão bibliográfica como metodologia de pesquisa. *Revista Tempos E Espaços Em Educação*, 14(33), e15614. <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15614>

- Oliveira, M. A. de, & Lima, A. A. (2016). Experimentos de Física: renovando a prática docente com materiais de baixo custo. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar*, 1(Ed. Especial), 259–264.
<https://doi.org/10.24219/rpi.v1iEsp.90>
- Piaget, J. (1973). *Estudos sociológicos*. Forense Universitária.
- Qualibest. (2020). *Entenda o que é pesquisa qualitativa e quantitativa*. Instituto QualiBest. <https://www.institutoqualibest.com/blog/dicas/entenda-o-que-e-pesquisa-qualitativa-e-quantitativa/>
- Santos, W. D. (2021). A importância das atividades experimentais no ensino de física nas escolas. Trabalho acadêmico. <https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/1785/1/12373130.pdf>
- Sasseron, L. H. (2020). Interações discursivas e argumentação em sala de aula: A construção de conclusões, evidências e raciocínios. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e20073.
<https://doi.org/10.1590/1983-21172020210135>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Silva, B. C. da, Miranda, E., & Vianna, A. V. (2023). O papel do laboratório de ciências para experimentação nos Anos Iniciais: uma revisão integrativa da literatura. In *Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Caldas Novas, GO.
https://editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2023/TRABALHO_COMPLETO_EV181_MD1_ID3219_TB1280_13032023095418.pdf
- Silva, J. C. da, & Araújo, A. D. de. (2017). A metodologia de pesquisa em Análise do Discurso. *Grau Zero — Revista de Crítica Cultural*, 5(1), 17–30.
https://www.researchgate.net/publication/370409229_metodologia_de_pesquisa_em_Analise_do_Discurs_o
- Silva, T. G. da, Conceição, M. J. S. da, Silva, A. G. da, Silva, A. da, Silva, L. J. da, & Farias Junior, A. J. D. (2024). Proposta de experimentos utilizando materiais de baixo custo sobre o conteúdo de máquinas simples. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(9), 1320–1328.
<https://doi.org/10.51891/rease.v10i9.15545>
- Silva, Y. T. (2025). Metodologias alternativas no ensino de física: a eficácia de práticas experimentais de baixo custo em contextos educacionais vulneráveis. *Revista Campo da História*, 10(2).
<https://doi.org/10.55906/rcdhv10n2-029>
- Tako, K. V., & Kameo, S. Y. (Orgs.). (2023). *Metodologia da pesquisa científica: dos conceitos teóricos à construção do projeto de pesquisa*. Editora Amplia.
<https://ampliaeditora.com.br/books/2023/03/MetodologiaPesquisa.pdf>
- Todos Pela Educação, Fundação Santillana, & Editora Moderna. (2024). *Anuário Brasileiro da Educação Básica 2024*.
<https://anuario.todospelaeducacao.org.br/2024/capitulo-12-infraestrutura.html>
- Urel, D. E. (2022). Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. *Scientia Naturalis*, 4(1), 45-60.
<https://doi.org/10.29327/269504.4.1-4>

MUNDO MICROSCÓPICO: O ENSINO SOBRE OS MICRORGANISMOS NO SISTEMA PRISIONAL NO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

MICROSCOPIC WORLD: TEACHING ABOUT MICROORGANISMS IN THE PRISON SYSTEM IN ESPÍRITO SANTO, BRAZIL

MUNDO MICROSCÓPICO: ENSEÑANZA SOBRE MICROORGANISMOS EN EL SISTEMA PENITENCIARIO DE ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Brunela Santana

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Cora Coralina, Brasil
brunela.sa@hotmail.com

RESUMO | O presente trabalho descreve uma sequência didática sobre o ensino dos microrganismos desenvolvida com alunos do Ensino Fundamental II da Educação de Jovens e Adultos (EJA) em uma escola situada em um sistema prisional do Espírito Santo. A proposta integrou atividades teóricas, práticas laboratoriais e uma feira de exposição, buscando promover uma aprendizagem ativa e contextualizada. Participaram 25 internos, com idades entre 18 e 52 anos. Os resultados indicaram alto engajamento (92% de participação integral) e significativa evolução conceitual: 80% dos alunos conseguiram diferenciar infecções bacterianas e virais após as atividades. Os depoimentos evidenciaram maior interesse pelo estudo da Ciência e fortalecimento da autoestima, com alguns manifestando desejo de seguir na área após o cumprimento da pena. A prática demonstrou que o ensino de Ciências pode ser um instrumento eficaz de ressocialização e transformação social.

PALAVRAS-CHAVE: Educação de Jovens e Adultos, Ressocialização, Sequência didática, Aprendizagem ativa, Saúde pública.

ABSTRACT | This paper describes a didactic sequence on the teaching of microorganisms developed with students in the second cycle of elementary education in the Youth and Adult Education program (EJA) at a school located within a prison system in Espírito Santo. The proposal integrated theoretical activities, laboratory practices, and an exhibition fair, seeking to promote active and contextualized learning. Twenty-five inmates, aged between 18 and 52 years, participated. The results indicated high engagement (92% full participation) and significant conceptual development: 80% of the students were able to differentiate between bacterial and viral infections after the activities. Testimonials showed greater interest in the study of science and strengthened self-esteem, with some expressing a desire to pursue a career in the field after serving their sentence. The practice demonstrated that science education can be an effective instrument for resocialization and social transformation.

KEYWORDS: Youth and Adult Education, Resocialization, Didactic sequence, Active learning, Public health.

RESUMEN | Este artículo describe una secuencia didáctica sobre la enseñanza de microorganismos, desarrollada con estudiantes de segundo ciclo de educación primaria del programa de Educación para Jóvenes y Adultos (EJA) en una escuela ubicada dentro del sistema penitenciario de Espírito Santo. La propuesta integró actividades teóricas, prácticas de laboratorio y una feria de exposiciones, con el objetivo de promover un aprendizaje activo y contextualizado. Participaron veinticinco internos, con edades comprendidas entre los 18 y los 52 años. Los resultados indicaron una alta participación (92% de asistencia) y un desarrollo conceptual significativo: el 80% de los estudiantes pudo diferenciar entre infecciones bacterianas y virales tras las actividades. Los testimonios mostraron un mayor interés por el estudio de las ciencias y una mayor autoestima; algunos expresaron su deseo de dedicarse profesionalmente a este campo tras cumplir su condena. La práctica demostró que la enseñanza de las ciencias puede ser un instrumento eficaz para la reinserción social y la transformación social.

PALABRAS CLAVE: Educación de Jóvenes y Adultos, Resocialización, Secuencia didáctica, Aprendizaje activo, Salud pública.

1. INTRODUÇÃO

O estudo dos microrganismos, no âmbito da microbiologia, constitui um eixo fundamental para a compreensão das inter-relações entre ciência, sociedade e cidadania. Tal conhecimento permite aos educandos desenvolverem competências críticas para interpretar fenômenos naturais, avaliar situações de saúde pública e compreender os impactos da ação humana sobre o meio ambiente. Assim, o ensino de microbiologia, especialmente na Educação Básica, deve transcender a mera memorização de conceitos e promover a construção ativa do saber científico, estimulando a reflexão, o questionamento e o pensamento crítico (Moresco et al., 2017; Ausubel, 2003).

No contexto da Educação de Jovens e Adultos (EJA), esses objetivos ganham relevância ainda maior, uma vez que se trata de um espaço de reconstrução de trajetórias educacionais interrompidas e de fortalecimento da autonomia intelectual e social dos sujeitos. A EJA, conforme enfatizam Souza (2021) e Di Pierro (2001), é uma modalidade que articula dimensões cognitivas, afetivas e emancipatórias do processo educativo, favorecendo a reinserção dos estudantes na vida social e produtiva. Em ambientes prisionais, a educação assume também uma dimensão política e humanizadora, na medida em que contribui para o exercício da cidadania, a reconstrução identitária e o processo de ressocialização (Freire, 1970; Honorato, 2022). O espaço educativo, nesse contexto, torna-se um território de resistência e transformação, em que o conhecimento científico pode favorecer a reflexão crítica sobre as condições de vida e sobre as possibilidades de reintegração social.

Nesse sentido, o ensino de Ciências voltado a pessoas privadas de liberdade deve privilegiar metodologias investigativas e participativas, que articulem teoria e prática e possibilitem aprendizagens significativas (Carvalho, 2013; Mancini, 2022). A abordagem experimental e lúdica, especialmente por meio de sequências didáticas, pode potencializar o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências científicas, comunicativas e sociais.

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma sequência didática sobre o estudo dos microrganismos, desenvolvida com alunos da EJA no sistema prisional do estado do Espírito Santo. Busca-se compreender como práticas pedagógicas experimentais podem promover aprendizagens significativas e contribuir para a ressocialização dos participantes. O estudo parte da lacuna existente nas pesquisas e práticas sobre o ensino de Ciências em contextos prisionais, propondo uma abordagem que integra teoria e prática e evidencia o potencial transformador da educação científica nesse ambiente.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

A Educação de Jovens e Adultos no Brasil se caracteriza por aspectos pedagógicos e humanizadores, buscando proporcionar oportunidades àqueles que não tiveram acesso à educação formal (Souza, 2021). Seu propósito é possibilitar a realização dos sonhos e projetos de vida dos indivíduos, além de orientá-los para uma participação plena na sociedade (Di Pierro, 2001). O acesso à educação, assegurado pela Constituição Federal no Artigo 205 (Brasil, 1988), é também um direito das pessoas privadas de liberdade, estando contemplado no Plano Nacional de Educação para o decênio 2014-2024 pela Lei n.º 13.005/2014 (Brasil, 2014; Brasil, 2024) e na Lei de Execução Penal nº 7.210/1984 Arts.18A, 126, 129 (Brasil, 1984), alterada pela Lei nº

12.433/2011 Artigo 1.º (Brasil, 2011), como uma ferramenta para a reintegração social. Isso garante a essas pessoas a possibilidade de retornar ao processo educacional, independentemente de sua situação (Brito, 2022).

A educação é comumente entendida como um meio de transformação pessoal e social. Paulo Freire (1970), destacou a dimensão libertadora da educação ao afirmar: “Educação não transforma o mundo. Educação muda pessoas. Pessoas transformam o mundo” (p.84). Essa perspectiva é particularmente relevante em contextos prisionais, em que as oportunidades educacionais frequentemente são restritas. Além disso, a educação é considerada uma ferramenta fundamental na ressocialização de pessoas do sistema prisional. Por meio do aprendizado, os internos têm a oportunidade de desenvolver habilidades, melhorar a autoestima e cultivar um senso de propósito, que são aspectos essenciais para uma reintegração bem-sucedida na sociedade após o cumprimento da pena (Honorato, 2022; Queiroz, 2023).

O acesso à educação é essencial para a redução da reincidência criminal entre os internos, ao oferecer novas oportunidades e perspectivas de futuro. Ao aprenderem novas habilidades e adquirirem conhecimentos, os indivíduos aumentam suas chances de reintegração na sociedade, com maior acesso ao mercado de trabalho e a uma vida mais estável. Além disso, a educação contribui para a transformação da mentalidade dos internos, promovendo reflexão e conscientização sobre os próprios atos (Ellison et al., 2017). Estudos mostram que internos que participam de programas educacionais têm menos chances de reincidir. Como a meta-análise conduzida por Bozick et al. (2018), onde demonstrou que indivíduos privados de liberdade que participaram de programas educacionais apresentaram 28% menos probabilidade de reincidir em comparação àqueles que não tiveram acesso à educação durante o encarceramento. Pompoco et al. (2014), em uma análise, reforça que níveis mais elevados de escolaridade alcançados durante o período de reclusão correlacionam-se diretamente com maiores taxas de reintegração social e menores retornos ao sistema prisional. O que torna a educação uma ferramenta crucial para a ressocialização e a quebra do ciclo de criminalidade (Piché, 2021).

No Brasil, Os Parâmetros Curriculares Nacionais propõem uma organização do ensino pautada não na mera linearidade lógica dos conteúdos, mas na construção de situações de aprendizagem significativas para os estudantes. Com base nessa perspectiva, a estrutura curricular é orientada pelo desenvolvimento de competências. No campo específico das Ciências, tais competências são definidas como: expressão e comunicação, investigação e compreensão, e contextualização sociocultural (Brasil, 2002). Cavalcante (2011) investigou, em pesquisa realizada no sistema prisional do Distrito Federal, o uso de produções cinematográficas — incluindo filmes de longa e curta-metragem, além de documentários — como estratégias didáticas no ensino das Ciências. O estudo teve como objetivos avaliar o potencial pedagógico desses recursos audiovisuais, analisar o desenvolvimento do senso crítico dos estudantes privados de liberdade e identificar qual tipo de linguagem cinematográfica despertaria maior interesse. Os resultados indicaram que o uso de filmes, quando articulado a objetivos educacionais claros, favorece a aprendizagem e estimula a reflexão crítica, permitindo aos alunos estabelecerem conexões entre os conteúdos abordados e suas vivências pessoais. Dentre os formatos utilizados, os filmes de longa-metragem mostraram-se mais eficazes em termos de engajamento, possivelmente por proporcionarem aos internos uma experiência simbólica de liberdade. Esses achados reforçam o valor dos recursos audiovisuais como ferramentas potentes na educação em contextos prisionais, desde que empregados de maneira intencional e reflexiva. Mendes (2025) desenvolveu uma pesquisa-ação em um complexo prisional no estado do Espírito Santo, com o objetivo de avaliar

o processo de aprendizagem dos estudantes a partir da utilização de estratégias didáticas diversificadas, como questões norteadoras, ilustrações, réplicas de espécimes, modelos didáticos e exposições de caráter cultural. A análise dos dados, obtidos por meio de questionários aplicados aos participantes, indicou que essas metodologias contribuíram para uma aprendizagem mais dinâmica, engajadora e motivadora, favorecendo a construção do conhecimento de forma significativa no contexto prisional.

As matérias abordadas na EJA do ensino fundamental II são as mesmas que compõem o currículo do ensino regular, como língua portuguesa, matemática, ciências, história, geografia, entre outras. Isso permite que os internos retomem seus estudos e possam concluir o ensino fundamental e, em alguns casos, o ensino médio. Dentre as matérias ministradas, o ensino de ciências é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico e da compreensão do mundo ao nosso redor. Ao estudar ciências, os alunos aprendem a investigar, questionar e entender fenômenos naturais, além de desenvolver habilidades que são necessárias para a resolução de problemas do cotidiano. A ciência também estimula a curiosidade, promove a inovação e prepara os estudantes para lidar com os desafios tecnológicos e ambientais do futuro. (Zemba-Saul, 2009; Sheldrake et al., 2017).

Quando se trata de investigação e questionamento, o ensino sobre os microrganismos surge como uma temática altamente relevante e interessante para ser abordada em sala de aula. Esse assunto oferece uma excelente oportunidade para estimular os alunos a explorarem conceitos fundamentais da biologia, como a diversidade e a importância desses organismos microscópicos no dia a dia e no equilíbrio dos ecossistemas. Ao investigar como os microrganismos interagem com os seres humanos, o meio ambiente e outros seres vivos, os estudantes são incentivados a questionar e refletir sobre fenômenos naturais, além de desenvolverem habilidades do método científico como observação, formulação de hipóteses e análise de dados (Timmis et al., 2019; Timmis & Jebok, 2020).

Para que o ensino seja eficaz, é importante ir além das aulas teóricas, proporcionando aos educandos a oportunidade de se envolverem ativamente no processo de aprendizagem. Essa participação prática permite que eles integrem o conhecimento de maneira mais profunda e significativa (Ausubel, 2003; Crispim et al., 2020). Também é fundamental que o professor leve em consideração os conhecimentos e ideias que os estudantes já possuem, pois, os conhecimentos prévios dos alunos são essenciais para facilitar a aprendizagem de novos conteúdos. De acordo com Ausubel (2003), a conexão entre os conceitos prévios e a assimilação de novos conceitos pode proporcionar ao estudante uma aprendizagem significativa.

Dentre as práticas pedagógicas que são significativas, a sequência didática, pode ser uma aliada no processo de ensino-aprendizagem, pois oferece uma estrutura organizada e planejada para o desenvolvimento de conteúdos de maneira progressiva e coerente (Carvalho, 2013; Mancini, 2022). Segundo Silva & Berajano (2013) a utilização de sequências didáticas tem como objetivo facilitar a compreensão de um conteúdo específico, destacando o protagonismo do aluno como responsável pelo seu próprio processo de aprendizagem. Para o professor, essa abordagem auxilia na organização dos conteúdos conceituais, procedimentais, comportamentais e factuais de maneira adequada e lógica, promovendo uma aprendizagem mais significativa (Mancini, 2022).

O processo de aprendizagem pode ser compreendido como uma trajetória de descoberta, em que o conhecimento é construído de forma ativa e significativa, superando a simples

transmissão de informações. As sequências didáticas organizam o ensino de forma estruturada e progressiva e ao utilizar esse recurso, o educador potencializa o envolvimento dos estudantes no processo investigativo, incentivando a construção de saberes de maneira mais autônoma. Nesse sentido, a implementação de uma sequência didática pode se apresentar como uma estratégia eficaz para o ensino dos microrganismos no contexto prisional. Essa abordagem possibilita que os estudantes avancem de forma progressiva no aprendizado e contribui para uma compreensão mais sólida e significativa de conceitos científicos.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

3.1 O Espaço Prisional e Seus Educandos: Um Panorama

O Complexo Penitenciário é composto por diversas unidades prisionais que abrigam indivíduos submetidos a distintos regimes de cumprimento de pena. Este estudo foi conduzido em uma unidade específica destinada ao regime fechado. O cotidiano nessa unidade é estruturado a partir de rígidas normas disciplinares, constante vigilância e pela atuação articulada de diferentes profissionais, incluindo médicos, enfermeiros, professores, equipes psicossociais, monitores de ressocialização e policiais penais, os quais desempenham papéis essenciais na dinâmica institucional e no atendimento às demandas da população carcerária.

A turma participante da ação educativa é composta exclusivamente por homens, com idades variando entre 18 e 52 anos. Em comum, esses sujeitos compartilham trajetórias marcadas por interrupções ou ausências no percurso escolar. A maioria dos alunos, ao ingressar no sistema prisional, apresentava um histórico de afastamento da educação formal — muitos nunca haviam frequentado regularmente a escola, enquanto outros não chegaram a concluir os níveis básicos de ensino, sobretudo o ensino fundamental.

3.2 Descrição da sequência didática

A sequência didática foi planejada, estruturada e desenvolvida em seis momentos ao longo do segundo semestre de 2024, compreendendo o período de agosto a outubro. Cada etapa teve duração aproximada de três aulas de 55 minutos, total de horas de 16h e 30 min, organizadas de modo progressivo para favorecer a construção gradual do conhecimento e a consolidação dos conceitos trabalhados. No primeiro momento, realizou-se um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os microrganismos. Para isso, foi realizada a prática de evocação livre, em que é coletado dados subjetivos, permitindo aos alunos falar, escrever palavras ou desenhar o que viesse à mente após serem estimulados por uma palavra ou imagem que representasse o objeto de estudo. Durante esse momento foram feitas perguntas como: “O que você conhece por microrganismos?”, “Onde você acha que os microrganismos vivem?”, “Os microrganismos fazem bem ou mal?” e assim os estudantes podiam se expressar acerca da temática.

No segundo momento, foi realizada uma aula expositiva dialogada, na qual as imagens projetadas por meio de um data show foram utilizadas como ferramentas visuais para estimular a discussão em sala de aula sobre o papel dos microrganismos no cotidiano e sua relevância para a saúde pública. Durante a aula, foram apresentadas imagens da morfologia de diferentes microrganismos, tanto aqueles que fazem parte da microbiota humana quanto os que possuem grande importância médica. Entre os microrganismos destacados estavam várias bactérias, como

Escherichia coli, *Staphylococcus aureus*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Klebsiella pneumoniae* e *Treponema pallidum*. Também foram abordados alguns fungos, como *Candida albicans* e *Aspergillus fumigatus*, além de vírus como o Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV), o vírus da Influenza, o Vírus do Papiloma Humano (HPV), e o vírus da Dengue. A aula também incluiu protozoários importantes, como *Giardia duodenalis* e *Trichomona vaginalis*. O objetivo dessa abordagem foi proporcionar aos alunos uma visão ampla sobre a diversidade de microrganismos que afetam a saúde humana, tanto de forma benéfica quanto prejudicial, e discutir como esses organismos impactam o bem-estar das pessoas e a saúde pública de maneira geral.

Na terceira etapa, foi realizada uma atividade prática com o uso de placas de Petri descartáveis, contendo meio de cultura simples apropriado para o crescimento de microrganismos e hastes flexíveis (Figura 1). Nesta atividade, os alunos foram orientados a coletar amostras de microrganismos provenientes de diferentes superfícies, tais como as próprias mãos, as carteiras escolares ou ainda por exposição ao ar ambiente, permitindo a captação dos microrganismos presentes no ambiente. Os alunos manusearam as hastes flexíveis para fazer a coleta das amostras e, em seguida, transferiram-nas para as placas de Petri, onde as amostras foram incubadas para permitir o desenvolvimento e a observação de microrganismos presentes nas superfícies selecionadas. Essa atividade teve como objetivo proporcionar aos alunos uma experiência prática e direta com a coleta de amostras microbiológicas, estimulando a investigação científica e a compreensão do ambiente microbiano ao seu redor.



Figura 1 Coleta de amostras microbiológicas pelos alunos.

O quarto momento consistiu na etapa de observação das placas de Petri, nas quais os microrganismos haviam crescido durante o período de incubação. Após dois dias de incubação, as placas foram fotografadas e os resultados foram apresentados em slides na sala de aula, possibilitando aos alunos a análise e discussão dos achados da atividade prática (Figura 2). Nesse momento, os estudantes tiveram a oportunidade de observar as diferentes colônias que se formaram nas placas, identificando e discutindo as características visíveis de cada uma delas, como cor, forma, tamanho e textura. Nesta etapa, além da análise das imagens das placas de Petri, utilizou-se o microscópio óptico composto para a observação direta das lâminas previamente preparadas e fixadas com os microrganismos presentes nas amostras (Figura 3). Assim, os alunos tiveram a oportunidade de examinar as estruturas celulares de diferentes tipos de microrganismos em um nível mais detalhado.



Figura 2 Amostras microbiológicas crescidas.



Figura 3 Observação de microrganismos em microscópio óptico.

No quinto momento da sequência didática, a turma foi organizada em grupos de cinco alunos, sendo que cada grupo recebeu um tema específico relacionado com os microrganismos para investigar e aprofundar seus conhecimentos. O objetivo dessa atividade foi proporcionar uma imersão mais profunda no estudo de microrganismos, permitindo que os alunos se tornassem especialistas em um aspecto específico do conteúdo, e depois compartilhassem suas descobertas com os colegas de classe. Cada grupo foi responsável por pesquisar e estudar seu tema, utilizando textos e fontes de informações científicas fornecida pela professora para enriquecer sua compreensão sobre o microrganismo em questão. Durante essa fase, os alunos ilustraram os microrganismos que estavam estudando, criando representações visuais que facilitassem a explicação de suas características para a turma (Figura 4). Além disso, os grupos desenvolveram materiais educativos, como cartilhas informativas e cartazes, com o intuito de transmitir as informações sobre o microrganismo em questão. Um dos grupos, por exemplo, ficou encarregado de elaborar um cartaz detalhando o ciclo da dengue, explicando o papel do mosquito transmissor, o agente causador da doença e as formas de prevenção.



Figura 4 Ilustrações feitas pelos alunos dos microrganismos.

O último momento da sequência didática foi marcado pela culminância de uma feira de exposição. Os materiais produzidos pelos alunos, como cartazes, cartilhas informativas e ilustrações sobre os diferentes microrganismos, foram organizados e expostos em um espaço de visita da unidade prisional (Figura 5). Esse espaço foi preparado para receber professores, alunos e membros da comunidade que atuam na unidade prisional, proporcionando uma oportunidade de interação e troca de informações sobre os temas abordados na sequência didática. A divulgação do evento foi realizada pela pedagoga da unidade, por meio de um convite virtual direcionado aos servidores da própria unidade e aos professores de outras unidades do complexo penitenciário. A organização da feira de exposição foi realizada antecipadamente pela professora responsável pela proposta do trabalho. Os alunos foram organizados em grupos de 10 pessoas, conforme as normas de segurança, e cada grupo pôde permanecer no espaço por 30 minutos. Durante a feira, alguns alunos explicaram e discutiram suas pesquisas com os servidores e professores visitantes, sobre os microrganismos estudados, suas características, impactos na saúde pública e formas de prevenção.



Figura 5 Cartazes e materiais expostos no salão de visita da unidade prisional.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A avaliação dos resultados baseou-se em uma abordagem qualitativa, fundamentada na observação participante da professora-pesquisadora durante todas as etapas da sequência didática. Foram registrados, em diário de campo, os comportamentos, interações e manifestações dos alunos ao longo das atividades. Além disso, realizou-se uma análise de conteúdo dos materiais produzidos pelos estudantes — como cartazes, cartilhas e ilustrações apresentadas na exposição final —, buscando identificar evidências de aprendizagem conceitual e engajamento. Complementarmente, foram considerados os relatos espontâneos dos alunos,

expressos em discussões e depoimentos orais ao término das aulas, que revelaram percepções sobre o próprio processo de aprendizagem.

Durante as diversas fases da sequência didática proposta, os alunos foram se integrando de forma cada vez mais dinâmica e participativa, criando um ambiente de colaboração e troca de conhecimentos sobre o tema em questão. À medida que o conteúdo foi sendo abordado, surgiram diversos momentos de interação entre os estudantes, os quais se mostraram interessados e engajados em entender melhor os conceitos e as diferenças entre as infecções bacterianas e virais. Esses momentos de troca foram marcados por questionamentos, discussões e esclarecimentos, especialmente em relação às infecções mais comuns, como sífilis, tuberculose, gonorreia, HIV e dengue. Os alunos, ao se aprofundarem nas especificidades de cada uma dessas doenças, começaram a identificar suas características, formas de transmissão, prevenção e tratamentos disponíveis, além de compreendê-las em um contexto de privação de liberdade e envolvendo aspectos sociais, culturais e de saúde pública.

Ao se depararem com o meio de cultura desenvolvido durante a aula prática, os alunos tiveram a oportunidade de observar de forma direta o crescimento dos microrganismos, o que propiciou uma experiência enriquecedora de aprendizado. O meio de cultura simples, preparado com o objetivo de permitir o desenvolvimento de bactérias e outros microrganismos, forneceu um ambiente adequado para que os estudantes pudessem analisar as características visíveis desses organismos, como os diferentes formatos, cores e texturas. Alguns microrganismos apresentaram colônias com formatos circulares, irregulares ou filamentosos, enquanto outros mostraram colônias de cores variadas, como brancas, amarelas, rosadas e até verdes. Essa diversidade visual, que é uma das características mais fascinantes do mundo microbiano, chamou a atenção dos estudantes, que puderam compreender através da leitura de textos científicos como as condições do meio de cultura, como a temperatura, o pH e os nutrientes presentes, podem influenciar o crescimento e a aparência dessas colônias.

A implementação desta sequência didática contribuiu para que os estudantes pudessem desenvolver uma maior compreensão sobre a importância desses microrganismos no contexto de diversas áreas, como a saúde, a alimentação, a biotecnologia e o meio ambiente, ao mesmo tempo em que ampliaram suas percepções sobre os riscos e os benefícios que certos tipos de microrganismos podem representar para os seres humanos e os ecossistemas.

As manifestações dos estudantes reforçam a avaliação positiva da experiência vivenciada:

Aluno 1: “Fui entender melhor sobre a diferença de HIV e AIDS com essa aula.”

Aluno 2: “Eu nem sabia que os microrganismos eram tão diferenciados assim.”

Alunos 3: “Agora entendo que tudo tem a ver com os microrganismos: o pão que a gente come, o queijo, antibióticos... é um universo!”

Aluno 4: “Gostei muito das aulas, pude entender melhor sobre as infecções bacterianas.”

Aluno 5: “Quando eu sair, quero fazer um curso nessa área.”

O contato com a realidade do laboratório proporcionou, assim, uma aprendizagem mais imersiva e significativa, tornando o estudo dos microrganismos mais tangível e acessível para os alunos em privação de liberdade.

A realização da feira de exposição no último momento da sequência didática teve uma importância fundamental, pois proporcionou uma oportunidade de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos pelos alunos, permitindo-lhes demonstrar sua compreensão sobre os microrganismos e seus impactos na saúde pública. Ao apresentarem seus materiais, como cartazes e cartilhas informativas, e ao interagirem com professores e demais colegas, os alunos não apenas consolidaram o aprendizado de forma significativa, mas também contribuíram para a conscientização sobre a relevância dos microrganismos no cotidiano.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Como salientado por Ausubel (2003), em relação a conectar conceitos prévios a assimilação de novos conceitos de forma a gerar aprendizagem significativa, a prática educativa realizada com os alunos do sistema prisional oferece importantes contribuições para os educadores em Ciências, como a integração entre teoria e prática e a promoção de uma educação transformadora. Ao combinar atividades de laboratório e interativas, estimula-se a reflexão e o questionamento dos alunos sobre os microrganismos e seus impactos na saúde pública. Além disso, valoriza o trabalho coletivo, promove a participação ativa e fortalece a conscientização social, ao permitir que os alunos compartilhem seus conhecimentos com a comunidade que os cercam.

A atividade pode enfrentar algumas limitações, como a infraestrutura restrita, que dificulta a realização de atividades práticas mais abrangentes. A diversidade de idade e conhecimentos prévios entre os alunos exige adaptações nas estratégias pedagógicas para garantir a equidade no aprendizado. Em determinadas unidades prisionais, a restrição à entrada de materiais diversos, imposta por normas de segurança, pode limitar a efetividade das práticas pedagógicas. Diante desse cenário, recomenda-se a adaptação das atividades aos recursos disponíveis no próprio ambiente prisional, de modo a garantir a continuidade e a qualidade do processo educativo. Além disso, as condições do ambiente prisional podem afetar o engajamento e a concentração dos alunos, exigindo habilidades adicionais dos educadores para criar um ambiente de aprendizado produtivo.

Os resultados da experiência demonstraram que práticas educativas e participativas podem ter um impacto significativo na reintegração social e na transformação das atitudes dos alunos internos, abrindo portas para novos aprendizados e perspectivas de futuro corroborando com as ideias de Mendes (2025). Dessa forma, a educação no sistema prisional, quando bem aplicada, não só promove o conhecimento, mas também contribui para a construção de uma sociedade mais justa e consciente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao diretor da escola, J. C. V., ao coordenador pedagógico, E. F., e às pedagogas A. M. R. e A. N., pelas contribuições e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também a J. P. pelo empréstimo de material, ao professor de biologia A. B. M. pela colaboração e aos alunos do ensino fundamental II participantes da atividade.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D.P. (2003). Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: *Editora Plátano*. 243p, ISBN 972-707-364-6.
- Brasil. (2002). *Ministério Da Educação Secretaria Da Educação Média E Tecnológica*. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) -Ciências da Natureza e suas Tecnologias,2002. <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>.
- Brasil. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
- Brasil. (2014). *Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014: Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm.
- Brasil. (2024). *Lei nº 14.934, de 25 de julho de 2024: Prorroga, até 31 de dezembro de 2025, a vigência do Plano Nacional de Educação, aprovado por meio da Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14934.htm.
- Brasil. (1984). *Lei nº 7.210, de 11 de julho de 1984: Institui a Lei de Execução Penal*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7210.htm.
- Brasil. (2011). *Lei nº 12.433, de 17 de junho de 2011: Dispõe sobre o Fundo Nacional de Segurança Pública e dá outras providências*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12433.htm.
- Brito, D. (2022). A EJA nas prisões: da ressocialização à conquista de direitos e de cidadania. *Monografia*. <http://ri.unina.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/119>.
- Bozick, R., Steele, J., Davis, L. et al. (2018). Does providing inmates with education improve postrelease outcomes? A meta-analysis of correctional education programs in the United States. *J Exp Criminol* 14, 389–428. <https://doi.org/10.1007/s11292-018-9334-6>.
- Carvalho, A. M. P. (2013). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. *Monografia*. Universidade de São Paulo. <https://repositorio.usp.br/item/003156981>.
- Cavalcante, C. B. Cinema na cela de aula: o uso de filmes no ensino de biologia para a eja prisional.2017, programa de pós-graduação em ensino de ciências. *Mestrado profissional em ensino de ciências*. Universidade de Brasília. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9143>.
- Crispim, J., Vaz, M., Pereira, K., da Silva, J., Duarte, V., Sanches, N., Mantovani, H., Teresinha dos Santos, M., Peluzio, L., Karla dos Santos, J., & de Paula, S. (2020). Teaching-learning: a mutual exchange between high school and graduate students in the field of microbiology. *FEMS microbiology letters*. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa199>.
- Di Pierro, M. C., Joia, O., & RIBEIRO, V. (2001). Visões da educação de jovens e adultos no Brasil. *Cadernos Cedes*, 21, 58-77.
- Ellison, M., Szifris, K., Horan, R., & Fox, C. (2017). A Rapid Evidence Assessment of the effectiveness of prison education in reducing recidivism and increasing employment. *Probation Journal*, 64, 108 - 128. <https://doi.org/10.1177/0264550517699290>.

- Freire, P. (1970). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.
- Honorato, H. (2022). Youth and Adult Education in The Prison Context: Challenges, Limits, and Possibilities of a Brazilian Elementary School. *International Journal on Social and Education Sciences*. <https://doi.org/10.46328/ijonses.327>.
- Mancini, K. C. (2022). O MUNDO MICROSCÓPICO EM SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS. *Arco Editores*. <https://doi.org/10.48209/978-65-89949-74-9>.
- Mendes, A. B. (2025). Um olhar para o invisível: projeto interdisciplinar para educação ambiental e ensino sobre sambaquis no sistema prisional. *Ambiente & Educação: Revista De Educação Ambiental*, 29(3), 1–21. <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v29i3.18535>.
- Moccelini, S. K., & Sete, D. G. (2021). Desenvolvimento de jogos didáticos para o ensino de química: uma experiência das oficinas de práticas pedagógicas. *Revista Prática Docente*, v.6, n.2, e063, <http://doi.org/10.23926/RPD.2021.v6.n2.e063.id1141>.
- Moraes, J. J., & dos Santos, B. F. (2021). Ensinando Química em uma escola prisional por meio de uma sequência didática sobre ácidos e bases. *Revista Saberes: Ciências Biológicas, Exatas e Humanas*, 1(1), 95-112.
- Moresco, T. R., M. S. C., Klein, V., Lima, A. L., Barbosa, N. V., & Rocha, J.B. (2017). Ensino de microbiologia experimental para Educação Básica no contexto da formação continuada. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 16, Nº 3*, 435-457.
- Piché, J. (2021). Barriers to Knowing Inside: Education in Prisons and Education on Prisons. *Journal of Prisoners on Prisons*, 17(1), 4-17.
- Pompoco, A., Wooldredge, J., Lugo, M., Sullivan, C., & Latessa, E. J. (2017). Reducing inmate misconduct and prison returns with facility education programs. *Criminology & Public Policy*, 16(2), 515-547.
- Queiroz, F. (2023). O USO DA SMART TV EM AULAS DE CIÊNCIAS NAS ESCOLAS EM PRISÕES. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(7), 1534-1540.
- Sheldrake, R., Mujtaba, T., & Reiss, M. (2017). Science teaching and students' attitudes and aspirations: The importance of conveying the applications and relevance of science. *International Journal of Educational Research*, 85, 167-183. <https://doi.org/10.1016/J.IJER.2017.08.002>.
- Silva, E. L. & Bejarano, N. R. R. (2013). As tendências das sequências didáticas de ensino desenvolvidas por professores em formação nas disciplinas de estágio supervisionado das Universidades Federal de Sergipe e Federal da Bahia. In: *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, p. 942- 1948, Girona.
- Souza, T. Z. Trajetória histórica da Educação de Jovens e Adultos no Brasil: encontros e desencontros com a educação popular. (2021). *Cadernos CIMEAC*, 11(2), 32-62. <https://doi.org/10.18554/cimeac.v11i2.3044>.
- Timmis, K., Cavicchioli, R., García, J., Nogales, B., Chavarría, M., Stein, L., McGenity, T., Webster, N., Singh, B., Handelsman, J., Lorenzo, V., Pruzzo, C., Timmis, J., Martín, J., Verstraete, W., Jetten, M., Danchin, A., Huang, W., Gilbert, J., Lal, R., Santos, H., Lee, S., Sessitsch, A., Bonfante, P., Gram, L., Lin, R., Ron, E., Karahan, Z., Meer, J., Artunkal, S., Jahn, D., & Harper, L. (2019). The urgent need for microbiology literacy in society. *Environmental microbiology*, 21 5, 1513-1528. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14611>.
- Timmis, K., Timmis, J., & Jebok, F. (2020). The urgent need for microbiology literacy in society: children as educators. *Microbial Biotechnology*, 13, 1300 - 1303. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13619>.
- Zemba-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93, 687-719. <https://doi.org/10.1002/SCE.20325>.

GANHOS DE APRENDIZAGEM DE GRADUANDOS EM QUÍMICA RESULTANTES DO ENSINO POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS

LEARNING GAINS OF UNDERGRADUATE CHEMISTRY STUDENTS RESULTING FROM TEACHING THROUGH INTERRUPTED CASE STUDIES

GANANCIAS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE QUÍMICA COMO RESULTADO DE LA ENSEÑANZA MEDIANTE ESTUDIOS DE CASOS INTERRUMPIDOS

Salete Linhares Queiroz & Ricardo Matos

Universidade de São Paulo, Brasil
salete@iqsc.usp.br

RESUMO | A acrilamida é um composto químico que se forma em alimentos ricos em amido, por meio da reação de Maillard. Em 1994, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) designou-a como um potencial carcinogênico humano e, desde então, a redução dos níveis de acrilamida é alvo de iniciativas regulatórias. Este trabalho relata uma prática educativa voltada à construção de conhecimentos sobre a acrilamida em alimentos, baseada na aplicação de Estudos de Caso Interrompidos (ECI) e resolução por graduandos em química. Os estudantes solucionaram os ECI a partir de sugestões plausíveis de estratégias de mitigação da acrilamida e as suas percepções sobre a prática educativa foram favoráveis, evidenciando o desenvolvimento de habilidades, com destaque para o trabalho em grupo. Embora o cenário descrito esteja restrito à química de alimentos, o leque de possibilidades para aplicação dos ECI é vasto, podendo abarcar práticas educativas em outros ramos da química.

PALAVRAS-CHAVE: Questões sociocientíficas, Segurança Alimentar, Educação Científica, Aprendizagem Baseada em Problemas.

ABSTRACT | Acrylamide is a chemical compound that forms in starchy foods through the Maillard reaction. In 1994, the International Agency for Research on Cancer (IARC) designated it as a potential human carcinogen, and since then, reducing acrylamide levels has been target of regulatory initiatives. This paper reports on an educational practice aimed at building knowledge about acrylamide in food, based on the application of Interrupted Case Studies (ICS) and resolution by undergraduate chemistry students. The students solved the ECIs based on plausible suggestions for acrylamide mitigation strategies, and their perceptions of the educational practice were favorable, demonstrating the development of skills, with an emphasis on group work. Although the scenario described is restricted to food chemistry, the range of possibilities for applying ECIs is vast and can encompass educational practices in other branches of chemistry.

KEYWORDS: Socioscientific Issues, Food Safety, Science Education, Problem-Based Learning.

RESUMEN | La acrilamida es un compuesto químico que se forma en alimentos ricos en almidón, mediante la reacción de Maillard. En 1994, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer la designó como un posible carcinógeno humano y, desde entonces, la reducción de los niveles de acrilamida es objeto de iniciativas reguladoras. Este trabajo describe una práctica educativa orientada a la construcción de conocimientos sobre la acrilamida en los alimentos, basada en la aplicación de Estudios de Casos Interrumpidos (ECI) y su resolución por parte de estudiantes de química. Los estudiantes resolvieron los ECI a partir de sugerencias plausibles de estrategias de mitigación de la acrilamida y sus percepciones sobre la práctica educativa fueron favorables, lo que puso de manifiesto el desarrollo de habilidades, con especial énfasis en el trabajo en grupo. Aunque el escenario descrito se limita a la química de los alimentos, el abanico de posibilidades de aplicación de los ECI es amplio y puede abarcar prácticas educativas en otras ramas de la química.

PALABRAS CLAVE: Cuestiones sociocientíficas, Seguridad Alimentaria, Educación Científica, Aprendizaje Basado en Problemas.

1. INTRODUÇÃO

A acrilamida é um composto químico formado em alimentos ricos em amido quando submetidos a altas temperaturas, por meio da reação de Maillard, na qual o aminoácido asparagina reage com açúcares redutores, como glicose e frutose (Araújo, 2019). A *European Food Safety Authority* (EFSA), em 2015, identificou concentrações mais elevadas de acrilamida em produtos como batatas fritas, biscoitos, pães torrados e café torrado, sendo estes os principais alimentos que contribuem para a exposição dietética média, estimada entre 0,4 e 1,9 µg/kg de peso corporal por dia. Embora os resultados epidemiológicos em humanos sejam, até o momento inconclusivos, resultados de pesquisas confirmam que, em animais, a acrilamida e seu metabólito genotóxico, o glicidamida, podem causar danos ao DNA, neurotoxicidade e efeitos reprodutivos, o que levou agências como a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) e a *Food and Drug Administration* (FDA) a classificá-la como “provavelmente carcinogênica ao homem” (Grupo 2A) (FDA, 2016).

Agências regulatórias, como a IARC e a FDA, sugerem estratégias para reduzir a formação de acrilamida durante o preparo de alimentos. Tais estratégias envolvem controle de tempo e temperatura de cocção, seleção adequada de matérias-primas e pré-tratamentos, como imersão ou branqueamento de batatas. Estudos demonstram que fritar alimentos cortados até um tom dourado claro, em vez de deixar escurecer, reduz significativamente os níveis do contaminante; armazenar batatas em temperatura ambiente, em local escuro, evita o acúmulo de açúcares redutores que potencializam a formação de acrilamida durante o cozimento (EFSA, 2015; FDA, 2016).

Outras estratégias de mitigação envolvem intervenções enzimáticas e inovações no processamento alimentar. A adição de asparaginase antes do cozimento converte a asparagina em ácido aspártico, bloqueando a participação desse aminoácido na reação formadora de acrilamida, com eficácia comprovada em produtos como batatas fritas e pães, sem alterar sabor ou textura (Jana, et al., 2025). A fermentação com bactérias ácido-láticas, como *Lactobacillus plantarum* ou *Streptococcus lutetiensis*, pode reduzir os níveis de acrilamida em 30–70 % ao longo do processo fermentativo, além de melhorar propriedades sensoriais em pães e similares (Jia, et al., 2021). Técnicas como revestimentos com hidrocolóides, atmosfera inerte de cozimento ou fritura a ar/vácuo também têm demonstrado reduções substanciais (48 – 98 %) na formação de acrilamida, sendo opções viáveis que visam unir segurança alimentar e qualidade nutricional (Jana, et al., 2025).

Frente ao exposto, tornam-se essenciais práticas educativas que promovam a compreensão crítica e aplicada da reação de Maillard e seus desdobramentos, a partir da articulação de conteúdos de química dos alimentos a contextos reais e socialmente relevantes, ampliando a capacidade dos estudantes de compreender, analisar e propor soluções fundamentadas para problemas complexos. Com base nessa perspectiva, o presente manuscrito tem como objetivo relatar e analisar uma prática educativa, voltada à promoção de ganhos de aprendizagem sobre o assunto, com a construção de conhecimentos conceituais e o desenvolvimento de habilidades valorizadas na formação do profissional da química, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (Brasil, 2001), a saber: trabalho em grupo, resolução de problemas, comunicação científica e compreensão sobre a construção do conhecimento científico. Para tanto, três Estudos de Caso Interrompidos (ECI)

(Herreid, 2005) sobre os mecanismos de formação e as abordagens de controle desse contaminante foram aplicados em um curso de Bacharelado em Química.

No tópico, a seguir, são apresentados os fundamentos da construção e aplicação de ECI e discutida a potencialidade do seu uso no ensino de química. Espera-se, assim, que este relato inspire a adoção dessa modalidade de estudo de caso em ambientes de ensino, contribuindo para uma formação interdisciplinar, alinhada às demandas contemporâneas de uma educação voltada à cidadania.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

O método de estudo de caso é uma variação da Aprendizagem Baseada em Problemas (em língua inglesa, *Problem Based Learning*), cujas origens remontam à McMaster University School of Medicine, no Canadá, na década de 1960 (Sá, et al., 2007). O método coloca os estudantes em contato com casos, que são narrativas que expressam situações vivenciadas por pessoas e exigem a mobilização de conhecimentos para o alcance de soluções, promovendo uma aprendizagem mais ativa e integrada. A sua difusão ocorreu para vários campos do conhecimento, sendo atualmente empregado em distintos níveis e modalidades de ensino. No ensino de química, em particular, observa-se um crescimento expressivo do seu uso, especialmente no nível superior, contemplando componentes curriculares, como química geral, analítica, orgânica e ambiental (Bernardi & Pazinato, 2022).

De particular interesse para o desenvolvimento deste trabalho são os casos denominados de “interrompidos”, ECI. A sua elaboração inicia-se com a seleção de textos originais de pesquisa que fornecem dados (gráficos, tabelas etc.) para a construção da narrativa do ECI, garantindo que se baseie em informações bem fundamentadas. Estes dados são inseridos progressivamente em um contexto que inclui personagens e situações relacionadas ao problema em foco no ECI, de modo a contemplar a abordagem de etapas usualmente levadas a cabo em uma pesquisa científica, desde a identificação do problema até a análise de resultados (Herreid, 2005).

O ECI, como um todo, é estruturado em um número variável de partes, de acordo com a quantidade de dados que se pretende explorar e do nível de aprofundamento desejado, sendo cada uma delas composta pela própria narrativa e perguntas, que a sucedem, com o propósito de instigar o leitor a adotar uma postura investigativa (Cunha, et al., 2025).

A aplicação dos ECI ocorre de maneira progressiva, de acordo com Herreid (2005): inicialmente, o professor apresenta aos estudantes um problema de pesquisa real, instigando-os a formular hipóteses e propor soluções em grupos. Em seguida, novas informações são disponibilizadas em etapas, favorecendo a revisão crítica das interpretações anteriores e o refinamento das propostas. Esse processo é reiterado até o momento em que a solução original dos pesquisadores é apresentada, permitindo comparação com as alternativas elaboradas pelos estudantes e simula o processo investigativo da ciência. Dessa forma os alunos são desafiados a analisar dados de forma crítica, a reconstruir suas hipóteses diante de novas evidências e a engajar-se ativamente na resolução de problemas.

A literatura recente destaca que a resolução de ECI é propícia para favorecer dimensões da aprendizagem em ciências. No campo da argumentação, Lima e Queiroz (2024) demonstram que os estudantes, ao resolverem ECI, recorrem à mobilização de evidências empíricas e

conceituais na sustentação de suas respostas. Em relação ao desenvolvimento do pensamento crítico, Hall e Starzec (2024) apontam que os ECI favorecem o engajamento dos estudantes e estimulam a avaliação criteriosa de informações e a ponderação de alternativas. De modo convergente, Hibbard (2019) destaca que os ECI acentuam as habilidades analíticas de alta ordem dos estudantes.

Na prática educativa aqui relatada, os três ECI solucionados pelos graduandos abordam a temática da acrilamida em alimentos, são compostos de quatro partes e denominados de: Batata Quente...Quente...Quente, Expresso Curioso e Promoção no Forno. Pesquisas reportadas em textos originais de pesquisa que investigam a quantificação da acrilamida e estratégias de mitigação em alimentos inspiraram a produção de cada um deles. O trabalho de Viklund, et al. (2010) forneceu elementos para a elaboração do primeiro caso, referente às batatas, o de Gottschalk, et al. (2018) para o segundo caso, referente ao café, e o de Capuano, et al. (2009), para o terceiro caso, referente a pães torrados.

O ECI “Batata Quente...Quente...Quente” insere o estudante em um contexto cotidiano. A narrativa descreve um estudante de química (Fábio), que, durante um almoço familiar, levanta a questão da presença de acrilamida em batatas fritas de uma rede de fast-food (Emecê Donais). Motivados pelos questionamentos da família, o protagonista decide conduzir uma investigação para determinar o teor da acrilamida no alimento e explorar métodos para sua mitigação. De forma similar, o ECI Expresso Curioso utiliza um cenário familiar para graduandos. Dois estudantes de química, consumidores regulares de café, questionam a quantidade de acrilamida presente na bebida. A partir dessa curiosidade, eles se propõem a quantificá-la nos grãos de café de uma marca popular e desenvolver propostas para sua redução. Por fim, o ECI Promoção no Forno contextualiza o problema em um ambiente profissional. Uma estagiária de química em uma empresa de panificação busca uma oportunidade de efetivação. Ela propõe um projeto para desenvolver um produto com menor teor de acrilamida. Essa iniciativa a leva a analisar a sua concentração nos produtos existentes e a idealizar novas estratégias de mitigação, unindo a segurança alimentar ao desenvolvimento de novos produtos.

Os ECI, na íntegra, com a apresentação da narrativa e perguntas referentes às quatro partes estão disponíveis, em língua portuguesa e inglesa, em <https://gpeqsc.iqsc.usp.br/estudos-de-caso-interrompidos/>.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

A prática educativa foi aplicada em componente curricular de comunicação científica, oferecido a estudantes do curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo. Em 2021, devido à pandemia de COVID-19, as aulas ocorreram de forma remota, utilizando as plataformas Google Meet para aulas síncronas e Tidia-ae para envio de materiais e atividades. O objetivo da disciplina consiste em aprimorar as habilidades de comunicação científica dos alunos e de leitura crítica de textos originais de pesquisa. Nessa perspectiva, as atividades didáticas, realizadas em turmas (doravante denominadas de Turma I e II), compostas por 27 e 28 alunos, respectivamente, ocorreram em duas etapas: na primeira, os estudantes leram e discutiram dissertações portuguesas que abordam a acrilamida em alimentos (Seródio, 2015; Jesus, 2016); na segunda, foram convidados

a solucionar os três ECI, mencionados anteriormente, sobre a mesma temática. Esta segunda parte é o alvo de atenção neste trabalho.

Os estudantes foram divididos em seis grupos de quatro a cinco membros na primeira aula, doravante, os grupos que solucionaram o caso Batata Quente...Quente...Quente, na Turma I passam a ser denominados de G1 e G2 e os da Turma II de G3 e G4. Para o caso Expresso Curioso os grupos da Turma I passam a ser denominados de G5 e G6 e os da Turma II de G7 e G8. Para o caso Promoção no Forno, os grupos da Turma I passam a ser denominados de G9 e G10 e os da Turma II de G11 e G12.

As atividades didáticas ocorreram em quatro aulas, com duração aproximada de duas horas, cada uma relacionada a uma parte do caso. Nas aulas, cada parte do ECI foi trabalhado em duas sessões: na primeira, a professora apresentou a narrativa; na segunda, os alunos discutiram questionamentos relacionados ao caso. Após a interação em sala, os grupos respondiam as perguntas que sucediam a narrativa e depositavam suas respostas por escrito na plataforma Tidia-ae. A seguir, é descrito o procedimento realizado nas aulas para o ECI “Batata Quente...Quente...Quente”, que foi o mesmo adotado para os demais casos:

Aula 1: Leitura da parte I do ECI (Porção Perigosa), com introdução dos estudantes à narrativa, na qual Fábio contata a empresa Emecê Donais para obter informações sobre os tipos de batatas comercializados. A partir dos dados de variedades, tempos e temperaturas de armazenamento das batatas, que foram fornecidos a ele pela empresa, e constam no ECI, os estudantes discutiram o assunto em sala e foram convidados a responder as três perguntas ilustradas na Tabela 1.

Aula 2: Leitura da parte II do ECI (Passando a Batata), com apresentação aos estudantes de um segundo trecho da narrativa, no qual Fábio estabelece uma parceria com a Emecê Donais, de forma a auxiliá-la no desenvolvimento de uma metodologia de mitigação da acrilamida. Para isso, a empresa fornece amostras de batatas submetidas a diferentes formas de armazenamento, que são analisadas no que diz respeito aos teores de acrilamida. Após discussão dos dados, os alunos responderam as duas perguntas ilustradas na Tabela 1.

Aula 3: Antes da leitura da parte III do ECI (Lavando as Batatas), a professora conduziu um debate entre grupos, no qual foram discutidas as estratégias de mitigação da acrilamida estudadas na parte II. A parte III apresentou os resultados do branqueamento (choque térmico) como estratégia adotada por Fábio, destacando a função da técnica na inativação de enzimas que favorecem o escurecimento enzimático e na redução de açúcares redutores, precursores da reação de Maillard. Em seguida, os alunos responderam a uma pergunta ilustrada na Tabela 1.

Aula 4: Leitura da parte IV do ECI (Batatinha Frita 1, 2, 3!!), quando foram apresentados os resultados experimentais após a aplicação do branqueamento, mencionado na parte III, em diferentes tipos de batatas e períodos de armazenamento, incluindo comparações com os níveis de referência estabelecidos pela EFSA. Os estudantes foram então solicitados a responder três questões, que contam na Tabela 1, e, como tarefa extraclasse, elaboraram um quadro-síntese que sumarizasse todas as ações e resultados obtidos no ECI.

Tabela 1- Perguntas apresentadas aos estudantes em cada aula

Aula	Perguntas
1	1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes? Quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso? 2. Baseados na narrativa, proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. 3. Baseados na narrativa, construam hipóteses sobre as possíveis respostas para a questão de pesquisa formulada pelo grupo
2	1. Como os dados obtidos por Fábio auxiliam o grupo a responder as questões formuladas na etapa anterior? As hipóteses construídas na aula anterior podem ser corroboradas ou refutadas com os novos dados? 2. Estabeleçam relações entre os dados apresentados até o momento e, em seguida, elaborem afirmações que possam ser fornecidas aos personagens do caso, de modo a esclarecê-los sobre a qualidade das batatas fritas da Emecê Donais. Quanto maior o número de afirmações, com as devidas justificativas, mais satisfatória será a resposta do grupo.
3	1. A partir do debate ocorrido: a) Quais relações (similaridades, diferenças, curiosidades etc.) são possíveis de estabelecer entre a proposta de Fábio e aquela adotada pelo grupo de vocês para mitigação da acrilamida nas batatas fritas do Emecê Donais? b) Quais critérios foram utilizados por ele que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar o procedimento proposto frente ao que foi discutido no debate? Argumentem a favor das respostas.
4	1. Estabeleçam relações entre os dados apresentados na Figura 1 e, em seguida, elaborem afirmações que possam ser fornecidas a Fábio, de modo a ajudá-lo no seu propósito, mencionado na parte II do caso. Quanto maior o número de afirmações e recomendações, com as devidas justificativas, mais satisfatória será a resposta do grupo. 2. Comparem os valores de concentração da acrilamida obtidos por Fábio, com as concentrações máximas permitidas na legislação e apresentem conclusões a respeito. 3. O que é possível afirmar com relação às tendências que vocês explicitaram no exercício da parte III para a análise da acrilamida após a realização do branqueamento? Justifiquem a resposta.

Em suma, na aplicação de todos os ECI, foram levadas a cabo ações similares, sucedidas por solicitação de apresentação de respostas a perguntas que, na Aula 1, visaram a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o problema em pauta, formulação de questão para investigação e levantamento de hipóteses, a partir da análise de dados preliminares

apresentados na narrativa. Na Aula 2, dados adicionais foram apresentados, com o propósito de ampliação da discussão e retomada das hipóteses elaboradas anteriormente, enquanto na Aula 3 foi promovido o debate e solicitação de respostas a perguntas que levassem à contraposição entre as conclusões do grupo e a do(a) protagonista do ECI. A Aula 4 caracterizou a finalização do processo, com possibilidade de comparação entre os dados finais obtidos no ECI e aqueles fornecidos pela legislação, no que tange aos níveis de referência para a presença de acrilamida nos gêneros alimentícios estudados.

Ao final da resolução das quatro partes do ECI, os estudantes responderam, de forma anônima, a um questionário estruturado contendo oito afirmações sobre as suas percepções a respeito da prática educativa.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

A avaliação da implementação da prática educativa considerou: as respostas fornecidas pelos grupos aos quadros-síntese (construídos na parte IV, como tarefa extraclasse), totalizando 12 quadros, correspondente a cada um dos grupos; as respostas individuais ao questionário de percepções, mencionado no parágrafo anterior, respondidos por estudantes de ambas as turmas, presentes na ocasião da aplicação.

No que diz respeito ao questionário (Escala Likert de 5 pontos, com variação entre 1 = Concordo totalmente e 5 = Discordo totalmente), foi calculado o grau de concordância dos estudantes com base na frequência das respostas. Este pode ser expresso por meio de porcentagem, o que pode classificar os valores médios obtidos para cada afirmação em quatro grupos: grau de discordância forte, grau de discordância moderado, grau de concordância moderado e grau de concordância forte. Para isso, foi utilizada a Equação (1) que permitiu a obtenção de valores equivalentes do valor-médio (VM) em percentual, entendido como uma medida estatística que sintetiza as respostas e expressa a tendência central das opiniões dos estudantes em relação a cada afirmação.

$$\text{Grau de Concordância em \%} = (VC - 1) \times \frac{100}{(\text{Número de pontos da escala Likert}-1)} \quad (1)$$

4.1 Análise dos quadros-síntese

A análise das respostas presentes nos quadros-síntese elaborados pelos grupos, que sistematizaram as estratégias de mitigação da acrilamida discutidas em cada ECI, possibilitaram identificar tanto os conhecimentos químicos mobilizados quanto as justificativas apresentadas pelos estudantes para a escolha de cada estratégia. A seguir, são apresentados resultados de cada caso, destacando as soluções propostas e a forma como os grupos sustentaram suas decisões no enfrentamento do problema.

No caso Batata Quente...Quente...Quente, G1 a G4 propuseram quatro estratégias de mitigação da acrilamida em batatas fritas, sucintamente descritas na Tabela 2.

G1 a G4 reconheceram a eficácia do branqueamento, enquanto outras estratégias, como imersão em ácido acético ou cátions bivalentes, foram apresentadas como podendo ser utilizados

isoladamente ou em combinação para potencializar a redução da acrilamida. G1 opta pelo uso de ácido acético, enquanto os outros grupos se concentram no branqueamento e em outras técnicas. Além disso, G1 enfatiza a necessidade de conscientização da população sobre os malefícios do consumo de alimentos fritos e industrializados como parte da solução.

Tabela 2- Estratégias de mitigação da acrilamida apresentadas por G1 a G4

Grupo (Turma)	Descrição da estratégia
G1 (Turma I)	Imersão das batatas em ácido acético: consiste em mergulhar as batatas em ácido acético antes da fritura, reduzindo o pH e, consequentemente, a formação de acrilamida. A estratégia é simples, de baixo custo e acessível.
G2 (Turma I) e G3 (Turma II)	Branqueamento: envolve um choque térmico, com imersão das batatas em água quente seguida de água gelada, inativando enzimas que favorecem o escurecimento enzimático e reduzindo açúcares redutores. Essa estratégia é eficaz e de fácil execução, mas, isoladamente, pode não atingir os níveis de acrilamida recomendados por órgãos regulatórios.
G3 (Turma II)	Imersão das batatas em cátions bivalentes: utiliza sais, como cloreto de cálcio, que interagem com a batata para reduzir a formação de acrilamida.
G4 (Turma II)	Armazenamento aliado ao branqueamento: envolve a manutenção de condições adequadas de armazenamento das batatas, combinada ao processo de branqueamento, como estratégia para reduzir a formação de acrilamida. Essa abordagem reforça o papel central do branqueamento na mitigação da substância, destacando a importância do controle prévio da matéria-prima.

A Tabela 2 também indica que, no caso do G3, a imersão em cátions bivalentes foi combinada com o branqueamento, potencializando a redução da substância. O grupo também enfatizou a importância de escolher batatas com baixo teor de asparagina.

As estratégias apresentadas por G1 a G4 revelam clara adequação conceitual, uma vez que se apoiam em mecanismos químicos reconhecidos — como a redução de precursores da acrilamida pela remoção ou modificação de compostos reativos — e dialogam diretamente com as soluções discutidas no artigo de referência, demonstrando coerência entre a fundamentação teórica e a aplicação prática proposta pelos estudantes.

No caso Expresso Curioso, G5 a G8 propuseram duas estratégias de mitigação da acrilamida no café, sucintamente descritas na Tabela 3.

Considerando a Tabela 3, no que diz respeito ao G5, este destacou a eficácia, disponibilidade e baixo risco ambiental da enzima, enquanto G7 descreveu detalhadamente o processo de aplicação: abertura dos poros dos grãos do café com vapor, adição da enzima e água deionizada, incubação, secagem, moagem e extração. Ambos reconheceram o alto custo da técnica, especialmente para pequenas empresas. G8 combinou o uso da asparaginase com o descascamento dos grãos verdes do café durante a colheita, estratégia que consiste em remover

a casca externa dos grãos antes da torra, facilitando a redução de acrilamida e aumentando a viabilidade econômica e a valorização da safra.

Tabela 3 - Estratégias de mitigação da acrilamida apresentadas por G5 a G8

Grupo (Turma)	Descrição da estratégia
G5 (Turma I), G7 e G8 (Turma II)	Uso da enzima asparaginase: envolve a conversão da asparagina, precursor da acrilamida, em compostos inofensivos, reduzindo significativamente a formação da substância sem alterar o perfil sensorial do café.
G6 (Turma I)	Torra a vácuo: envolve a torrefação dos grãos em ambiente de baixa pressão, controlando melhor a temperatura e o tempo, o que reduz a formação de acrilamida pela reação de Maillard.

Com relação à torra a vácuo, G6 recomendou usar grãos do café maduros e descascados, destacando que temperaturas elevadas podem degradar a acrilamida e que a técnica não altera significativamente as características organolépticas do café. O grupo optou por não utilizar a asparaginase para evitar alterações sensoriais e aumento de asparagina em grãos imaturos.

Em síntese, os grupos apresentaram três abordagens principais: aplicação da asparaginase isoladamente (G5 e G7), torra a vácuo (G6) e combinação da asparaginase com descascamento dos grãos verdes (G8). A escolha da estratégia envolveu critérios de eficácia, preservação sensorial e viabilidade econômica, destacando que a mitigação da acrilamida pode ser alcançada por diferentes caminhos, isolados ou combinados. Novamente, observou-se uma adequação conceitual nas escolhas, pois cada estratégia demonstra coerência com os mecanismos conhecidos de formação e degradação da acrilamida.

No caso Promoção no Forno, G9 a G12 propuseram quatro estratégias de mitigação da acrilamida nos pães torrados, sucintamente descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Estratégias de mitigação da acrilamida apresentadas por G5 a G8

Grupo (Turma)	Descrição da estratégia
G9 (Turma I)	Acidificação com ácido tartárico e extrato de café: consiste em adicionar ácido tartárico às massas, reduzindo o pH e, conseqüentemente, a formação de acrilamida durante o cozimento.
G10 (Turma I)	Substituição parcial da farinha associada à asparaginase: envolve a conversão da asparagina, precursor da acrilamida, em compostos inofensivos, reduzindo a acrilamida. A substituição da farinha visa ajustar a composição da massa, contribuindo para a mitigação da substância.
G11 (Turma II)	Uso de ácido sórbico: consiste no uso como conservante, oferecendo uma alternativa de baixo custo que aumenta a vida útil do produto, embora seu efeito direto na acrilamida seja secundário.
G12 (Turma II)	Associação da asparaginase a diferentes tipos de fermento: consiste na combinação da aplicação da enzima com a escolha adequada do fermento durante a fermentação e a cocção, reduzindo a acrilamida de forma eficaz.

G9 a G12 convergem na ideia de que a redução do pH é uma estratégia relevante para mitigar a formação de acrilamida, embora proponham diferentes ácidos (tartárico, não especificado, sórbico) e combinem a abordagem com outras hipóteses. G9 destaca o uso da asparaginase e a influência do tempo/temperatura, enquanto G10 sugere a glicina e a substituição de farinhas; G11 também considera a asparaginase, mas enfatiza a substituição da asparagina por glicina, diferenciando-se dos demais; já G12 apresenta a proposta mais abrangente, incluindo variações nos tipos de fermentos e farinhas, além de considerar o tempo de fermentação como um fator determinante, ampliando as hipóteses em relação aos outros grupos.

De modo geral, evidenciou-se uma adequação conceitual nas escolhas apresentadas, uma vez que as estratégias propostas se alinham a mecanismos já consolidados no entendimento da formação da acrilamida: a redução do pH interfere na reação de Maillard, tornando-a menos favorável; a utilização da asparaginase ou da glicina atua diretamente sobre o principal precursor da acrilamida, a asparagina, bloqueando ou desviando a via reacional; e a substituição de matérias-primas, como farinhas e fermentos, reflete a compreensão de que a composição do alimento exerce papel determinante na intensidade da reação. Assim, as hipóteses formuladas não apenas dialogam com a literatura científica da área, mas também demonstram coerência conceitual ao propor intervenções plausíveis e fundamentadas no processo químico envolvido.

4.2 Análise do questionário de percepção dos estudantes sobre a prática educativa

A análise do questionário de percepção traz novas contribuições à avaliação da implementação da prática educativa. A Figura 1 ilustra o grau de concordância dos estudantes (Turma I e Turma II) referente às afirmativas nele presentes. Este foi preenchido por 50 alunos, sendo 25 em cada turma, 91% dos alunos matriculados. A discussão dos resultados, quanto à

contribuição da prática educativa, é realizada em cinco perspectivas: aquisição de conhecimentos científicos; trabalho em grupo; resolução de problemas; comunicação científica; e compreensão sobre a construção do conhecimento científico.

As afirmativas relacionadas à aquisição de conhecimentos científicos se relacionam, mais especificamente, ao entendimento de conceitos da área de química dos alimentos, ao conhecimento de técnicas analíticas instrumentais, e ao desenvolvimento de habilidades de interpretação de representações visuais em textos científicos, como gráficos, tabelas e fotografias. Conforme ilustra a Figura 1, mais de 80% dos estudantes de ambas as turmas concordaram que a prática educativa facilitou o entendimento de conceitos relacionados à química de alimentos, corroborando estudos anteriores que utilizaram ECI em diferentes contextos (Gottschalk; Starzec, 2024; Matos, et al., 2024). Entretanto, o índice de concordância foi menor (75%) em relação ao domínio de técnicas analíticas, como a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS), o que não é surpreendente, dada a complexidade das mesmas. Quanto à habilidade de interpretação de representações visuais em textos científicos, observou-se um elevado grau de concordância (86-92%), resultado que reforça a importância de atividades didáticas que desenvolvam o letramento gráfico no ensino de ciências (Lima, et al., 2025), aqui entendido como um conhecimento que permite aos estudantes lidar com distintos modos de comunicação visual (Roth, 2002) que permeiam este ensino.



Figura 1 Grau de concordância referente às afirmativas presentes no questionário de percepção dos estudantes da Turma I e Turma II sobre a prática educativa. Fonte: Própria Autoria.

No que se refere ao desenvolvimento da habilidade de trabalho em grupo, esta afirmativa apresentou os maiores índices concordância: acima de 90% na Turma I e 89% na Turma II. Este resultado reflete o caráter colaborativo da atividade, realizada integralmente no formato de grupo, sendo uma característica marcante na resolução de ECI (Herreid, 2005).

O desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas, no entanto, foi reconhecido por uma parcela menor dos estudantes, com índices inferiores a 85% em ambas as turmas. Esse resultado corrobora achados que indicam que a concordância com essa afirmação não supera 81% em uma das turmas analisadas (Cunha, et al., 2025).

As afirmativas relacionadas à comunicação científica se relacionam, mais especificamente, ao desenvolvimento da habilidade de argumentação em linguagem científica e busca de informações em bases de dados científicas. Em relação à argumentação, observou-se um índice de concordância menor, especialmente na Turma I (inferior a 80%), ainda que a resolução dos ECI exigisse formulação e defesa de ideias ao longo de praticamente todas as quatro aulas. Tal percepção sugere a necessidade de explicitar aos estudantes o papel central da argumentação na atividade, especialmente durante o momento de debate e apresentação de soluções. No que se refere à habilidade de busca por informações científicas, a concordância foi de 81% e 89% nas Turmas I e II, respectivamente, sugerindo que as solicitações específicas de pesquisa em bases de dados e análise de textos científicos favoreceram o seu aprimoramento. Estes resultados reforçam o papel dos ECI na promoção da autonomia investigativa, conforme apontado por Herreid (2005).

A afirmativa relacionada à compreensão sobre a construção do conhecimento científico, ou seja, sobre as etapas de uma pesquisa científica, obteve concordância por parte de 78% dos estudantes da Turma I e 83% da Turma II. Apesar dos índices mais modestos em relação às demais habilidades, essa concordância é expressiva, considerando a escassez de práticas educativas que permitam vivência potencialmente capaz de promover tal entendimento em ambiente de ensino de química (Veloso, et al., 2020).

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Este estudo investigou as contribuições da aplicação de ECI para a construção de conhecimentos sobre a acrilamida em alimentos, por parte de graduandos em química. Os resultados mostraram a capacidade dos estudantes de analisar problemas, propor estratégias e construir soluções a respeito do assunto. No que se refere aos conteúdos químicos, foi observado que a resolução dos ECI levou a ganhos de aprendizagem, principalmente, em torno de dois eixos fundamentais: transformações químicas, cujos ganhos ficaram evidenciados pela compreensão sobre a formação e mitigação da acrilamida; materiais e suas propriedades, cujos ganhos ficaram evidenciados a partir do estabelecimento de relações e entendimento de propriedades e características de insumos como farinhas, aminoácidos e açúcares.

A análise das percepções dos estudantes sobre a prática educativa revelou a sua boa receptividade, assim como o favorecimento de desenvolvimento de habilidades fundamentais para o profissional da química. O compartilhamento de tais percepções, juntamente à constatação dos referidos ganhos de aprendizagem, estimulam e corroboram a continuidade de ações voltadas para a incorporação de ECI em contextos educacionais no ensino de química.

Cabe destacar o caráter inovador da prática educativa, sendo a aplicação de ECI ainda escassamente reportada na literatura (Bernardi & Pazinato, 2022), assim como as limitações a ela associadas, dentre as quais destaca-se o processo de produção dos ECI, que pode ser dificultado quando a temática abordada não é amplamente contemplada em textos originais de pesquisa, os quais inspiram a sua elaboração.

Embora o cenário descrito neste trabalho esteja restrito à química de alimentos, o leque de possibilidades para aplicação dos ECI é vasto, podendo abarcar práticas educativas em outros ramos da química, como química de materiais e química ambiental, na busca de um aprendizado mais dinâmico, crítico e conectado à realidade dos estudantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (Processo 300448/2025-2).

REFERÊNCIAS

- Araújo, J. M. A. (2019). *Química de alimentos: Teoria e prática* (7ª ed.). Editora UFV.
- Bernardi, F. M., & Pazinato, M. S. (2022). The case study method in chemistry teaching: A systematic review. *Journal of Chemical Education*, 99(3), 1211-1219. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00733>
- Brasil. Ministério da Educação. (2001). *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (CNE/CES nº 1.303/2001)*. MEC.
- Capuano, E., Oliviero, T., Fogliano, V., & Pellegrino, L. (2009). Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. *Food Research International*, 42(9), 1295–1302. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.018>
- Cunha, P. L. R., Almondes, R. R. S., & Queiroz, S. L. (2025). Estudos de caso interrompidos: Produção e aplicação no ensino superior de química. *Química Nova*, 48, e-202502045. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20250204>
- European Food Safety Authority. (2015). Scientific opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13(6), 4104. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- Food and Drug Administration. (2016). *Orientação para a indústria: Acrilamida em alimentos*. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-acrylamide-foods>
- Gottschalk, L. M. F., Tavares, D. Q., Abreu, C. M. P., & Ferreira, J. B. (2018). Uso da enzima asparaginase no processamento do café arábica e robusta para redução de formação de acrilamida. In *44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, Franca. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11807>
- Hall, K., & Starzec, K. (2024). Using an interrupted case study to engage undergraduates' critical thinking style and enhance content knowledge. *Journal on Empowering Teaching Excellence*, 8(1), 46-62. <https://doi.org/10.59620/2644-2132.1142>
- Herreid, C. F. (2005). The interrupted case method. *Journal of College Science Teaching*, 35(2), 4–5.
- Hibbard, L. (2019). Case studies for general chemistry: teaching with a newsworthy story. *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2528-2531. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00420>
- Jana, A., Biswas, S., Ghosh, R., & Modak, R. (2025). Recent advances in L-asparaginase enzyme production and formulation development for acrylamide reduction during food processing. *Food Chemistry: X*, 25, 102055. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102055>

- Jesus, A. (2016). *Estratégias de redução e mitigação da acrilamida em produtos de panificação* [Dissertação de mestrado, Universidade do Porto]. https://run.unl.pt/bitstream/10362/71861/1/Jesus_2016.pdf.
- Jia, R., Wan, X., Geng, X., Xue, D., Xie, Z., & Chen, C. (2021). Microbial L-asparaginase for application in acrylamide mitigation from food: Current research status and future perspectives. *Microorganisms*, 9(8), 1659. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081659>
- Lima, M. S., & Queiroz, S. L. (2024). Examination of the epistemic status of propositions incorporated within arguments of undergraduate chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 467–473. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00832>
- Lima, M. S., Pozzer, L., & Queiroz, S. L. (2025). Evidence of graphical literacy in students' oral presentations: an example from undergraduate chemistry education. *Journal of Research in Science Teaching*, 62, 1319–1349. <https://doi.org/10.1002/tea.22001>
- Matos, R., Lima, M. S., Silva, G. B., & Queiroz, S. L. (2024) Teaching about chemistry related to food through the interrupted case study method. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 1361–1366. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00886>
- Roth, W. M. Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. *Journal of Curriculum Studies*, 34(1), 1-24, 2002. <https://doi.org/10.1080/00220270110068885>
- Sá, L. P., Francisco, C. A., & Queiroz, S. L. (2007). Estudos de caso em química. *Química Nova*, 30(3), 731–739. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300039>
- Seródio, P. (2015). *Acrilamida em bolachas: Ocorrência, análise e estratégias de mitigação* [Dissertação de mestrado, Universidade do Porto]. https://sigarra.up.pt/fpceup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=80383
- Veloso, G. L. F., Mendonça, P. C. C., & Mozzer, N. B. (2020). Compreensões sobre a natureza da ciência de uma licencianda em química a partir de suas reflexões sobre um estudo de caso histórico. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e25329. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172020210145>
- Viklund, G. L. I., Ahrné, L., Skog, K., & Sjöholm, I. (2010). Acrylamide in crisps: Effect of blanching studied on long-term stored potato clones. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(3), 194–198. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.07.009>

CASOS FORENSES COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA: FACILITANDO A APRENDIZAGEM DE GENÉTICA NO ENSINO MÉDIO

FORENSIC CASES AS A TEACHING STRATEGY: FACILITATING THE LEARNING OF GENETICS IN HIGH SCHOOL

CASOS FORENSES COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA: FACILITANDO EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

Marcos Vinicius Beserra & Regina Célia Pereira Marques

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil

reginamarques@uern.br

RESUMO | Este estudo relata a implementação de uma prática educativa inovadora no ensino de genética, voltada a alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública em Mossoró (RN). O objetivo central foi superar a dificuldade de compreensão da Segunda Lei de Mendel, promovendo o raciocínio probabilístico e o engajamento dos estudantes. Para tanto, foram elaborados casos forenses simulados, utilizados em atividades de modelagem com quadros de Punnett e resolução colaborativa em grupos. A prática foi antecedida por um questionário diagnóstico (pré-teste) e seguida por um pós-teste e coleta de dados atitudinais para avaliação de eficácia. Os dados de aprendizado conceitual foram analisados por meio do Teste Exato de Fisher (software RStudio v. 4.3) devido ao tamanho amostral reduzido (N=10 no pós-teste) e à natureza dos dados categóricos. Os resultados evidenciaram avanços pontuais na compreensão conceitual e forte aceitação da proposta, destacada pelos alunos como motivadora e imersiva. A intervenção demonstra que a abordagem, baseada em investigação e colaboração, é um recurso didático promissor e de baixo custo, capaz de enriquecer o ensino de genética e inspirar a criação de novas práticas pedagógicas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de genética, Aprendizagem ativa, Casos forenses, Modelagem conceitual, Cooperação.

ABSTRACT | This study reports on the implementation of an innovative educational practice in genetics teaching, aimed at 3rd-year high school students at a public school in Mossoró (RN), Brazil. The central objective was to overcome the difficulty in understanding Mendel's Second Law, promoting probabilistic reasoning and student engagement. To this end, simulated forensic cases were developed and used in modeling activities with Punnett squares and collaborative group problem-solving. The practice was preceded by a diagnostic questionnaire (pre-test) and followed by a post-test and collection of attitudinal data to evaluate its effectiveness. Conceptual learning data were analyzed using Fisher's Exact Test (RStudio v. 4.3 software) due to the small sample size (N=10 in the post-test) and the categorical nature of the data. The results showed specific advances in conceptual understanding and strong acceptance of the proposal, highlighted by students as motivating and immersive. The intervention demonstrates that the approach, based on research and collaboration, is a promising and low-cost teaching resource, capable of enriching the teaching of genetics and inspiring the creation of new pedagogical practices.

KEYWORDS: Genetics teaching, Active learning, Forensic cases, Conceptual modeling, Cooperation.

RESUMEN | Este estudio describe la implementación de una práctica educativa innovadora en la enseñanza de genética, dirigida a estudiantes de tercer año de bachillerato en una escuela pública de Mossoró (RN), Brasil. El objetivo principal fue superar la dificultad en la comprensión de la Segunda Ley de Mendel, fomentando el razonamiento probabilístico y la participación estudiantil. Para ello, se desarrollaron casos forenses simulados que se utilizaron en actividades de modelado con cuadros de Punnett y resolución colaborativa de problemas en grupo. La práctica fue precedida por un cuestionario diagnóstico (pretest) y seguida de un postest y la recopilación de datos actitudinales para evaluar su efectividad. Los datos de aprendizaje conceptual se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher (software RStudio v. 4.3) debido al tamaño reducido de la muestra (N=10 en el postest) y la naturaleza categórica de los datos. Los resultados mostraron avances significativos en la comprensión conceptual y una alta aceptación de la propuesta, que los estudiantes destacaron como motivadora e imersiva. La intervención demuestra que el enfoque, basado en la investigación y la colaboración, es un recurso didáctico prometedor y de bajo coste, capaz de enriquecer la enseñanza de la genética e inspirar la creación de nuevas prácticas pedagógicas.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de genética, Aprendizaje activo, Casos forenses, Modelización conceptual, Cooperación.

1. INTRODUÇÃO

Ensinar genética no Ensino Médio apresenta-se, frequentemente, como um desafio pedagógico significativo: conceitos como alelos, genótipos, fenótipos, probabilidade genética e segregação independente tendem a permanecer abstratos quando trabalhados por meio predominantemente expositivo, o que compromete a transferência dos conhecimentos para situações-problema e a construção de raciocínios probabilísticos (Smith & Wood, 2016; Newman et al., 2021). No contexto nacional e internacional, pesquisas têm destacado a necessidade de articular explicações teóricas com atividades de modelagem e conjunto de problemas autênticos para promover compreensão mais robusta e engajamento discente (Freeman et al., 2014; Reinagel & Bray Speth, 2016; Silva & Reis, 2025). Além disso, os livros didáticos frequentemente apresentam a genética de forma fragmentada ou anacrônica, omitindo os contextos históricos e epistemológicos fundamentais, crítica essa amplamente discutida na literatura (Smith & Wood, 2016; Kampourakis, 2023).

Modelos didáticos, sejam físicos, visuais ou conceituais, têm grande potencial para reduzir o caráter abstrato desses conteúdos, facilitando a construção de representações mentais e o entendimento da lógica da herança genética (Pereira, 2021; Fontenele & Campos, 2017). Contudo, estudos mostram que propostas dessa natureza ainda são escassas e pontuais: uma revisão das seções didáticas da revista *Genética na Escola* indicou que poucas delas promovem modelagem prática e ainda menos trabalham com cruzamentos mendelianos de forma contextualizada (Rodrigues et al., 2022). Isso é crítico, pois sem modelos concretos torna-se mais difícil para os estudantes integrar conhecimentos de Biologia, Matemática e Ciências Ambientais — essenciais para entender variação genética e padrões de herança (Moraes, 2023). Tal integração é fundamental para a formação em STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), uma vez que a genética moderna é um campo intrinsecamente quantitativo e aplicado. O ensino por meio de metodologias ativas, que envolvem o aluno como construtor do saber, tem sido apontado como caminho promissor para superar tais barreiras, promovendo motivação, participação e melhor retenção de conteúdos, inclusive em genética (Freeman et al., 2014).

Estudos demonstram que o *cooperative learning* ("aprendizagem cooperativa") — especialmente quando estruturado — favorece resultados acadêmicos superiores, melhora atitudes em relação ao estudo e desenvolve habilidades genéricas, como resolução de problemas, comunicação e autoestima (Johnson et al., 2014; Gillies, 2003; Springer et al., 1999; Kyndt et al., 2013). No contexto da genética, o trabalho em grupo é particularmente eficaz, pois a discussão e a co-construção de argumentos durante a resolução de problemas complexos, como o di-bridismo, permitem que os alunos articulem o raciocínio probabilístico e corrijam mutuamente suas representações conceituais do Quadro de Punnett (Reinagel & Bray Speth, 2016; Bolger et al., 2021). Por exemplo, grupos com experiência prévia de cooperação apresentaram desempenho mais eficaz e retenção mais duradoura do conteúdo (*Instructional Science*, 2019). Esses achados sustentam nossa escolha por organizar os alunos em grupos de três, com interação dialógica e responsabilização mútua, favorecendo a co-construção do conhecimento genético e o refinamento de argumentos, especialmente durante a resolução conjunta dos casos investigativos.

Diante desse cenário, este estudo apresenta uma prática didática inovadora aplicada com alunos da 3ª série do Ensino Médio em uma escola pública de Mossoró (RN), buscando responder

à seguinte questão de pesquisa: Em que medida uma abordagem investigativa contextualizada em casos forenses, ancorada na modelagem conceitual e na aprendizagem cooperativa, é capaz de impactar a compreensão da Segunda Lei de Mendel e o engajamento de alunos do Ensino Médio? A prática combinou questionário diagnóstico, trabalho em grupos com resolução de casos forenses fictícios e avaliação pré e pós-intervenção, representando uma proposta consistente, fundamentada na literatura sobre aprendizagem ativa e modelagem conceitual (Reinagel & Bray Speth, 2016; Bolger et al., 2021).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desafios no Ensino de Genética

O ensino da genética no Ensino Médio enfrenta desafios conceituais e pedagógicos bem documentados. Conceitos centrais como alelos, genótipo/fenótipo e segregação independente costumam permanecer abstratos para os estudantes quando ensinados por métodos expositivos. Isso prejudica a transferência desses conhecimentos para a resolução de problemas e a construção do raciocínio probabilístico necessário para entender cruzamentos (Smith & Wood, 2016; Newman et al., 2021). Estudos de síntese e pesquisas empíricas indicam que essa dificuldade não decorre apenas da complexidade intrínseca dos conteúdos, mas também de escolhas curriculares e metodológicas que enfatizam enunciados simplificados de Mendel e não promovem modelagem, argumentação e integração entre conceitos quantitativos e conceituais (Reinagel & Bray Speth, 2016; Dewey et al., 2022). A literatura científica mais recente tem se debruçado sobre a importância de romper com a abordagem tradicional, que se limita à memorização e à aplicação mecânica de fórmulas.

A pedagogia atual para o ensino de genética sugere uma mudança de foco para a compreensão de processos e aplicações práticas, em vez da simples repetição de leis. Pesquisas de Dewey et al. (2022) e Newman et al. (2021) apontam para a necessidade de um ensino contextualizado, que use exemplos relevantes do cotidiano, como a genética de doenças, a biotecnologia e a seleção de culturas agrícolas. Essa abordagem, centrada na resolução de problemas autênticos, não só torna o conteúdo mais palpável, mas também motiva os alunos a conectar a teoria à realidade, construindo um entendimento mais profundo e duradouro. Outra perspectiva emergente é o uso de metodologias ativas que fomentem a participação do estudante no processo de aprendizagem. Trabalhos como o de Reinagel e Bray Speth (2016) e Smith e Wood (2016) defendem a implementação de atividades investigativas e baseadas em projetos. Por exemplo, a simulação de cruzamentos com o uso de ferramentas digitais, a análise de árvores genealógicas de famílias famosas ou até mesmo a investigação de traços genéticos na própria sala de aula. Essas atividades transformam o estudante em protagonista de sua própria aprendizagem, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico, colaboração e argumentação científica, que são essenciais para a formação de cidadãos mais conscientes e capazes de interpretar informações complexas.

A interdisciplinaridade é um pilar fundamental no ensino moderno da genética. Artigos recentes destacam como a conexão com a matemática, a estatística e até mesmo a bioética é crucial para uma compreensão completa do assunto. A genética não é apenas um campo da biologia, mas uma ciência que se apoia em modelos probabilísticos e implicações sociais e éticas significativas. Autores como Dewey et al. (2022) ressaltam que ao integrar a matemática no

estudo da genética, os alunos podem visualizar e calcular as probabilidades de herança de forma mais intuitiva, superando a dificuldade com o raciocínio abstrato. Da mesma forma, a discussão sobre a ética da clonagem, terapia gênica e testes genéticos, como proposto por Newman et al. (2021), insere o conteúdo em um contexto de debate e reflexão, indo além do aspecto puramente biológico e preparando os alunos para os desafios do século XXI.

2.2 Modelos Didáticos como Ferramentas Cognitivas

A literatura em educação em ciências aponta, com evidência robusta, que abordagens ativas promovem ganhos superiores em desempenho e retenção em disciplinas de Biologia e STEM em geral (Freeman et al., 2014). Em genética especificamente, estratégias baseadas em modelagem conceitual (*Model-Based Learning*), aprendizagem por investigação e estudos de caso têm se mostrado eficazes para eliciar ideias dos alunos, revelar lacunas conceituais e orientar a construção progressiva de modelos explicativos sobre como genes determinam fenótipos (Reinagel & Bray Speth, 2016; Dewey et al., 2022). É crucial distinguir que o modelo didático (como o quadro de Punnett ou um modelo físico) atua como uma ferramenta cognitiva que suporta o processo de modelagem conceitual, permitindo ao aluno visualizar e manipular as relações entre os conceitos abstratos (alelos, segregação, probabilidade) de forma concreta. Além disso, relatórios recentes sugerem que o uso de contextos autênticos — por exemplo, estudos de caso aplicados a problemas de saúde pública ou investigações forenses simuladas — ajuda a situar os conceitos e a desenvolver competências argumentativas e interpretativas por parte dos estudantes (Teixeira, 2023).

No que concerne à especificidade da Segunda Lei de Mendel e do uso do quadro de Punnett em atividades didáticas, há evidências de que a prática repetida com retornos (ex.: exercícios guiados, Punnett 4x4) aliada à discussão crítica e à modelagem facilita a compreensão de segregação independente e das probabilidades fenotípicas em cruzamentos di-híbridos (Newman et al., 2021; Reinagel & Bray Speth, 2016). Ao mesmo tempo, a literatura crítica adverte contra uma “Mendelização” ingênua que reduz a genética a regras propagadas sem o contexto de desenvolvimento e variação biológica; portanto, propostas didáticas eficazes devem articular cruzamentos simples com discussões sobre limitações, variação e implicações éticas ou sociais (Kampourakis, 2023; Smith & Wood, 2016).

2.3 Metodologias Ativas: Aprendizagem por Investigação (IBL)

Aprendizagem por Investigação (*Inquiry-Based Learning - IBL*) A abordagem pedagógica implementada está centrada na Aprendizagem Baseada em Investigação (IBL), que prioriza o papel ativo do aluno na resolução de problemas, no levantamento de hipóteses e na busca por evidências, em vez da transmissão passiva de informação. O IBL, em sua vertente mais estruturada (investigação guiada), foi mobilizado para a construção e a resolução dos casos forenses, exigindo que os estudantes: (i) analisassem as evidências fenotípicas (dados dos casos); (ii) formulassem hipóteses sobre os genótipos (modelagem no Quadro de Punnett); e (iii) chegassem a uma conclusão probabilística (solução do caso). A prática aqui descrita se ancora, portanto, em abordagens *model-based* e em evidências de eficácia de metodologias ativas (Reinagel & Bray Speth, 2016; Freeman et al., 2014; Dewey et al., 2022). A inovação reside na articulação explícita dos casos forenses simulados, que fornecem o contexto autêntico do IBL,

com o ensino de di-hibridismo no Ensino Médio de forma padronizada e replicável, preenchendo uma lacuna na literatura (Teixeira, 2023).

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Elaboração dos Casos Investigativos e aplicação do questionário prévio.

O desenvolvimento dos casos investigativos utilizados na prática seguiu um processo consciente e articulado com princípios de Pesquisa Baseada em Design (PBD) e de Aprendizagem Baseada em Casos (ABC), com o objetivo de criar cenários instrucionais autênticos e educativos. O projeto foi aprovado pelo CEP/UERN com o CAAE 84014024.4.0000.5294 e parecer de número: 7.187.242. Inicialmente, foram identificadas as necessidades específicas do contexto de uma escola de ensino médio estadual em Mossoró (RN), considerando os objetivos pedagógicos centrados na Segunda Lei de Mendel e na habilidade de análise probabilística com quadro de Punnett. Inspirando-se em *frameworks* de PBD, como o apresentado por Amiel e Reeves (2008), o processo envolveu (a) análise do problema educativo — isolamento conceitual dos alunos em genética; (b) definição clara dos objetivos didáticos; (c) elaboração dos cenários preliminares; (d) refinamento após teste piloto; e (e) avaliação contínua da eficácia. Essa abordagem permitiu iterações na concepção dos casos, com ajustes na apresentação dos dados fenotípicos, clareza do enunciado e articulação entre o material conceitual e o cenário narrativo. Além disso, o uso de legislação investigativa (simulada) e narrativa contextualizada reforçou a motivação e o caráter realista do exercício, conforme sugerido por Kolodner et al. (2003) como essencial para promover engajamento profundo. Cada caso foi estruturado para apresentar uma história plausível, personagens envolventes e dados suficientes para exigir raciocínio crítico — tudo suportado por quadro de Punnett para facilitar a transposição da teoria para a prática.

O questionário diagnóstico prévio foi aplicado individualmente e sem tempo limite formal, na aula anterior à intervenção, para capturar o conhecimento dos alunos sobre genética (incluindo conceitos prévios da Primeira Lei de Mendel) e o quadro de Punnett. A aplicação prévia oferece dados confiáveis e, de acordo com Richland, Kornell e Kao (2009), mesmo tentativas de resposta incorretas — chamadas de pré-testes — podem melhorar significativamente a retenção futura, fenômeno conhecido como *pretesting effect*. Assim, o diagnóstico favoreceu tanto o levantamento inicial quanto a preparação mais eficaz da aula.



CASO 01 – FURTO DO LABORATÓRIO



CENA DO CRIME

Era uma noite chuvosa de quinta-feira. O relógio da empresa marcava 23h17 quando o alarme da sala de ciências foi acionado. Ao chegar, o segurança encontrou a porta arrombada e um rastro de passos molhados indo da entrada até o armário de produtos químicos – que estava aberto e parcialmente saqueado. No chão, entre alguns frascos quebrados e um jaleco abandonado, havia uma meia preta com o interior ainda úmido. O laboratório estava vazio. Mas ao lado do armário, um copo descartável foi encontrado com resquícios de saliva, cuidadosamente coletada pela perícia.

A análise genética revelou um perfil único:



Cabelos ruivos



Sardas



Lóbulos das orelhas livres

SUSPEITOS

Os investigadores coletaram informações não diretamente dos suspeitos, mas dos pais de cada um – uma técnica para dificultar que o culpado se esconda. Agora, cabe à sua equipe de cientistas forenses analisar as pistas e descobrir quem está mentindo.



Suspeito A

Pai: cabelos castanhos (RR), sardas (Ff), lóbulos presos (ll);
Mãe: cabelos ruivos (rr), sem sardas (ff), lóbulos presos (ll);



Suspeito B

Pai: cabelos castanhos (Rr), sem sardas (ff), lóbulos livres (Ll);
Mãe: cabelos castanhos (RR), sem sardas (ff), lóbulos presos (ll);



Suspeito C

Pai: cabelos ruivos (rr), sardas (FF), lóbulos livres (LL);
Mãe: cabelos castanhos (Rr), sem sardas (Ff), lóbulos presos (ll);

Cor do cabelo	R ₁ = castanho rr = ruivo
Sardas	F = tem sardas ff = sem sardas
Lóbulos das orelhas	L = livres ll = presos

Figura 1 Caso investigativo “Furto do Laboratório”, utilizado como recurso didático para o estudo de herança genética. A atividade envolve análise de fenótipos e genótipos em um contexto forense, com rodízio de casos entre grupos e uso de guíões de exploração didática para orientar a investigação e discussão em sala.

3.2 Aplicação da Atividade em Sala

A atividade foi aplicada com alunos da 3ª série do Ensino Médio, totalizando 10 participantes, em dois blocos consecutivos de 50 minutos, em uma única aula. Antes do início, o professor revisou brevemente os conceitos prévios essenciais (alelos, genótipo/fenótipo e Primeira Lei de Mendel) e orientou a estrutura de trabalho em grupo. Os alunos foram divididos aleatoriamente em seis grupos de aproximadamente três integrantes. O papel do professor durante a atividade foi o de facilitador e moderador, circulando entre os grupos, fazendo perguntas de sondagem e guiando o raciocínio sem fornecer as respostas diretas, conforme a filosofia do IBL. Cada equipe recebeu um envelope contendo um caso forense fictício (Di-hibridismo) para resolver, utilizando conhecimentos sobre a Segunda Lei de Mendel e o quadro de Punnett.

Como pode ser visto na figura 1 os casos apresentavam o Guião de Exploração Didática, que incluía detalhes do cenário do crime, a descrição fenotípica dos suspeitos e dos pais dos mesmos. Para ampliar a experiência e expor os alunos a diferentes cenários, foi realizado um rodízio de casos: após concluírem a primeira análise, os grupos trocavam seus casos com outras equipes, promovendo a troca de estratégias e perspectivas. Essa dinâmica reforça a aprendizagem colaborativa e a adaptação ao raciocínio diverso, conforme práticas de Aprendizagem Baseada em Casos, como pode ser visto na Figura 2, que favorecem a construção coletiva e a articulação entre teoria e prática (Wright et al., 2024). Após a conclusão da atividade e a discussão em plenária da resolução dos casos, foi aplicado um questionário diagnóstico pós-prática, estruturalmente similar ao pré-teste com itens sobre segregação independente, probabilidades e coleta da opinião dos alunos acerca da prática. Esse instrumento teve a função de avaliar a eficácia do método e mensurar ganhos de compreensão.



Figura 2 Alunos trabalhando em equipe para resolução dos casos forenses.

4. RESULTADOS

A análise da literatura sobre o ensino de genética revela uma tendência clara e urgente: a necessidade de romper com a abordagem tradicional baseada em memorização e adotar métodos que promovam a compreensão e a aplicação prática, o que motivou a presente intervenção.

4.1 Avaliação da aprendizagem

A avaliação baseou-se numa combinação de instrumentos: (i) um questionário objetivo aplicado um dia antes da intervenção (pré-teste) para mapear conhecimentos prévios; (ii) execução da prática em grupos com casos investigativos e rodízio; (iii) um questionário estruturalmente paralelo aplicado logo após a prática (pós-teste) para aferir ganhos; e (iv) perguntas de opinião e questões abertas para captar percepções dos alunos.

Tabela 1- Distribuição de respostas — Qual a probabilidade de um casal, $AaBb \times AaBB$ de ter um filho $AaBB$. (pré vs. pós)

Item / Alternativa	Pré — n (%)	Pós — n(%)
Pré: N = 17; Pós: N = 10		
1/2	6 (35,3%)	2 (20,0%)
1/8	3 (17,6%)	1 (10,0%)
1/4 (correta)	8 (47,1%)	7 (70,0%)

Fonte: autores (2025)

A Tabela 1 sumariza a distribuição de respostas para o item de conhecimento sobre o cruzamento $AaBb \times AaBB$ para $AaBB$ nos momentos pré-intervenção (N = 17) e pós-intervenção (N = 10). A diferença amostral entre o pré-teste (N=17) e o pós-teste (N=10) deve-se à ausência de alguns alunos no dia da coleta pós-intervenção ou à entrega incompleta da segunda etapa do teste. Isso inviabiliza uma análise pareada (teste t emparelhado ou teste de Wilcoxon). Dada a amostra reduzida (N < 20 no pós-teste) e a natureza categórica dos dados (acerto vs. erro), optou-se pela utilização do Teste Exato de Fisher software R (R Core Team, 2025), versão 4.4.0, por meio do ambiente de desenvolvimento *RStudio* (versão 2025.05.1+513 “Mariposa Orchid”; Posit Software, 2025). para avaliar a associação entre o momento da aplicação (pré vs. pós) e a resposta correta, uma abordagem estatisticamente robusta para essas condições.

Os dados revelam um aumento na proporção de acertos, passando de 47,1% no pré-teste para 70,0% no pós-teste. Embora a mudança percentual de 22,9 pontos sugira um ganho conceitual, a análise estatística com o teste exato de Fisher ($p = 0,424$) não indicou significância. Esse resultado, no entanto, deve ser interpretado com cautela devido ao tamanho amostral reduzido no pós-teste e à ausência de pareamento completo dos participantes.

Apesar da não significância estatística, a magnitude da mudança observada no percentual de acertos é um indicativo importante da eficácia potencial da intervenção. O aumento de 22,9% na proporção de respostas corretas, mesmo com uma amostra pequena, sugere que as metodologias ativas e a contextualização de problemas têm impacto positivo na compreensão do

raciocínio probabilístico em genética. Este resultado converge com a literatura que defende a superação dos desafios conceituais no ensino de genética por meio de abordagens que vão além da memorização de leis (Smith & Wood, 2016; Newman et al., 2021). A aplicação da prática investigativa, que exigiu a manipulação de conceitos em um cenário de problema, pode ter facilitado a abstração e a aplicação do conhecimento, um desafio comum relatado por Dewey et al. (2022).

Tabela 2- Percepção / opinião dos alunos — pós-prática

Pergunta	Alternativa	n(%)
Você achou a atividade interessante?	Sim, muito interessante	10 (100,0%)
A atividade te ajudou a entender melhor como funciona a genética?	Sim, ajudou bastante	5 (50,0%)
	Aprendi parcialmente, mas ainda tenho dúvidas	5 (50,0%)

Fonte: autores (2025)

A Tabela 2 apresenta um resumo das respostas atitudinais coletadas no pós-teste, com N=10, que representa a totalidade dos alunos que participaram da atividade e responderam à seção de opinião do questionário. Os dados qualitativos revelaram uma recepção extremamente positiva à intervenção, com 100% dos participantes avaliando a atividade como "muito interessante". Esse resultado indica um alto nível de engajamento e aceitação da proposta pedagógica.

Embora a totalidade dos alunos tenha apreciado a atividade, a percepção sobre a aquisição de conhecimento foi dividida: 50% dos participantes relataram que a atividade "ajudou bastante" na sua compreensão, enquanto os outros 50% indicaram ter "aprendido parcialmente, mas ainda ter dúvidas". Esses achados, embora não sejam quantitativos no sentido de ganho de conhecimento, oferecem dados valiosos sobre a experiência de aprendizagem.

Essa divisão de percepções está alinhada com a literatura que aborda a complexidade do ensino de genética. Embora estudos (como Freeman et al., 2014, citados na seção 2.2) apontem que abordagens ativas promovam ganhos superiores em desempenho e retenção em comparação com métodos tradicionais, Smith & Wood (2016) e Reinagel & Bray Speth (2016) destacam que metodologias ativas e baseadas em problemas raramente resultam em uma compreensão completa e imediata do conteúdo para todos os alunos, mas servem como um ponto de partida para a construção do conhecimento, promovendo a reflexão e a identificação de lacunas. O fato de metade da turma ainda ter dúvidas após a atividade sugere que a intervenção funcionou como um catalisador para a aprendizagem, e não como um fim em si mesma. O papel da atividade, portanto, é menos o de automatizar procedimentos e mais o de iniciar um processo contínuo de construção de conhecimento, o que pode ser um resultado positivo de acordo com a visão pedagógica de Dewey et al. (2022). A alta taxa de engajamento, por sua vez, corrobora a eficácia de abordagens contextualizadas para motivar os alunos,

conforme sugerido por Newman et al. (2021), criando um ambiente propício para que a aprendizagem continue a se desenvolver mesmo após a finalização da atividade.

4.2 Resultados atitudinais e percepções (qualitativo)

As análises qualitativas das respostas abertas e comentários dos alunos no pós-teste revelaram a emergência de três temas centrais, que se alinham com os resultados atitudinais e quantitativos discutidos anteriormente: (1) motivação e engajamento, (2) imersão contextual dos casos investigativos e (3) o valor do trabalho em grupo. esses temas corroboram a eficácia da abordagem pedagógica adotada. a alta taxa de engajamento (100% de aceitação, conforme tabela 2) é confirmada pelas percepções dos alunos. a atividade foi descrita como uma forma "divertida" e "motivadora" de aprender. Isso está em consonância com o que newman et al. (2021) apontam em suas pesquisas, nas quais o uso de problemas autênticos e exemplos do cotidiano aumenta a motivação e o interesse dos estudantes por temas complexos da biologia. a contextualização de conceitos abstratos, como os de genética, em cenários do dia a dia, faz com que o aprendizado se torne mais significativo e menos um exercício de memorização.

A imersão contextual foi um fator-chave para a compreensão do conteúdo, como demonstrado pelas falas dos participantes. o aluno a, por exemplo, comentou que a atividade foi "uma forma mais divertida e motivadora" de aprender, o que reforça a ligação entre a contextualização e o engajamento. já o aluno b ressaltou que a prática permitiu "aprender enquanto se diverte", destacando a importância do formato interativo na absorção de um assunto complexo. a dificuldade inerente aos conceitos de genética, amplamente documentada na literatura (smith & wood, 2016), pode ser mitigada com esse tipo de abordagem que transforma a abstração em uma experiência tangível. O trabalho em grupo também emergiu como um pilar fundamental da experiência. o aluno c destacou que "a atividade em grupo foi muito boa", reforçando que a colaboração entre os pares potencializa a aprendizagem. a literatura, incluindo o trabalho de reinagel & bray speth (2016), defende que o aprendizado colaborativo e a argumentação científica em grupo são essenciais para a construção do conhecimento.

Ao discutir e resolver os casos investigativos em conjunto, os alunos desenvolveram habilidades de pensamento crítico e de comunicação, o que vai além da simples memorização de conteúdo e contribui para uma formação mais completa. conjuntando evidências objetivas e subjetivas, a intervenção apresenta sinais promissores: houve ganho observável em pelo menos uma medida conceitual específica (probabilidade em di-hibridismo) e forte aceitação discente. Ao mesmo tempo, a autoavaliação dos estudantes indica que a consolidação do procedimento de montagem e interpretação de quadros de punnett ainda requer reforço, o que é coerente com estudos que apontam que metodologias ativas favorecem compreensão conceitual, mas que a automatização de rotinas exige prática repetida (freeman et al., 2014; reinagel & bray speth, 2016). Assim, a prática mostrou potencial para melhorar entendimento e motivação, apontando para a necessidade de integrar sessões de treino adicional para fortalecer a dimensão processual.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A prática educativa descrita neste estudo, que combina casos investigativos, modelagem genética e trabalho em grupo, mostrou-se uma estratégia promissora para o ensino de genética no Ensino Médio. A abordagem resultou em um ganho conceitual na proporção de acertos, embora não estatisticamente significativo, especialmente na interpretação de probabilidades mendelianas. Mais importante, o estudo demonstrou que a abordagem é um potente catalisador para o aprendizado, com 100% dos alunos reportando alto interesse e engajamento. A forte aceitação por parte dos alunos, que a classificaram como motivadora, imersiva e colaborativa, sugere que a prática contribui para a dimensão atitudinal e inicia um processo de construção de conhecimento, conforme o referencial teórico. Embora 50% dos alunos ainda indicassem dúvidas após a intervenção, o alto engajamento obtido estabelece um ambiente propício para que o professor prossiga com a consolidação do conteúdo. Para a comunidade de educadores em Ciências, Matemática e Tecnologia, esta proposta é particularmente valiosa devido à sua replicabilidade e acessibilidade. Trata-se de uma intervenção de baixo custo que pode ser implementada em uma única aula com materiais simples, como envelopes e roteiros de casos. Ao oferecer uma solução para a dificuldade comum dos alunos em articular o raciocínio probabilístico com os modelos mendelianos, o protocolo representa um caminho viável para integrar metodologias ativas em redes públicas de ensino. Do ponto de vista de políticas educacionais, a prática reforça a importância de apoiar estratégias investigativas, contextualizadas e cooperativas para fortalecer a aprendizagem em áreas abstratas como a genética. Sugere-se que em estudos futuros sejam incluídos mecanismos para garantir a presença dos alunos em ambas as etapas da avaliação, permitindo o uso de testes estatísticos pareados, que oferecem maior poder para amostras pequenas.

REFERÊNCIAS

- Amiel, T., & Reeves, T. C. (2008). Design-Based Research and the Higher Education Context. *Journal of Computing in Higher Education*, 20(2), 162–179.
- Bolger, M. S., Wiedenhoeft, M. J., & Cooper, M. M. (2021). Supporting scientific practice through model-based inquiry. *CBE—Life Sciences Education*, 20(3), ar45. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-05-0128>
- Dewey, J., Hicks, J., Schuchardt, A., et al. (2022). Improving students' understanding of biological variation in experimental design and analysis through a short model-based curricular intervention. *CBE—Life Sciences Education*, 21(1), ar11. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-03-0062>
- Fontenele, M. dos S., & Campos, F. L. (2017). Proposta de modelo didático como facilitador do ensino da estrutura do DNA em uma escola pública. *Revista ESPACIOS*, 38(45). <https://www.revistaespacios.com/a17v38n45/17384521.html>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gomes, P. R. B., Melo, M. V. R., & Rodrigues, N. F. M. (2024). Inserção de modelos didáticos no ensino de biologia em uma escola do ensino médio em Pinheiro, Maranhão. *Revista Univap*, 30(65). Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/download/4508/2333/16016>
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B. B., Gray, J., Holbrook, J., ... & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting *Learning by Design™* into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2

- Kampourakis, K. (2023). Teaching School Genetics in the 2020s: Why “Naive” Mendelian Genetics Has to Go. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*.
- Moraes, C. S. (2023). *A genética no ensino de biologia: sua história, importância, desafios e adaptações metodológicas em consonância com a revolução digital* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de São Carlos, Câmpus Araras]. Repositório da UFSCar. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/17803>
- Nascimento, J. A. S. do, Mendonça, N. A., Vieira, M. M., & Cardoso, J. S. (2023). Práticas pedagógicas e desafios no ensino de genética antes, durante e após a pandemia: revisão de literatura. In *Pesquisas e Avanços em Genética e Biologia Molecular* (pp. 289–XXX). Agron Science. <https://doi.org/10.53934/9786599965807>
- Newman, D. L., Coakley, A., Link, A., Mills, K., & Wright, L. K. (2021). Punnett squares or protein production? The expert–novice divide for conceptions of genes and gene expression. *CBE—Life Sciences Education*, 20(4), ar53. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-01-0004>
- Pereira, F. P. (2019). *O ensino de genética na educação básica: revisão bibliográfica e produção de modelos didáticos* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Piauí]. Repositório UESPI. <https://sistemas2.uespi.br/handle/tede/234>
- Posit Software, PBC. (2025). *RStudio: Integrated development environment for R* (Version 2025.05.1+513 “Mariposa Orchid”) [Computer software]. <https://posit.co/>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.4.0) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reinagel, A., & Bray Speth, E. (2016). Beyond the central dogma: Model-based learning of how genes determine phenotypes. *CBE—Life Sciences Education*, 15(1), ar4. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-04-0105>
- Richland, L. E., Kornell, N., & Kao, S. L. (2009). The pretesting effect: Do unsuccessful retrieval attempts enhance learning? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 15(3), 243–257. <https://doi.org/10.1037/a0016496>
- Rodrigues, L. B., Silva, L. M., Costa, F. J., & Bruckner, F. P. (2022). Analysis of didactic strategies proposed by a Brazilian journal for teaching genetics. *Revista Genética na Escola. REVES*. <https://periodicos.ufv.br/reves/article/view/15056>
- Sam, R. (2024). *Systematic review of inquiry-based learning: assessing impact and best practices in education*. *F1000Research*, 13, 1045. <https://doi.org/10.12688/f1000research.155367.1>
- Silva, E. M. da, & Reis, P. G. R. dos. (2025). Letramento científico voltado ao ativismo: contextos e processos indutivos à construção de elementos políticos. *APeDuC Journal*, 6(1), 17–40. <https://doi.org/10.58152/APeDuCJournal.594>
- Smith, M. K., & Wood, W. B. (2016). Teaching genetics: Past, present, and future. *Genetics*, 204(1), 5–10. <https://doi.org/10.1534/genetics.116.187138>
- Teixeira, A. (2023). Involving forensic students in integrative learning—A project proposal. *Forensic Sciences (MDPI)*, 3(1), 7. <https://www.mdpi.com/2673-6756/3/1/7>
- Wright, A. L., Irving, G. L., Pereira, S., & Staggs, J. (2024). An instructional innovation that embeds group learning in case teaching: The TaBLE Case Method. *Journal of Management Education*. [Advance online publication]. <https://doi.org/10.1177/10525629231216642>

ENSINO ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA

TEACHING THROUGH PROBLEM SOLVING TO MATHEMATICS PRESERVICE TEACHERS
LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE MATEMÁTICA

Rafael Roberto Germinaro & Bruno Rodrigo Teixeira

Universidade Estadual de Londrina, Brasil

rafael.roberto@uel.br

RESUMO | Este relato tem por objetivo retratar algumas ações e reflexões desenvolvidas em uma prática formativa, no contexto de uma unidade curricular relacionada ao Estágio Supervisionado, em uma instituição de ensino superior pública do Paraná (Brasil), com o intuito de introduzir o ensino através da Resolução de Problemas junto a futuros professores. Para isso, em um primeiro momento, foi planejada pelos autores e ministrada pelo primeiro autor uma aula do conteúdo Comparação de frações. A intencionalidade da aula foi que os licenciandos pudessem vivenciar inicialmente a metodologia na posição de alunos, para que esta ação pudesse servir de base para uma introdução e discussão de seus aspectos teóricos posteriormente. Segundo futuros professores participantes, a experiência auxiliou-os a compreender a metodologia durante o movimento de busca por articulação entre a teoria que estava sendo estudada com a prática vivenciada, e incentivou-os à sua utilização na realização do Estágio de Regência.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Matemática, Formação inicial de professores, Resolução de Problemas.

ABSTRACT | This experience report aims to describe some actions and reflections developed during a formative activity within a Supervised Internship course at a public higher education institution in Paraná, Brazil. The purpose was to introduce teaching through Problem Solving to preservice teachers. To this end, the authors first planned and the first author administered a lesson on the topic of Comparing Fractions. The lesson's intention was for the preservice teachers to initially experience the methodology from a student's perspective, so that this action could serve as a basis for a subsequent introduction and discussion of its theoretical aspects. According to the participating teacher candidates, the experience helped them understand the methodology through the process of seeking an articulation between the theory being studied and the practice they experienced, and it encouraged them to use it in their teaching practicum.

KEYWORDS: Mathematics Education, Preservice teacher education, Problem Solving.

RESUMEN | El presente relato de experiencia tiene como objetivo describir acciones y reflexiones de una actividad formativa, en el contexto de la asignatura de Prácticas Docentes Supervisadas de una institución de educación superior pública brasileña, con el fin de introducir la enseñanza a través de la Resolución de Problemas a futuros profesores de Matemáticas. Para ello, se impartió una clase sobre Comparación de fracciones, buscando que los docentes en formación vivenciaran la metodología desde el rol de alumnos. Esta acción sirvió como base para la posterior introducción y discusión de sus aspectos teóricos. Según los futuros profesores participantes, la experiencia les ayudó a comprender la metodología al momento de buscar la articulación entre la teoría estudiada y la práctica vivenciada. Asimismo, los incentivó a utilizar dicho enfoque durante la realización de sus prácticas de enseñanza.

PALABRAS CLAVE: Didáctica de las matemáticas, Formación inicial de docentes, Resolución de problemas.

1. INTRODUÇÃO

A experiência aqui relatada trata-se de uma prática formativa situada em uma unidade curricular denominada Prática e Metodologia do Ensino de Matemática I: Estágio Supervisionado (designada no presente trabalho por unidade curricular de Estágio I), a qual pertence ao terceiro ano do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do estado do Paraná (Brasil) e que possuía 12 licenciandos inscritos na referida unidade curricular durante o ano de 2023 (designados por futuros professores ou professores em formação), dos quais 5 já eram atuantes no Ensino Básico e/ou Secundário. Durante o período no qual este relato se estende, as aulas de Estágio I eram de responsabilidade do segundo autor (designado por professor formador), o qual estava acompanhado do primeiro autor (designado por estagiário), que realizava seu estágio pedagógico do Mestrado enquanto aluno de Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, na mesma universidade supracitada. As ações com os futuros professores aqui relatadas foram desenvolvidas em dois encontros semanais, com duração de 1 hora e 40 minutos cada.

Em Estágio I, um dos objetivos é o suporte ao professor em formação para a realização do Estágio Curricular Obrigatório, propiciando reflexões e fundamentos teóricos para práticas a serem realizadas no contexto do 6º ao 9º ano do Ensino Básico. Nesse sentido, este relato contempla o seguinte tópico do programa da unidade curricular: “Tendências pedagógicas para a Educação Matemática no currículo e na sala de aula do Ensino Fundamental¹” das quais fazem parte o ensino de Matemática através da Resolução de Problemas. Além de se constituir parte da referida unidade curricular, o trabalho com a Resolução de Problemas na formação inicial de professores de Matemática tem sido destacado por autores como Onuchic e Moraes (2013), Mendes e Proença (2020) e Bicalho, Allevato e Silva (2020) como fundamental, tendo em vista suas possíveis influências para a futura prática do professor em sala de aula.

Para apresentar o ensino de Matemática através da Resolução de Problemas à turma, o professor formador solicitou ao estagiário que ministrasse uma aula de Matemática nesta perspectiva no primeiro encontro, para no encontro seguinte os seus aspectos teóricos fossem discutidos com base no material de Onuchic (2022). Nesse sentido, esta aula ministrada pelo estagiário no primeiro encontro pode ser entendida como uma oficina, na qual ele utiliza a referida metodologia de ensino para que os futuros professores a vivenciem antes do segundo encontro, em que os aspectos teóricos são apresentados e discutidos.

A opção em trabalhar primeiramente a prática de ensino para posterior discussão teórica, articulando-as, se deve a experiências anteriores do professor formador e do estagiário, pois este tipo de dinâmica tem se mostrado com maior potencial formativo do que uma discussão teórica dissociada de alguma prática envolvendo o ensino de Matemática através da Resolução de Problemas ou do que uma discussão teórica da referida tendência pedagógica para posterior prática com os futuros professores.

Também motivado por experiências anteriores, o professor formador solicitou que o estagiário elaborasse a aula tendo em vista que os professores em formação simulassem uma turma de 6º ou 7º ano, devido a alguns apontamentos prévios presenciados pelo professor

¹ Dado o contexto brasileiro do relato, cabe esclarecer que os anos Finais do Ensino Fundamental, foco da referida unidade curricular, correspondem do 6º ao 9º ano do Ensino Básico, em que as crianças ou adolescentes têm, de modo geral, entre 11 e 14 anos.

formador de alguns deles, que ainda não conheciam muito bem a metodologia, questionando a viabilidade da realização de aulas nessa perspectiva para tais níveis de escolaridade.

Neste relato serão apresentados aspectos relativos ao planejamento da oficina feita pelo estagiário em conjunto com o professor formador, as ações e reflexões adotadas no desenvolvimento da aula na perspectiva de ensino através da Resolução de Problemas, a discussão teórica após a oficina e algumas considerações finais a respeito do caráter formativo, ao estagiário, da experiência relatada. Espera-se que este relato de experiência possa apresentar uma alternativa para o trabalho do professor formador que procura uma opção para articular teoria e prática no ensino de tendências pedagógicas em Educação Matemática, tal como ser um apoio para o professor que está planejando uma aula seguindo a perspectiva de ensino através da Resolução de Problemas.

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

É possível que um dos questionamentos mais frequentes entre licenciandos que foram recém apresentados ao ensino de Matemática através da Resolução de problemas seja “por que mudar a forma de ensinar e não seguir usando a forma tradicional de ensino?”. O ensino tradicional de Matemática tem a seguinte premissa: o professor ensina, os alunos compreendem para que possam praticar o que aprenderam e depois passam a utilizar o que aprenderam para resolverem tarefas (Van de Walle, 2007/2009). Essa perspectiva pode gerar um sistema de recompensa aos alunos que apenas seguem regras arbitrárias, de modo a estimular a aprendizagem dessas regras e oferecendo “poucas oportunidades para realmente fazer matemática” (Van de Walle, 2007/2009, p. 32).

O ensino de Matemática através da Resolução de Problemas é uma perspectiva de ensino na qual “[...] um problema é ponto de partida e orientação para a aprendizagem, e a construção do conhecimento se faz através de sua resolução” (Prado & Allevato, 2010, p. 27). Um problema pode ser entendido como uma “tarefa em que, no momento em que é apresentada, não há forma conhecida para solucioná-la; conseqüentemente, um problema só é um problema até o momento em que é solucionado” (Sawyer, 2023, p.3, tradução dos autores²).

Desse modo, ao ensinar através da Resolução de Problemas, o professor dá oportunidade para o aluno atribuir significado ao problema através das ideias utilizadas por ele na resolução (Van de Walle, 2007/2009), e considerando que, caso o professor conduza a aula de forma adequada, é a resolução do problema que possibilita o desenvolvimento do conteúdo curricular (Prado & Allevato, 2010; Onuchic, 2022). Desse modo, a resolução do problema, o qual é chamado de problema gerador em Onuchic e Allevato (2011), pode ser entendida como um meio para a atribuição de significado do aluno ao conteúdo matemático pretendido.

Entre as sugestões presentes no trabalho de Onuchic (2022) aos professores que pretendem ensinar através da Resolução de problemas, a autora propõe um roteiro de aula com nove etapas: preparação do problema gerador, na qual o professor seleciona a tarefa visando a construção do conhecimento matemático pretendido; leitura individual; leitura em conjunto, para sanar possíveis dúvidas quanto ao enunciado; resolução do problema; observar e incentivar,

² “task where, at the point of encounter, there is no known approach to solving it; therefore, a problem is only a problem until it is solved”

momento no qual o professor estimula os alunos a resolverem o problema com questionamentos, oportunizando aos alunos pensar a respeito de suas resoluções; registo das resoluções na lousa; plenária, etapa na qual as diferentes resoluções e pontos de vista são discutidos e as dúvidas sanadas; busca do consenso, em que o professor junto da sala tenta chegar a um consenso do resultado correto; formalização do conteúdo, momento em que o professor padroniza os conceitos e procedimentos construídos através da resolução do problema (Onuchic, 2022).

É nesse sentido que a perspectiva de ensino através da Resolução de Problemas tem se apresentado na literatura como uma alternativa para o ensino de Matemática no Ensino Básico e/ou Secundário em relação à abordagem tradicional, e por isso pode ser considerado como uma tendência pedagógica em Educação Matemática, cuja aprendizagem é oportunizada aos futuros professores inscritos em Estágio I.

Contudo, o ensino no contexto da formação inicial de professores também deve ser constituído por alternativas que não se resumem a uma exposição da teoria, pois entende-se que formar professores implica em um ensino da teoria integrada à prática (Leite & Passos, 2020). A relevância dessa integração tem sido destacada por autores como Costa e Allevato (2014):

É na formação inicial que os (futuros) professores têm contato explícito com aspectos sobre o que é ensinar. Daí a importância de associar teoria e prática, pois é durante a formação inicial que esses (futuros) professores terão a oportunidade de refletir e discutir sobre teorias, estratégias ou metodologias de ensino, sobre os conteúdos e sobre o material didático que servirão de suporte em sua prática docente. (p. 129)

Por isso, apenas apresentar teoricamente a Resolução de Problemas tende a ser insuficiente para que os futuros professores possam visualizar esta tendência metodológica em sua própria prática. King (2019, p. 171, tradução dos autores³) destaca em seu trabalho que “estudos sugerem que uma referência do método de ensino desejado é necessariamente um componente necessário para criar mudança”. Assim, o professor formador solicitou ao estagiário que também se responsabilizasse pela promoção de uma referência inicial de uma aula na perspectiva de ensinar através da Resolução de Problemas, para que, em um segundo momento, os aspectos teóricos da prática fossem discutidos a partir de Onuchic (2022), em um movimento de integração da teoria e da prática.

3. DESCRIÇÃO DA PRÁTICA EDUCATIVA E SUA IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Planejamento da aula

Diante da proposta de realização de uma aula na perspectiva de ensino de Matemática através da Resolução de Problemas para futuros professores inscritos na unidade curricular de Estágio I do terceiro ano de um curso de licenciatura em Matemática, a aula teve a intenção de ser uma referência inicial que posteriormente embasaria um estudo teórico a seu respeito. Para isso, o estagiário baseou a oficina no roteiro proposto por Onuchic (2022) para a realização de aulas nessa perspectiva.

³ “studies suggest that modelling the desired instructional methods is a necessary component needed to create change.”

A respeito do conteúdo matemático a ser ensinado através a Resolução de Problemas, foi considerado pelo estagiário que seria adequado à formação dos futuros professores que a oficina também pudesse constituir uma oportunidade de aprendizado em Matemática, por exemplo, para atribuição de significado a um procedimento matemático já conhecido por eles. Motivado por isso, selecionou o tópico “comparação de frações” para ser trabalhado.

Outro motivo para a seleção deste tópico em específico se dá pelo pedido do professor formador para que fosse trabalhado algum tópico presente no currículo do 6º ou 7º ano do Ensino Básico, para que os futuros professores percebessem a viabilidade de uma aula nessa perspectiva para alunos nessa etapa escolar.

A tarefa foi inspirada no problema da herança, do livro de Malba Tahan (2010), que consiste em uma repartição da herança de 35 camelos deixados pelo pai de três irmãos, em que as partes da quantidade total que cabiam para cada irmão eram descritas por frações. A seguir, tem-se o problema elaborado pelo estagiário com o apoio do professor formador.

Um fazendeiro decidiu que iria distribuir parte de suas terras aos seus três filhos como herança. Assim, expressou sua vontade da seguinte forma:

“Quero que $\frac{1}{3}$ de todos os meus terrenos fiquem para minha filha, $\frac{2}{5}$ deles para o filho caçula e $\frac{1}{6}$ para o filho mais velho.”

Qual dos filhos ganhou a maior porção de terrenos?

Figura 1 Enunciado do problema

Como é necessário atenção do professor para que os problemas sejam “apropriados ao conteúdo ou ao conceito que pretende construir” (Onuchic, 2022, p. 12), é necessário que o professor tenha clareza a respeito das razões que levam a tarefa a constituir um problema desafiador, quais considerações ou informações tornam possível uma resposta correta e quais as atribuições de significado podem ser exploradas.

A escolha dos numeradores e denominadores não foi ao acaso, o problema gerador deve permitir a formalização do conteúdo pretendido pelo professor. Assim, partiu-se da hipótese de que caso todas as porções de terra viessem a ter mesmo denominador ou numerador, haveria o risco de a resolução ser imediata, pois a comparação também poderia vir a ser, mesmo com os futuros professores simulando uma turma de 6º ano do Ensino Básico.

A resolução do problema é possível caso o aluno considere que as três frações são partes de um mesmo total, no caso, todos os terrenos do fazendeiro. Assim, é importante que na leitura conjunta do enunciado o professor evidencie que em “ $\frac{2}{5}$ deles para o filho caçula”, o pronome “deles” se refere a “todos os meus terrenos”, e que em “ $\frac{1}{6}$ para o filho mais velho”, a fração é relativa ao mesmo total considerado nas duas frações anteriores.

A respeito das possíveis estratégias de alunos de 6º ano para a resolução da tarefa, uma ideia inicial pode se dar por meio do desenho ao representar as frações por barras, dado que é um recurso frequente já no Ensino Básico. No entanto, é importante que a unidade (ou um inteiro), comumente referida como “todo”, seja representada em mesmo tamanho na resolução, do contrário, o aluno pode vir a ter uma conclusão inadequada.

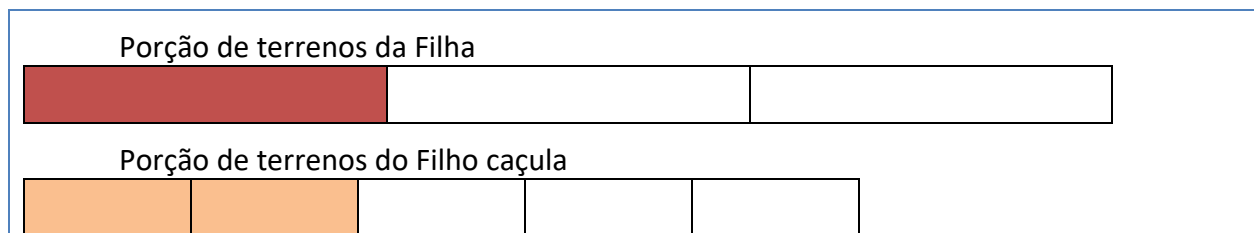


Figura 2 Representação equivocada em relação ao “todo”

Nessa situação, o aluno poderia concluir que entre a filha e o filho caçula, a filha receberá a maior porção de terreno, quando na realidade não é este o caso. O “todo” em relação a cada fração é o mesmo, portanto, o tamanho total das duas barras deveria ser igual.

Caso algum grupo de alunos opte por evitar os desenhos, é interessante para seu aprendizado que relembrem o que o denominador e o numerador da fração representam neste contexto. O denominador indica em quantas partes iguais o “todo” foi dividido, desse modo, quanto maior o denominador, menor cada uma das partes obtidas a partir da repartição do “todo”. O numerador indica quantas dessas partes de mesmo tamanho são necessárias para representar a quantidade desejada, desse modo, para um mesmo denominador e um mesmo “todo” em duas frações, aquela com maior numerador, representará a maior quantidade.

Analisando as respectivas frações para os terrenos que cabem à filha e ao filho mais velho, o denominador da fração da filha ($\frac{1}{3}$) é menor do que no caso do filho mais velho ($\frac{1}{6}$). Desse modo, para representar a porção herdada pela filha, é necessário dividir a quantidade total de terrenos em apenas três partes iguais, no caso do filho mais velho é necessário dividir esse mesmo todo em seis partes iguais. Logo, cada uma das partes consideradas para a representação do terreno da filha é maior do que cada uma das partes consideradas para a representação do terreno do filho mais velho.

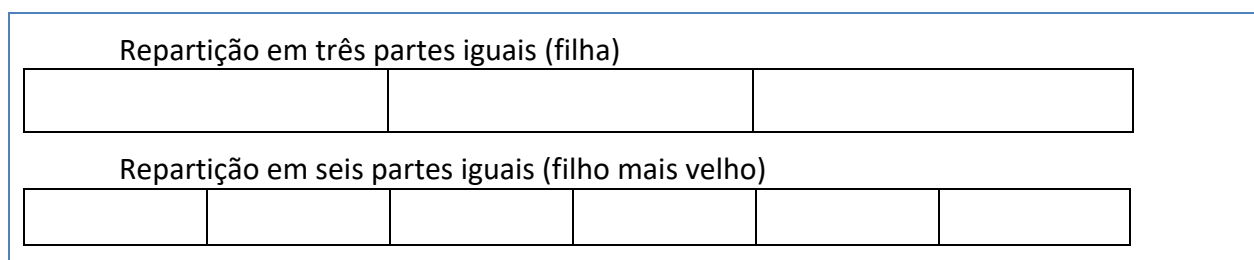


Figura 3 Representação do mesmo total dividido em três partes iguais e em seis partes iguais

No entanto, como consta no enunciado, o numerador de ambas as frações é um, o que implica que, para a representação da porção de terreno referente à cada um dos dois, basta considerar uma das partes nos dois casos. Como argumentado anteriormente, cada parte para a representação do terreno da filha é maior do que cada parte para a representação do terreno do filho mais velho. Dado que apenas uma parte em cada caso é suficiente para indicar a porção de terrenos que cabe a cada herdeiro, o filho mais velho receberá uma porção de terrenos menor

do que a filha. Resta comparar as frações que cabem à filha e ao filho caçula, visto que o filho mais velho já não é mais uma possibilidade para ser o maior herdeiro.

Percebe-se que, nessa estratégia, o ponto principal está na igualdade entre os numeradores, forma de comparação de frações que dificilmente é ensinada nas escolas (Van de Walle, 2007/2009) o que pode contribuir para a posterior formalização do conteúdo matemático. Caso esta forma de resolução surja e seja compartilhada diante da turma, cabe ao professor investigar se essa percepção ficou clara para os alunos, pois ela aponta para uma atribuição de significado no que se refere a comparação de fração. Assim, questionamentos como “se os numeradores de duas frações forem iguais, qual fração representa a maior quantidade? Dê um exemplo e justifique” ou ainda “com o mesmo numerador, a maior fração é aquela com o maior denominador ou é o contrário? Dê um exemplo e justifique” podem gerar respostas que deem indícios de compreensão. Caso a compreensão exista, é provável que os alunos tentem replicar a estratégia na comparação entre as frações associadas à herança da filha e do filho caçula.

No entanto, como neste caso o numerador não é igual ($\frac{1}{3}$ para a filha, $\frac{2}{5}$ para o filho caçula), não é possível utilizar o raciocínio anterior de forma imediata, sendo necessário recorrer a equivalência entre frações para igualar os numeradores das frações para então realizar conclusões baseadas no raciocínio anterior.

Tal como os alunos podem utilizar a igualdade entre os numeradores, também podem recorrer à igualdade entre os denominadores, percebendo que, caso o mesmo “todo” seja igualmente dividido na mesma quantidade de partes, basta comparar a quantidade de partes necessárias para representar o terreno correspondente a cada herdeiro, a qual é indicada pelo numerador. No entanto, das três frações utilizadas no enunciado, nenhum par delas possui denominadores iguais (três, cinco e seis), logo, esta estratégia demanda o uso de frações equivalentes para a comparação entre quaisquer duas frações, diferentemente da resolução em que se compara os denominadores a partir da igualdade dos numeradores, dado que há duas frações de numerador igual a um.

Essas estratégias demandam que o aluno tenha atribuído significado às frações, identificando qual o papel dos numeradores e denominadores e como eles influenciam na quantidade representada. Desse modo, caso o professor julgue, mediante questionamentos realizados ou ao escutar as justificativas propostas pelos alunos, que não conseguiram atribuir tal significado, cabem novas perguntas ou até mesmo esclarecimentos ao aluno, para que assim consiga desenvolver uma compreensão das ideias e conceitos apresentados neste relato.

Tabela 1 – Possíveis perguntas e respectivos objetivos

Pergunta	Objetivo
Para que servem o numerador e o denominador?	Identificar qual o entendimento do aluno.
Se dividirmos um mesmo terreno em cada vez mais pedaços do mesmo tamanho, cada pedaço vai se tornando maior ou menor?	Oportunizar a percepção acerca da diminuição das partes de acordo com o aumento do denominador.
Imagine que um terreno for dividido em 10 pedaços de mesmo tamanho. Desses, uma pessoa Y ganhou 3 pedaços enquanto uma pessoa X ganhou 6. Y recebeu 3/10 do terreno, X ganhou 6/10. Quem ganhou a maior porção de terreno?	Oportunizar a percepção acerca do aumento da quantidade total de terreno em decorrência do aumento do numerador diante de um mesmo denominador.

Incentivar resoluções que não utilizem apenas o recurso do desenho para comparar as frações estimula que os alunos recorram às principais noções associadas ao conteúdo e às frações equivalentes, desse modo, as resoluções estarão relacionadas com o momento de formalização do conteúdo.

Como orientação do professor formador, alguns livros didáticos foram consultados para embasar o registro na lousa do conteúdo devidamente formalizado pelo estagiário. Desse modo, a aula planejada se aproxima do trabalho feito por um docente do Ensino Básico, que tende a tomar como base o livro didático.

“Ao compararmos frações com denominadores iguais, a maior fração é a que tiver o maior numerador.”

“Na comparação de frações com denominadores diferentes, inicialmente obtemos frações equivalentes a elas com o mesmo denominador. Em seguida, comparamos as frações equivalentes.”

Figura 4 Comparação de frações (Teixeira, 2022, pp. 115-116)

É este o texto a ser transcrito na lousa após a discussão das resoluções propostas pelos alunos segundo o planejamento previamente realizado. Para que o conteúdo formalizado seja, de fato, construído através da resolução do problema, o professor deve trabalhar com as resoluções e discussões sempre tendo em mente este “ponto de chegada”.

3.2 Desenvolvimento da aula

A aula começou com o estagiário registrando na lousa o enunciado da tarefa, solicitando que os licenciandos realizassem a cópia em seus cadernos. Pediu para proporem resoluções tal como eles consideravam que alunos de 6º ano do Ensino Básico fariam, imaginando que o último conteúdo estudado tivesse sido frações equivalentes. Concluída a cópia, pediu para que *lessem individualmente* o que foi escrito e na sequência leu em voz alta (*leitura conjunta* com os futuros professores), esclarecendo possíveis dúvidas associadas ao enunciado, como antecipado no

planejamento, e abrindo espaço para que fizessem perguntas, o que não ocorreu. Com isso, pediu para que se reunissem em grupos de três integrantes para que *resolvessem o problema*.

Durante a etapa de *observação e incentivo* por parte do estagiário, percorrendo os grupos, os futuros professores não mostraram dificuldade com a resolução. Apesar do pedido de simularem uma turma de 6º ano, entende-se que não é simples se imaginar com as dificuldades associadas a alunos desse nível de escolaridade. Uma hipótese vem da percepção de que alguns dos licenciandos ali presentes não possuíam prática suficiente para simular a relação de um estudante do 6º ano com o conteúdo de frações.

A seguir são apresentadas as *resoluções registradas na lousa* pelos futuros professores, acompanhadas de questionamentos e discussões realizadas após sua apresentação (*plenária*) e a razão pela qual determinada resolução foi selecionada para ser registrada.

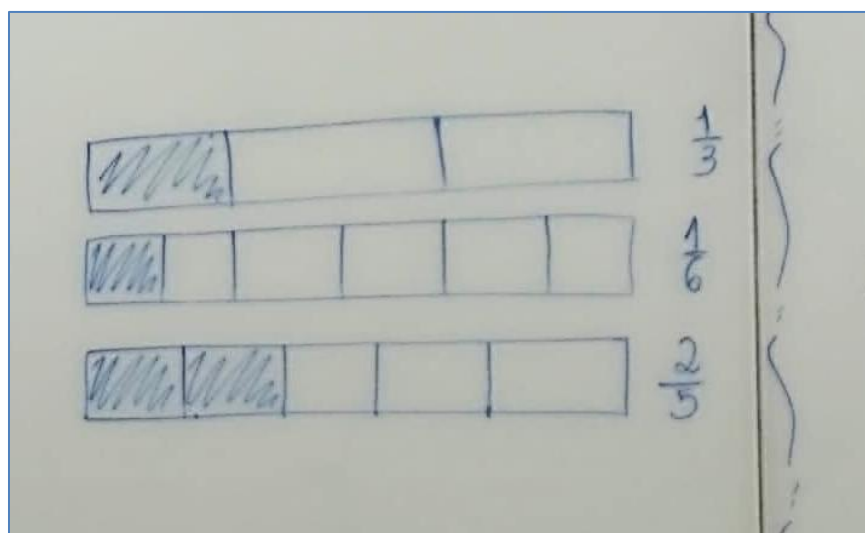


Figura 5 Primeira resolução apresentada

Como esta é uma resolução que recorre a recursos visuais, ela foi a selecionada como a primeira a ser apresentada para a turma toda. O licenciando apresentou, explicando o que fez, verbalizando que, segundo o desenho, a fração de dois quintos representava a maior porção do terreno, portanto o filho caçula recebeu a maior herança. Alguns questionamentos foram realizados diante dos desenhos, sendo eles:

Estagiário: Por qual motivo a barra completa tem o mesmo tamanho nas três representações?

Licenciando: Porque senão, não dá para comparar.

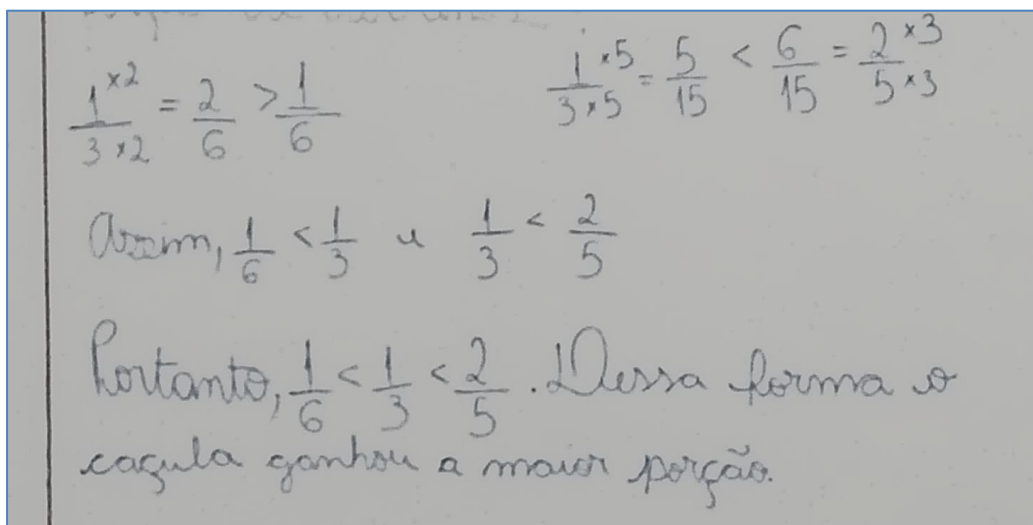
Estagiário: E como você sabe que dá para comparar?

Licenciando: Ah! O todo sempre é o terreno total do pai, por isso a barra tem o mesmo tamanho.

Estagiário: Entendi. Eu vi que a divisão da barra em partes iguais não ficou adequada, principalmente ali no “um terço”. Como a sua resolução vem do desenho, acaba não convencendo muito. E se por causa disso os dois quintos na verdade não são a maior parte?

Licenciando: É, teria que fazer com a régua.

Nessa discussão feita diante de toda a turma, um dos objetivos do estagiário foi de destacar que estas frações são comparáveis pois elas são referentes a um mesmo “todo”, isso é, de uma mesma unidade, pois do contrário, estratégias alternativas seriam necessárias.


$$\frac{1 \times 2}{3 \times 2} = \frac{2}{6} > \frac{1}{6}$$
$$\frac{1 \times 5}{3 \times 5} = \frac{5}{15} < \frac{6}{15} = \frac{2 \times 3}{5 \times 3}$$

Assim, $\frac{1}{6} < \frac{1}{3}$ e $\frac{1}{3} < \frac{2}{5}$

Portanto, $\frac{1}{6} < \frac{1}{3} < \frac{2}{5}$. Dessa forma a caçula ganhou a maior porção.

Figura 6 Segunda resolução apresentada

Esse grupo recorreu de forma imediata às frações equivalentes, igualando os denominadores para realizar a comparação. Nesse caso, o principal trabalho do estagiário foi o de questionar a razão da validade deste processo, isto é, quais as ideias que sustentam o procedimento adotado. Algumas das respostas apenas descreviam o que foi feito, e não o porquê foi feito, e, a partir de questionamentos do estagiário a respeito do motivo pelo qual é necessário igualar os denominadores, os licenciandos argumentaram que só é possível realizar a comparação com os denominadores iguais porque nesse caso cada “pedacinho” teria o mesmo tamanho, bastando a comparação entre a quantidade de “pedacinhos” necessários para representar cada quantidade.

I) $\frac{1}{3} \xrightarrow{\times 2} \frac{2}{6}$; $\frac{1}{6} \rightarrow \frac{2}{6} > \frac{1}{6}$

II) $\frac{2}{5} \xrightarrow{\times 2} \frac{4}{10}$; $\frac{2}{6} \rightarrow \frac{2}{6} < \frac{4}{10}$

III) $\frac{2}{6} > \frac{1}{6} \text{ e } \frac{2}{6} < \frac{4}{10} \rightarrow \frac{4}{10} > \frac{2}{6} > \frac{1}{6}$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 caçula Filha mais velho

R: O caçula ganhou a maior porção de terreno.

Figura 7 Terceira resolução apresentada

A terceira apresentação foi semelhante à segunda, no entanto, no item II da resolução (Figura 7), os alunos recorreram à igualdade entre os numeradores para indicar a maior fração e, por esse motivo, foi selecionada para ser apresentada após a resolução que utilizou apenas a igualdade entre denominadores.

Durante a apresentação, os autores da resolução descreveram o que havia sido realizado, explicando em alguns momentos a razão dos procedimentos adotados. O estagiário, percebendo que a compreensão da turma a respeito da fala dos futuros professores estava diretamente relacionada com um dos principais objetivos de aprendizagem matemática da oficina, comentou após a explicação deles, revisando tudo o que foi dito. Ao comparar as frações de mesmo numerador, o argumento foi: “se você tem a mesma quantidade de pedacinhos, basta comparar o tamanho deles” e “o tamanho de cada pedacinho é dado pelo denominador, quanto maior ele for, menor é o pedacinho”.

Em reflexão após a aula, o estagiário considerou que neste momento poderia ter recorrido aos recursos visuais como forma de evidenciar as ideias que fundamentam a comparação entre frações, dado que a aula havia sido planejada para o 6º ano do Ensino Básico. Assim, uma ilustração para a explicação seria um recurso que poderia potencializar a aprendizagem dos alunos, pois pode auxiliar na visualização e justificativa dos conceitos, especialmente quando eles dependem desse suporte para a atribuição de significado, como uma turma de 6º ano.

Em uma recapitulação das três apresentações, após o *consenso a respeito de estarem corretas*, o estagiário retomou os argumentos utilizados pelos grupos e na sequência informou que faria uma escrita que resumiria os principais pontos discutidos a respeito da comparação entre frações, realizando uma *formalização do conteúdo*, a qual deveria ser copiada por eles em seus cadernos.

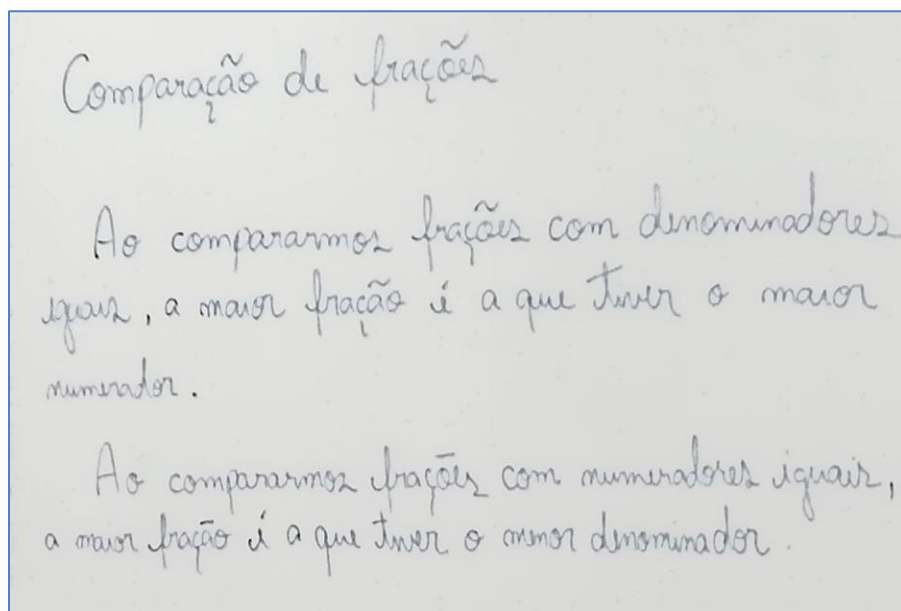


Figura 8 Primeira parte da formalização

Nesse primeiro momento, nomeia-se o tópico como “comparação de frações”, e se expõe a ideia principal de que é possível uma comparação direta entre frações caso tenham denominadores iguais ou numeradores iguais.

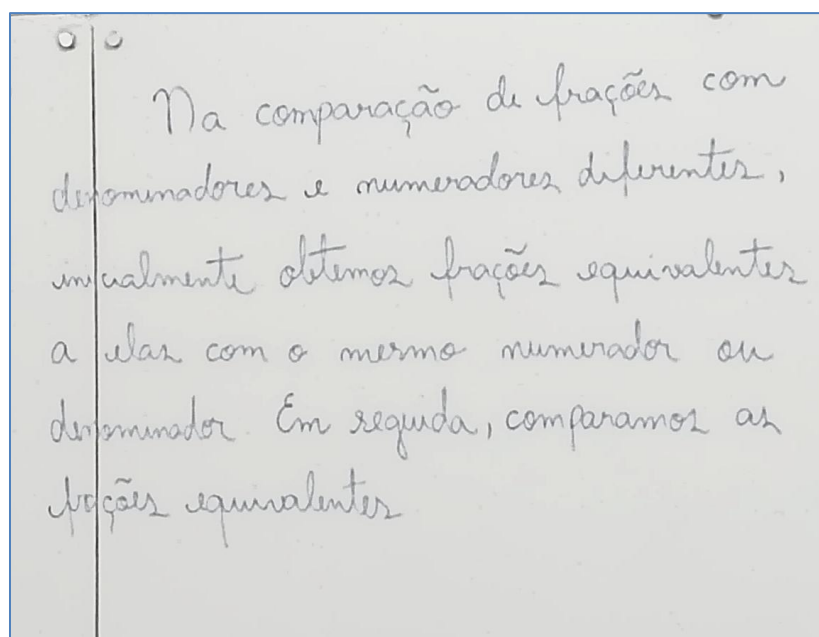


Figura 9 Segunda parte da formalização

Nesta segunda parte o objetivo era evidenciar que quando não há numerador comum ou denominador comum, é necessário recorrer às frações equivalentes até que se obtenha alguma das situações descritas na primeira parte da formalização do conteúdo.

Como não foi encontrada alguma explicação para a comparação de frações de numeradores iguais sem a utilização de frações equivalentes no material didático de Teixeira (2022), ao passo que este foi um argumento utilizado pelos alunos, o estagiário decidiu adaptar, conforme a Figura 9, a escrita proposta no livro didático, apresentada na Figura 4, para incluir o caso em que os numeradores são iguais. No entanto, incluir esse detalhe conforme feito na Figura 9 como uma adaptação do que está na Figura 4 foi uma ideia que surgiu naquele momento, a escrita não foi considerada clara pelo estagiário, sendo este um comentário realizado pelo próprio aos futuros professores a partir de um questionamento do professor formador ao final da aula. Assim foi destacada a necessidade de verificar possíveis dúvidas a respeito da definição da Figura 9 com os alunos do Ensino Básico em algum momento posterior.

Após isso, a aula foi encerrada.

3.3 Discussão após a aula

A discussão da teoria referente à aula foi feita a partir do artigo de Onuchic (2022), que situa historicamente a Resolução de Problemas e introduz a metodologia de modo a apresentar as ideias fundamentais que a sustentam, tais como:

o problema é visto como ponto de partida para a construção de novos conceitos e novos conteúdos; os alunos sendo co-construtores de seu próprio conhecimento e os professores como responsáveis por conduzir esse processo (p. 11)

Ao serem questionados pelo professor formador se estes aspectos foram percebidos na aula do estagiário, os alunos indicaram que sim, considerando que o enunciado apresentava aspectos essenciais do conteúdo a ser formalizado, e que, conforme o relato exposto, participaram ativamente da construção do procedimento matemático mediante a condução do estagiário. Na sequência do estudo, foi lida a sugestão de roteiro apresentada em Onuchic (2022) para a implementação de um trabalho através da Resolução de Problemas contendo as nove etapas, conforme mencionado anteriormente: preparação do problema; leitura individual; leitura em conjunto; resolução do problema; observar e incentivar; registro das resoluções na lousa; plenária; busca do consenso e formalização do conteúdo. Ao serem questionados, os professores em formação afirmaram, ainda que timidamente devido às características deles enquanto turma, o reconhecimento destas etapas na oficina do estagiário, indicando os momentos referentes a cada etapa, coincidindo com aqueles destacados na subseção 3.2 deste artigo.

Em um segundo momento, os professores em formação puderam realizar perguntas ao estagiário sobre a prática desenvolvida. Diante disso, questionaram aspectos como as principais dificuldades enfrentadas por ele durante a aula, as quais segundo ele se referiram à adaptação improvisada da formalização do conteúdo diante do que haviam apresentado como resolução e o pouco incentivo para a interação entre eles durante a oficina. Este último aspecto pode ser aprimorado em planejamentos futuros, por exemplo, por meio de perguntas que incentivem os alunos a compararem as resoluções apresentadas. Com relação a adaptação improvisada da formalização do conteúdo, poderia também ter sido realizada uma discussão com os futuros professores sobre o planejamento conter uma formalização que não se baseie em um único livro

didático, de modo a incorporar diferentes ideias que surjam das resoluções dos alunos, mas mantendo uma escrita que seja clara e precisa.

4. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRÁTICA E PRINCIPAIS RESULTADOS

Tendo em vista a oficina realizada na intenção de potencializar o estudo teórico a partir de uma prática de ensino através da Resolução de Problemas, os futuros professores apresentaram indícios de compreensão sobre o que é uma aula na perspectiva da Resolução de Problemas, tal como perceberam, tanto na prática do estagiário quanto na leitura do texto acadêmico, as ações esperadas de um professor que se propõe a adotar essa perspectiva.

A experiência foi uma oportunidade para se familiarizarem com uma tendência pedagógica em Educação Matemática que poderiam utilizar na realização do Estágio de Regência, pois puderam ter um contato próximo da dinâmica da aula que é esperada deles pelos seus professores formadores e conversar com um professor em início de carreira, que ainda compartilhava de várias das inseguranças associadas aos primeiros anos de docência, fato este que o estagiário não omitiu, oportunizando uma legitimação das dificuldades e incertezas experienciadas pelos futuros professores por alguém que há pouco tempo também passou pelo mesmo processo.

Posteriormente, em uma autoavaliação realizada na unidade curricular de Estágio I – em período no qual o estagiário já havia concluído a realização de seu estágio pedagógico do Mestrado – na qual os futuros professores deveriam citar uma ação desenvolvida em Estágio I que gostariam que também fosse realizada na próxima unidade curricular referente ao Estágio que teriam no curso, bem como sua importância, alguns citaram a ação desenvolvida pelo estagiário e a importância que consideraram do trabalho desenvolvido por ele para a compreensão da metodologia no sentido de primeiro realizar a aula com eles, para que depois fossem discutidos aspectos teóricos.

Além disso, também foi destacado na autoavaliação o papel de vivenciarem na posição de alunos uma aula na perspectiva da Resolução de Problemas para que a utilizassem posteriormente em seu Estágio de Regência, indo ao encontro da relevância destacada por King (2019) no que diz respeito a um modelo inicial da metodologia de ensino ao professor em formação.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A partir da avaliação da implementação da prática, na qual primeiro foi oportunizado que os futuros professores vivenciassem a prática de ensino para que depois pudessem estudá-la em seus aspectos teóricos, é possível concluir que este relato contém uma ação formativa promissora para promover proximidade entre teoria e prática, potencializando uma compreensão a respeito de tendências em Educação Matemática como a Resolução de Problemas.

No que diz respeito aos limites da prática realizada, mesmo se tratando de uma simulação de uma aula para uma turma de alunos do 6º ano do Ensino Básico, a experiência acabou não oferecendo condições para que algumas dificuldades esperadas na sala de aula se manifestassem, como lidar com alunos que não tem uma atitude positiva em relação a aprender ou a falta de

conhecimento matemático dos alunos para lidar com a tarefa (Sawyer, 2023). Desse modo, é sugerido à demais formadores que ao realizarem práticas como a presente no relato, também procurem integrar e problematizar dificuldades típicas de um 6º ano para que sejam trabalhadas com os futuros professores.

Além disso, sobre a prática na perspectiva do estagiário, o planejamento mostrou-se como fundamental para que a metodologia não fosse eventualmente descaracterizada, pois foi determinante na realização de questionamentos que não só puderam promover a atribuição de significado às frações através da resolução da tarefa, mas também o auxiliou a realizar a formalização do conteúdo a partir das resoluções dos alunos.

A experiência também constituiu uma oportunidade de desenvolvimento profissional ao estagiário, pois ele pôde revisitar sua experiência de Estágio Curricular Obrigatório realizado na graduação, pois tal como no estágio pedagógico de Mestrado que estava realizando, também foi orientado por um professor formador no objetivo de desenvolver uma aula de Matemática na perspectiva de ensino através da Resolução de Problemas em algum tópico do Ensino Básico. Essa oportunidade implicou para o estagiário a reafirmação de ideias sobre o ensino de Matemática em um momento em que já existia nele uma maior maturidade para refletir a respeito de uma aula segundo alguma tendência em Educação Matemática.

Desse modo, as crenças e perspectivas desenvolvidas na formação inicial podem ser eventualmente esquecidas caso um professor se deixe levar pelas práticas tradicionais de ensino, que devido ao seu caráter hegemônico, podem sobrepor o que se aprende nas tendências em Educação Matemática. Este pode ser o caso de diversos futuros professores caso não estejam inseridos em contextos de desenvolvimento profissional quando concluírem a formação inicial.

REFERÊNCIAS

- Bicalho, J. B. de S., Allevato, N. S. G., & Silva, J. F. da. (2020). A Resolução de Problemas na formação inicial: compreensões de futuros professores de Matemática. *Educação Matemática Debate*, 4(10), 1–26. <https://doi.org/10.46551/emd.e202042>
- Costa, S., & Allevato, N. S. G. (2014). A escrita de (futuros) professores de matemática na resolução de um problema sobre o volume do cilindro. *Revista Educação Em Questão*, 49(35), 127–152. <https://doi.org/10.21680/1981-1802.2014v49n35id5907>
- King, B. (2019). Using Teaching Through Problem Solving to Transform In-Service Teachers' Thinking about Instruction. *Mathematics Teacher Education and Development*, 21(1), 18-36.
- Mendes, L. O. R., & Proença, M. C. de. (2020). O Ensino de Matemática via Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professores. *Revista De Educação Matemática*, 17, e020014. <https://doi.org/10.37001/remat25269062v17id255>.
- Onuchic, L. de la R., & Allevato, N. S. G. (2011). Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. *Bolema - Boletim de Educação Matemática*, 25(41), 73–98. <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/5739>
- Onuchic, L. de la R., & Morais, R. S. (2013). Resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática. *Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 15(3), 671–691. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/16951>
- Onuchic, L. de la R. (2022). Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas. *INTERMATHS*, 3(1), 8–16. <https://doi.org/10.22481/intermaths.v3i1.11037>.

- Prado, M. A. do, & Allevato, N. S. G. (2010). O Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Geometria através da Resolução de Problemas. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 5(1), 1-20.
- Sawyer, R. (2023). *A professional development programme for teaching mathematics through problem solving* [Tese de doutorado, Sheffield Hallam University]. Sheffield Hallam University Research Archive. <https://shura.shu.ac.uk/32687/>
- Tahan, M. (2010). *O Homem que Calculava* (79ª ed.). Editora Record.
- Teixeira, L. A. (2022). *Superação: Matemática 6º ano* (1ª ed). Editora Moderna.
- Van de Walle, J. A. (2009). *Matemática no Ensino Fundamental: Formação de professores e aplicação em sala de aula* (P. H. Colonese, Trad.). Artmed. (Obra original publicada em 2007).

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.

**ARTICULAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO-PRÁTICA SOBRE OS CONTEÚDOS CORDIAIS NA
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: DEZ ANOS TRILHANDO CAMINHOS PARA FORMAR
PROFESSORES COMO AGENTES SOCIOCULTURAIS**

ARTICULATING RESEARCH-PRACTICE ON CORDIAL CONTENT IN SCIENCE EDUCATION: TEN YEARS
ON THE ROAD TO TRAINING TEACHERS AS SOCIO-CULTURAL AGENTS

ARTICULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN-PRÁCTICA SOBRE LOS CONTENIDOS CORDIALES EN LA
EDUCACIÓN EN CIENCIAS: DIEZ AÑOS TRAMANDO CAMINOS PARA FORMAR DOCENTES COMO
AGENTES SOCIOCULTURALES

**Roberto Dalmo Oliveira¹, Glória Regina Queiroz², Ernani Viana de Souza Júnior³, Eliane de Souza Cruz⁴
& J. Bernardino Lopes^{5,6}**

¹Universidade Federal do Paraná - UFPr, Brasil
robertodalmo7@gmail.com

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UER, Brasil
gloriapcq@gmail.com

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) - Campus Luziânia, Brasil
ernani.souza@ifg.edu.br

⁴Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP - campus Diadema, Brasil
ecruz@unifesp.br

⁵Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
blopes@utad.pt

⁶CIDTFF-Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Portugal

RESUMO | O presente artigo acadêmico resulta da reescrita e da revisão da linguagem oral de uma mesa redonda, promovida no âmbito da APeDuC Revista, que se focou na articulação entre a investigação educativa e as práticas pedagógicas nas áreas de ciências, matemática e tecnologia (CMT). O (pré)texto para o diálogo foi o artigo seminal "Professores de Ciência como Agentes Socioculturais e Políticos: A Articulação Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais" (Oliveira & Queiroz, 2016). A discussão, com a participação de autores, investigadores e um editor, centrou-se no conceito de Conteúdos Cordiais (CC), uma proposta de integração da Ética da Razão Cordial (Cortina, 2007) e da Educação em Direitos Humanos (EDH) no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK na sigla em inglês). Foram discutidos a natureza dos CC (como constructo epistemológico e não mera adição de valores), os seus desenvolvimentos recentes (incluindo a conexão com etnociência) e os constrangimentos para a sua adoção nas práticas formativas e educativas, a sua exequibilidade na sala de aula e os constrangimentos na formação de professores. O artigo destaca a relevância dos CC para abordar a complexidade da realidade e apela a uma dinâmica de articulação investigação-prática baseada na co-criação e no diálogo horizontal, essencial para o avanço de uma educação em ciências mais humanizada e politicamente consciente. O texto culmina com um apelo a uma agenda de investigação-ação que supere a fragmentação entre o conhecimento científico e os valores socioculturais, promovendo uma educação em CMT mais justa e humanizada.

PALAVRAS-CHAVE: Conteúdos Cordiais; Formação de Professores; Educação em Ciências; Razão Cordial; Articulação Investigação-Prática.

ABSTRACT | This paper is the result of the rewriting and revision of the oral language of a round table, promoted within the scope of APEDuC Journal, which focused on the articulation between educational research and pedagogical practices in the areas of science, maths and technology (STEM). The (pre)text for the dialogue was the seminal article 'Science Teachers as Sociocultural and Political Agents: The Articulation of Social Values and the Development of Cordial Content' (Oliveira & Queiroz, 2016). The discussion, with the participation of authors, researchers and an editor, centred on the concept of Cordial Content (CC), a proposal for integrating the Ethics of Cordial Reason (Cortina, 2007) and Human Rights Education (HRE) into Pedagogical Content Knowledge (PCK). The nature of CC (as an epistemological construct and not a mere addition of values), its recent developments (including the connection with ethnoscience) and the constraints to its adoption in training and educational practices, its feasibility in the classroom and the constraints in teacher training were discussed. The article highlights the relevance of CCs in addressing the complexity of reality and calls for a dynamic articulation of research and practice based on co-creation and horizontal dialogue, which is essential for the advancement of a more humanised and politically aware science education. The text culminates with a call for an action-research agenda that overcomes the fragmentation between scientific knowledge and socio-cultural values, promoting a more just and humanised TMC education.

KEYWORDS: Cordial Contents; Teacher Training; Science Education; Cordial Reason; Research-Practice Articulation.

RESUMEN | El presente artículo académico es el resultado de la reescritura y revisión del lenguaje oral de una mesa redonda, promovida en el marco de la APEDuC Revista, que se centró en la articulación entre la investigación educativa y las prácticas pedagógicas en las áreas de ciencias, matemáticas y tecnología (CMT). El (pre)texto para el diálogo fue el artículo seminal «Profesores de ciencia como agentes socioculturales y políticos: la articulación de valores sociales y la elaboración de contenidos cordiales» (Oliveira y Queiroz, 2016). El debate, en el que participaron autores, investigadores y un editor, se centró en el concepto de Contenidos Cordiales (CC), una propuesta de integración de la Ética de la Razón Cordial (Cortina, 2007) y la Educación en Derechos Humanos (EDH) en el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK, por sus siglas en inglés). Se discutió la naturaleza de los CC (como constructo epistemológico y no como mera adición de valores), sus desarrollos recientes (incluida la conexión con la etnociencia) y las limitaciones para su adopción en las prácticas formativas y educativas, su viabilidad en el aula y las limitaciones en la formación del profesorado. El artículo destaca la relevancia de los CC para abordar la complejidad de la realidad y aboga por una dinámica de articulación entre la investigación y la práctica basada en la cocreación y el diálogo horizontal, esencial para el avance de una educación en ciencias más humanizada y políticamente consciente. El texto culmina con un llamamiento a una agenda de investigación-acción que supere la fragmentación entre el conocimiento científico y los valores socioculturales, promoviendo una educación en CMT más justa y humanizada.

PALABRAS CLAVE: Contenidos cordiales; Formación de profesores; Educación en ciencias; Razón cordial; Articulación investigación-práctica.

1. INTRODUÇÃO

A mesa redonda que esteve na origem deste artigo integrou a Secção 3 da *APeDuC Revista* e teve como mote a articulação entre a investigação e as práticas educativas em ciências, matemática e tecnologia. O diálogo focou-se no artigo de Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira e Glória Regina Pessoa Campello Queiroz (2016), publicado na Revista Debates em Ensino de Química, cujo título — “Professores de Ciência como Agentes Socioculturais e Políticos: A Articulação de Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais” — expressa uma proposta inovadora de formação docente. A discussão foi moderada por J. Bernardino Lopes (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro), com a participação de Eliane de Souza Cruz (Universidade Federal de São Paulo), Ernani Viana de Souza Junior (Instituto Federal de Goiás), e os autores do artigo, Roberto Dalmo e Glória Queiroz.

A sessão estruturou-se em quatro momentos: (i) apresentação dos participantes; (ii) exposição dos autores sobre o artigo e o conceito de conteúdos cordiais; (iii) debate em torno das questões orientadoras propostas — centradas na problemática conceitual e investigativa dos conteúdos cordiais; e (iv) reflexão final sobre práticas educativas, formação docente e possibilidades de ampliação do impacto da proposta no campo da educação em ciências.

1.1 Contexto teórico e relevância do debate

O conceito de conteúdos cordiais proposto por Oliveira e Queiroz (2016) nasce da intersecção entre o conhecimento pedagógico de conteúdo (Shulman, 1987), a educação em direitos humanos e a ética da razão cordial (Cortina, 2007). A ética cordial propõe uma racionalidade que integra o cognitivo e o afetivo, convocando a empatia e a justiça como fundamentos do agir moral. Quando transposta para o ensino de ciências, esta abordagem busca superar o dualismo entre razão e emoção, reconhecendo o carácter sociopolítico e cultural da atividade científica. Tal perspectiva ecoa a pedagogia dialógica de Paulo Freire (1996), que defende uma educação comprometida com a emancipação e com o reconhecimento do outro como sujeito histórico.

Os conteúdos cordiais configuram, portanto, uma forma de repensar o ensino das ciências a partir de problemas reais que afetam comunidades humanas e não humanas, implicando um diálogo entre saberes científicos e saberes tradicionais — indígenas, afro-brasileiros e locais — numa perspectiva intercultural e decolonial (Mazzocchi, 2018; Kopenawa & Albert, 2015⁹). Esta abertura epistemológica desafia a visão hegemónica de ciência e promove a construção de uma racionalidade ética que reconhece a diversidade de formas de conhecer o mundo (Santos, 2018).

1.2 A articulação entre investigação e prática educativa nos conteúdos cordiais

O debate sublinhou que a força transformadora dos conteúdos cordiais depende da integração entre investigação e prática. Como observou Bernardino Lopes na introdução, a mesa redonda inscreve-se no propósito da *APeDuC Revista* de aproximar a produção académica das dinâmicas reais da sala de aula. Nesta perspectiva, os investigadores presentes partilham o entendimento de que o ensino de ciências deve ser um espaço de desenvolvimento epistémico e ético dos alunos, promovendo a reflexão crítica sobre os impactos sociais, ambientais e políticos da ciência (Aikenhead, 2006; Hodson, 2014).

A articulação profícua entre a investigação e a prática educativa, especialmente nas áreas das Ciências, Matemática e Tecnologia (CMT), constitui um desafio persistente no panorama educativo internacional (Shulman, 1987). A teoria, muitas vezes gerada em contextos académicos, nem sempre encontra ressonância ou modelos de transposição eficazes para a complexidade do ambiente escolar. Para debater esta dinâmica e o seu potencial impacto na formação de professores e nas práticas de sala de aula com foco na perspetiva dos "conteúdos cordiais", realizou-se uma mesa redonda, no âmbito da *APeDuC Revista*, tomando como ponto de partida o artigo seminal de Oliveira e Queiroz (2016), intitulado "Professores de Ciência como Agentes Socioculturais e Políticos: A Articulação Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais". Este trabalho fundamenta-se na Ética da Razão Cordial de Adela Cortina (2007) e na Educação em Direitos Humanos, procurando intervir nas crenças dos professores de ciências para expandir o seu Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, na sigla em inglês). A proposta insere-se na linha de pensamento de autores como Vera Candau (2014), que concebe o professor como um agente sociocultural e político, cuja ação pedagógica deve promover a articulação entre igualdade e diferença. A perspetiva central é a de que o professor de ciências deve ser reconhecido e formado como um agente sociocultural e político, capaz de integrar valores sociais, como a Ética da Razão Cordial (Cortina, 2007) e a Educação em Direitos Humanos, na própria estrutura da disciplina. A Ética da Razão Cordial preconiza uma obrigação moral enraizada no reconhecimento recíproco e na dignidade do outro, um imperativo crucial para a cidadania no século XXI (Cortina, 2007).

A formação docente surge, assim, como campo privilegiado de mediação entre teoria e prática. A discussão revelou que a incorporação dos conteúdos cordiais nos currículos de licenciatura e nos programas de extensão universitária tem possibilitado a construção de práticas pedagógicas mais humanas, dialogadas e socialmente engajadas. Os autores salientaram, no entanto, os constrangimentos impostos por políticas educativas de caráter avaliativo e tecnocrático, que frequentemente limitam a autonomia do professor e o tempo destinado à reflexão crítica.

1.3 Principais tópicos debatidos

Durante a mesa redonda, as reflexões organizaram-se em torno de quatro eixos centrais: (a) A problemática do conceito de conteúdos cordiais; (b) A investigação do ensino de ciências nesta perspetiva; (c) A investigação na formação de professores; e (d) A relevância, exequibilidade e agenda futura para a articulação investigação-prática sobre conteúdos cordiais.

Da convergência destas reflexões emergiu uma visão plural e evolutiva do conceito — mais como projeto coletivo em movimento do que como doutrina fechada —, em que a ética, o diálogo e o compromisso social se tornam pilares de uma educação científica transformadora.

1.4 Ideias principais que emergiram desta mesa-redonda

A síntese das ideias que emergiram desta discussão aponta para o CC como um constructo epistemológico essencial para enfrentar a complexidade da realidade (Morin, 2000, 2015). Os CC representa um movimento para a desfragmentação do conhecimento e para a superação da visão de uma ciência neutra e descontextualizada. Os participantes concordaram que o maior desafio reside na alteração das crenças dos professores sobre a natureza da Ciência e no desenvolvimento

de uma postura político-ética, sendo a co-criação entre investigadores e educadores a via mais promissora para a implementação efetiva desta perspectiva.

A discussão revelou que os "conteúdos cordiais" representam um projeto mais do que um mero conceito, cujo núcleo principal é a articulação inegociável entre os conteúdos conceituais das Ciências Exatas e Naturais e os valores da ética da razão cordial. O principal impacto reside em oferecer aos professores um modelo para integrar, de forma significativa, as exigências curriculares relativas a temáticas sociais e culturais (como as leis brasileiras 10.639/03 e 11.645/08) que tornam obrigatória a inclusão de conhecimentos da história e cultura afro-brasileira e indígena no currículo escolar. No entanto, foram levantados constrangimentos significativos, como as crenças e comportamentos dos professores reforçados por contextos socioculturais externos, e a dificuldade de concretizar o projeto em sequências didáticas rotineiras.

2. CONTEXTO E RELEVÂNCIA DOS CONTEÚDOS CORDIAIS PARA OS PROFESSORES COMO AGENTES SOCIOCULTURAIS

J. Bernardino Lopes. A mesa redonda teve início com as palavras do Professor J. Bernardino Lopes, editor da *APeDuC Revista*, que contextualizou o encontro e pediu para os convidados se apresentarem (ver breve biografia no final). Enfatizou que o objetivo principal era articular a investigação e as práticas educativas em ciências, matemática e tecnologia, tomando como base o artigo "Professores de Ciência como Agentes Socioculturais e Políticos: A Articulação de Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais" (de Oliveira & Queiroz, 2016). Destacou que este trabalho, publicado na Revista Debates em Ensino de Química, representa um marco epistemológico e ético na discussão sobre o papel sociocultural e político dos professores de ciências.

Após os participantes se apresentarem, Bernardino Lopes convidou os autores, Glória Regina Pessoa Campello Queiroz e Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira, a apresentarem o artigo, explicitando o contexto de criação, as motivações e a relevância do conceito de conteúdos cordiais.

Glória Queiroz. O artigo em questão detalha a trajetória e a fundamentação do desenvolvimento de um projeto que visa integrar a Educação em Direitos Humanos (EDH) no campo da Educação em Ciências. O ponto de partida foi uma prática que, embora já fosse realizada esporadicamente em décadas anteriores, ganhou urgência e relevância com o aumento de problemas observados no contexto escolar e com a chegada do colega Roberto à pós-graduação.

Essa articulação foi influenciada pela formação inicial da primeira autora, que teve contato com o trabalho da Professora Vera Candau, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), que lidera um consolidado grupo de pesquisa com foco em EDH, composto predominantemente por pedagogos. Contudo, na época da pesquisa de tese do coautor, a limitação da EDH a disciplinas como Psicologia e História era percebida como um obstáculo à participação de professores de áreas como Física, Química e Biologia.

Para superar essa restrição e permitir a contribuição dos professores de Ciências, o projeto buscou a fusão de dois referenciais teóricos centrais:

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC) tradução do Pedagogical Content Knowledge (PCK), proposto por Shulman (1987), que havia sido utilizado pela primeira autora em sua tese de doutorado. O CPC refere-se à capacidade do professor de transformar o conhecimento da matéria em formas pedagogicamente poderosas, adaptadas para o ensino.

Ética da Razão Cordial, da filósofa Adela Cortina, que enfatiza a insuficiência da "razão cognitiva" (razão pura) para lidar com a complexidade dos problemas sociais, especialmente em um contexto de crescente violação de direitos humanos no Brasil. A ética da razão cordial incorpora a dimensão do sentimento e do reconhecimento mútuo.

A união desses referenciais resultou na proposição dos Conteúdos Cordiais, que estão explicitados no artigo de 2016 e foram o conceito central da tese defendida pelo coautor no ano seguinte. Os Conteúdos Cordiais representam uma proposta dinâmica e aberta, não um conceito fechado, que busca integrar os conteúdos das Ciências (Física, Química, Biologia, etc.) com a dimensão ética e humanística da EDH.

A proposta dos Conteúdos Cordiais tem sido expandida para incluir temas como os relacionados aos povos originários do Brasil e aos povos africanos, sendo abordados nas aulas e em projetos de extensão desenvolvidos nas escolas. Os resultados desses trabalhos têm demonstrado ser impactantes para os professores, que se apropriam da ideia e adaptam-na aos seus próprios contextos, incentivando a colaboração interdisciplinar entre diferentes docentes.

Roberto Oliveira. O artigo intitulado "Professores de Ciências como Agentes Socioculturais e Políticos: Articulações entre Valores Sociais e a Elaboração de Conteúdos Cordiais" surgiu num período em que se estudava intensamente o pensamento de Vera Candau. A autora publica uma obra que propõe o mesmo enquadramento, "professores como agentes socioculturais e políticos", focando-se na formação de professores. Este modelo de formação enfatiza critérios para o desenvolvimento de uma pedagogia voltada para o empoderamento, que implica o reconhecimento e o enfrentamento das assimetrias de poder existentes na sociedade. No contexto de uma sociedade como a brasileira, marcada por 30 anos de ditadura, era fundamental conceber uma educação que prevenisse a repetição de tais eventos, valorizando, para isso, princípios de educação para a sociedade e para a cidadania. A abordagem deste modelo, nomeadamente os seus tópicos, revelou-se de grande interesse. O trabalho no campo da educação em direitos humanos, que privilegia a construção de valores em detrimento da memorização de regras, foi significativamente influenciado pela obra de Candau.

No entanto, identificou-se um ponto cego nesta abordagem: a especificidade da educação científica. A preocupação residia no facto de uma professora em formação (na graduação) poder receber informações sobre direitos humanos em disciplinas de Educação ou Psicologia sem conseguir transpor esse conhecimento para a sua prática específica como docente de ciências. Este era o principal desafio. Não existia um espaço de diálogo entre indivíduos com formação semelhante para abordar os problemas específicos da área, que exigem o domínio de conteúdos conceptuais próprios do campo do conhecimento das ciências.

A escrita do artigo coincidiu com a leccionação, na Universidade Federal do Tocantins, de uma disciplina sobre educação em direitos humanos para estudantes de Química, Física e Biologia. A questão era como um professor da área de educação em ciências poderia ministrar estes tópicos de forma a ir além da mera emulação do que um filósofo ou sociólogo faria, articulando os conhecimentos de forma eficaz.

Neste contexto, o conceito de PCK de Shulman (1987) ressurgiu como uma referência importante, na linha do modelo consensual de base de conhecimentos apresentado por Fernandes (2015), o qual contempla a presença de valores. A necessidade de operacionalizar a pedagogização desses conteúdos conduziu à emergência dos "Conteúdos Cordiais" como um projeto inicial (a noção de "conceito" surgiu mais tarde).

O cerne do projeto consistia em definir o que seria necessário e inegociável na formação em direitos humanos para os futuros profissionais das ciências da natureza. Em termos de classificação, o desafio era integrar os conteúdos atitudinais (ligados à formação em direitos humanos) com os conteúdos conceptuais (fundamentais para as ciências da natureza). O artigo aborda esta questão, ilustrando-a com o exemplo da formação ministrada na Universidade Federal do Tocantins.

Glória Queiroz. O impacto da apresentação de conteúdos de astronomia cultural e intercultural para professores é considerado altamente relevante. Muitos docentes, especialmente nas áreas de Ciências da Natureza (Física, Biologia, Química), chegam buscando cumprir as Leis 10.639/2003 e 11.645/2008, que tornam obrigatória a inclusão de conhecimentos da história e cultura afro-brasileira e indígena no currículo escolar. No entanto, em muitos casos, os professores, a exemplo de um professor de Física contactado inicialmente, não possuem repertório para atender a essa exigência.

Ao apresentar a astronomia cultural de diversas culturas, o tema torna-se mais acessível ao professor, que passa a reconhecer a sua pertinência. Isso o estimula a buscar mais informações sobre outras culturas e, assim, contribui para o seu próprio empoderamento e para a desconstrução do senso comum que, ainda hoje, trata os povos indígenas como "primitivos" ou destituídos de racionalidade. Tal visão nega a capacidade desses povos de desenvolverem conhecimentos que alguns autores, como o colega brasileiro Vitor Machado (2025) no livro **O Espectro de Jenipapo**, defendem ser uma outra forma de ciência, distinta da "ciência de Estado".

O cerne da abordagem reside em evidenciar como os povos originários utilizam o conhecimento que produzem para a preservação da natureza. A ciência (Física, Química, Biologia) é essencial para a compreensão e a preservação do planeta. Nesse contexto, os "conteúdos cordiais" são definidos como conteúdos científicos abordados com base nos valores da ética da razão cordial. São propostos como resposta a problemas socioculturais, buscando soluções pela aproximação e criação de novos conteúdos que integrem a ciência hegemônica e os conhecimentos de outras culturas.

Essa integração, contudo, é reconhecidamente complexa. O trabalho apoia-se no referencial de pesquisadores como o italiano Mazzochi (2006, 2018), que discute as dificuldades na "integração" entre a ciência ocidental e o conhecimento tradicional, notando que a interculturalidade exige respeito mútuo e a colocação das culturas em pé de igualdade.

Observa-se um movimento crescente de autores indígenas, como Davi Kopenawa Yanomami (Albert; Kopenawa, 2010), e grupos de pesquisa (indígenas e não indígenas) dedicados à produção de materiais de divulgação de conhecimentos ancestrais. Os "conteúdos cordiais" não são um conceito totalmente novo, visto que as leis de inclusão já existem e há educadores, como "Vera", que já promovem a cordialidade com outros tipos de conteúdo, não apenas nas Ciências da Natureza. A contribuição atual reside na aplicação desse conceito nas áreas das Ciências da

Natureza, levando em conta conhecimentos de outros povos e culturas, uma inovação que já se consolida ao longo de quase uma década.

J. Bernardino Lopes. Agradeço à Glória e ao Roberto a apresentação do vosso artigo, destacando a sua importância, relevância e o impacto que tem vindo a ter na comunidade académica e educativa. Passaremos a um momento de debate, com a participação de todos, o qual constitui uma oportunidade para refletirmos, com base no artigo e nas ideias apresentadas, sobre a componente investigativa desta proposta.

3. PROBLEMÁTICA CONCEPTUAL DA PROPOSTA DOS CONTEÚDOS CORDIAIS

J. Bernardino Lopes. Iniciamos com um conjunto de questões que procuram aprofundar a problemática do conceito de "conteúdos cordiais".

Gostaríamos de retomar a referência feita pela Glória, que evoca o argumento central de Adela Cortina, o qual sustenta que a razão cognitiva é insuficiente para a compreensão mútua entre os seres humanos, requerendo, por isso, a componente da cordialidade e, mais especificamente, da razão cordial. A partir deste pressuposto, a autora desenvolve uma ética baseada neste conceito, conforme mencionado pela Glória.

Propomos, assim, uma reflexão sobre o conceito de "conteúdo cordial" neste contexto, focando-nos no que é essencial e acessório no mesmo. É fundamental clarificar se os "conteúdos cordiais" são conceitos científicos analisados na perspetiva da ética da razão cordial e dos direitos humanos, ou se, pelo contrário, estão diretamente relacionados com a ética da razão cordial e dos direitos humanos.

Por fim, e dirigindo-nos particularmente à Glória e ao Roberto, questionamos quais os novos desenvolvimentos que têm surgido no conceito de "conteúdos cordiais" desde a publicação do vosso artigo em 2016.

Sugere-se começar pela discussão do conceito em si, permitindo uma reflexão inicial, e dar a palavra ao Ernani e, subsequentemente, à Eliane, antes de o Roberto e a Glória apresentarem as suas reflexões.

Ernani Souza Jr. A pesquisa sobre a temática dos conteúdos cordiais, iniciada durante o desenvolvimento da minha tese de doutoramento, centrou-se inicialmente na análise do próprio livro enquanto projeto e na sua apropriação subsequente como conceito por diversos investigadores. A produção científica sobre este tema é significativa, o que motivou um capítulo da tese dedicado ao estudo do desenvolvimento e publicação de artigos relacionados com os conteúdos cordiais.

Um levantamento bibliográfico realizado entre 2017 e 2023 identificou 118 trabalhos que abordam os conteúdos cordiais. Destes, 38 empregam ou referenciam o conceito, sendo que 34 o utilizam especificamente em relação à reprodução ou implementação da prática pedagógica que lhe está associada.

Estes trabalhos — que englobam artigos, teses, dissertações e monografias de conclusão de curso — dedicam-se a elaborar, discutir, aplicar e testar propostas de intervenção pedagógica. Estas intervenções podem basear-se num dos capítulos dos três livros fundamentais sobre os conteúdos cordiais (Oliveira; Queiroz, 2017; Teixeira, Oliveira, Queiroz, 2019; Santos, Queiroz,

Oliveira, 2021), ou consistir na criação de novas propostas ancoradas na ética da razão cordial, com posterior análise da sua prática.

Observa-se que, no período posterior à publicação do artigo e dos três livros, a apropriação explícita do termo "conteúdos cordiais" demonstra-se ainda discreta. Tal como referido por outros autores (e.g., Glória), é importante notar que as práticas pedagógicas baseadas na ética da razão cordial nem sempre são designadas explicitamente como "conteúdos cordiais". Muitos profissionais desenvolvem práticas alinhadas com a educação em direitos humanos que, ao incorporarem a ética da razão cordial, acabam por se apropriar dos seus pressupostos sem recorrer necessariamente ao conceito de "conteúdos cordiais". Adicionalmente, a adoção da ética da razão cordial não constitui, por si só, um critério exclusivo para a identificação da prática dos conteúdos cordiais.

Roberto Oliveira. O projeto "Conteúdos Cordiais" é concebido não apenas como um conceito, mas como uma iniciativa de natureza plural, materializada numa série de três livros. Esta obra reuniu mais de 90 colaboradores, incluindo professores da educação básica e do ensino superior, com o objetivo de investigar a pedagogização de conteúdos científicos a partir da interface com a educação em direitos humanos.

O ponto de partida teórico para o projeto foi a ética da razão cordial, proposta por Adela Cortina. A génese do projeto, em 2017, coincidiu com um contexto de intensa polarização e dificuldade de entendimento nas interações sociais mediadas pelas mídias digitais. Observava-se uma limitação da argumentação como única via para a construção de consensos, especialmente no campo da educação em ciências. A noção de razão cordial de Cortina, e a ética dela decorrente, serviu como base inicial, embora se reconheça que uma ética, por si só, apresenta limitações.

A riqueza do projeto reside na sua construção coletiva, que permitiu a incorporação de referenciais de diversas matrizes epistémicas, superando o ponto de partida original. Ao se definir "Conteúdos Cordiais" como um conceito, o seu cerne é a relação essencial entre os domínios da educação em ciências e da educação em direitos humanos. O foco recai na articulação entre a formação de conceitos e a formação de valores, ou, na terminologia de Zabala, entre conteúdos conceituais e atitudinais. Esta articulação constitui o núcleo inegociável do conceito: pensar como ocorre e quais conteúdos e valores são relevantes para a formação.

No entanto, a dimensão ética do projeto pode ser explorada a partir de perspetivas que transcendem a proposta de Adela Cortina. A pluralidade de colaboradores introduziu debates como o da decolonialidade. O pensamento de Cortina, ancorado no Norte Global, pode não ser totalmente adequado para a reflexão sobre a decolonialidade no contexto brasileiro. Essa crítica se estende à dimensão antropocêntrica na sua discussão sobre o "cuidado com outras espécies", sugerida no final do seu ensaio sobre a Razão Cordial. Estudos recentes apontam para a necessidade de buscar outras formas de reflexão ética que sejam mais-que-humanas, recorrendo a autoras e autores de outras matrizes epistémicas, notadamente aquelas oriundas do Sul Global e de outras cosmovisões e éticas.

Apesar da intenção inicial de tratar "Conteúdos Cordiais" como um projeto, a naturalização do uso pela comunidade académica o transformou em um conceito, um fenómeno análogo ao que ocorreu com a expressão "banalidade do mal" de Hannah Arendt.

Em suma, se for considerado um conceito, o núcleo principal de "Conteúdos Cordiais" é a articulação entre:

- Conteúdos conceituais caros às ciências da natureza (reconhecendo que estes estão em disputa e não são estanques);
- Valores (inerentes à educação em direitos humanos).

As visões epistêmica, ética e política, por sua vez, admitem margens de negociação, refletindo a pluralidade dos sujeitos que constroem o projeto e enriquecendo a sua tessitura.

Glória Queiroz. O conceito de cordialidade, frequentemente confundido com generosidade ou gentileza, remete etimologicamente ao "coração", definindo-se como aquilo que ressoa com a sensibilidade humana. Para mobilizar o afeto, é imperativo o conhecimento e a prática pedagógica do diálogo. Nesse contexto, a ética da razão cordial se destaca pela ênfase no diálogo, estabelecendo uma conexão natural com o pensamento de Paulo Freire.

As preocupações atuais na formação docente centram-se nos problemas da natureza da ciência e da epistemologia. Identifica-se uma lacuna significativa na formação epistemológica dos professores, tanto no ensino básico quanto nos cursos de graduação. A persistência de uma visão epistemológica restritiva, atrelada a um modelo científico único, ignora debates que permeiam a filosofia da ciência há mais de um século, resultando numa estagnação didática.

A introdução de epistemologias de outras culturas encontra resistência nos estudantes, notadamente ao abordarem as cosmovisões indígenas – como a relevância dos sonhos na construção conceitual – em contraste com a omissão da influência da subjetividade nas pesquisas ocidentais. É fundamental promover uma abertura paradigmática que legitime outras perspectivas sobre a natureza da ciência, que permanecem subexploradas.

A abordagem pedagógica deve integrar a epistemologia e a natureza da ciência com os "conteúdos cordiais". Além disso, a complexidade e o paradigma da complexidade encontram-se negligenciados no ensino atual, que ainda se sustenta predominantemente nos modelos newtoniano, cartesiano e galileano, caracterizados por uma metodologia determinista e assentada em certezas inabaláveis. Retomar o pensamento de Edgar Morin revela-se crucial para enfatizar a construção conjunta do conhecimento. Esta construção é concebida não apenas pela interdisciplinaridade, mas também pela colaboração entre indivíduos e culturas diversas, promovendo a integração e o respeito mútuo.

O respeito pela alteridade e pelos direitos humanos é central. A intolerância manifesta-se em atos de violência contra o diferente. O Brasil possui uma riqueza singular, conforme destacado por Sebastião Salgado (2013), ao sublinhar que somos um povo com a oportunidade de conviver com a sua pré-história. O contato com as comunidades indígenas, através da sua comunicação oral, permite o acesso a conhecimentos ancestrais cruciais para a manutenção de sua cultura e identidade.

Síntese e reflexão de J. Bernardino Lopes. Agradeço as contribuições. A primeira ronda de intervenções clarificou o posicionamento dos participantes, o que se considera fundamental para a audiência e para os leitores subsequentes, permitindo-lhes compreender o conceito, ou, talvez mais precisamente, a problemática dos "conteúdos cordiais".

A insistência na questão inicial prende-se com a potencial confusão gerada pela justaposição dos termos "conteúdos" e "cordiais", tornando o seu esclarecimento imperativo. Foi satisfatório verificar a abordagem epistemológica plural adotada, que não se restringe a conceptualizar a problemática dos conteúdos cordiais, mas a enquadrá-la como um projeto. Os oradores sublinharam que a forma como as contribuições são veiculadas é mais crucial do que o

próprio conceito, no sentido de valorizar o conhecimento construído por indivíduos de diferentes culturas e com diversas perspetivas.

Torna-se evidente que o foco nestas preocupações facilita o diálogo entre pessoas, mesmo quando os seus referenciais são distintos. Num contexto em que, aparentemente, "tudo vale e nada importa", é crucial salientar os valores fundamentais. Subjaz às intervenções um valor fundamental: o respeito pela pessoa, enquanto indivíduo, independentemente do seu contexto cultural, social, etc.

4. A INVESTIGAÇÃO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NA PERSPETIVA DOS “CONTEÚDOS CORDIAIS”

J. Bernardino Lopes. Podemos, agora, avançar para o segundo tópico de discussão, centrado na questão de investigação ou, mais amplamente, na investigação do ensino de ciências realizada no âmbito dos conteúdos cordiais. Ernani já havia aludido aos diversos estudos desenvolvidos a partir desta problemática. Poder-se-á aprofundar este ponto, solicitando-se que os participantes abordem o tema conforme considerarem mais pertinente. Sugere-se, contudo, que um dos aspetos a enfatizar, tendo em conta a sua experiência e conhecimento, sejam os aspetos de investigação que se afiguram mais importantes, ou mesmo cruciais, para um desenvolvimento futuro. As questões são:

Do ponto de vista dos professores e educadores, qual a relevância da perspetiva dos conteúdos cordiais? O conceito é claro e exequível? Professores e alunos ficam mais enriquecidos com essa abordagem?

Ainda, o que é preciso conhecer melhor para que a perspetiva seja efetivamente implementada no ensino? Que sugestões os professores e educadores podem dar aos investigadores? E, finalmente, que dinâmicas de articulação entre investigação e práticas educativas poderiam aumentar a visibilidade e o impacto dessa proposta?

Bernardino destacou que estas perguntas pretendiam aprofundar a dimensão prática e formativa da proposta, aproximando o debate da realidade docente. Deu então a palavra à Professora Glória Regina Queiroz.

Glória Queiroz. As investigações recentes sobre as quais se reporta a experiência têm-se centrado na aplicação da Teoria da Atividade de Engeström (Engeström, 2015) e no conceito de Aprendizagem Expansiva. Este enquadramento teórico, que visa expandir o conhecimento adquirido em contexto escolar para o domínio social, tem demonstrado ser particularmente produtivo e tem sido acolhido positivamente pelos estudantes de pós-graduação.

Em duas teses de doutoramento orientadas (defendidas em 2021 e 2022), foram exploradas as potencialidades e os desafios da aplicação da teoria da atividade.

A tese de Armando Gil (2021): Este estudo debruçou-se sobre a análise de uma unidade curricular (Estudo e Desenvolvimento de Projetos) ministrada para estudantes em formação nas áreas de Biologia, Física e Pedagogia, promovendo um encontro entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas. A unidade curricular integrava fundamentos e conteúdos da Biologia e da Física, abordados de forma interdisciplinar e intercultural. O trabalho de Gil consistiu no acompanhamento de um semestre letivo, com o objetivo de identificar os constrangimentos inerentes à aplicação prática desses conteúdos em contexto escolar. Um dos focos da

investigação foram os conflitos religiosos que se manifestam nas escolas brasileiras, chegando a impactar a abordagem de teorias como as de Darwin.

Este trabalho de investigação originou-se a partir de uma colaboração com uma professora de Física de uma escola pública de Ensino Médio. A pesquisa, que atendia a um pedido da Professora Olga Pombo para estudos sobre práticas interdisciplinares, resultou na publicação de um capítulo num livro da Springer (Catarino, Queiroz, Pessoa, 2023), que incluiu os anais do evento de 2016 realizado em Lisboa. O capítulo detalhou os desafios vivenciados pela professora ao introduzir conhecimentos de outras culturas na escola, um relato obtido através de entrevistas.

A segunda tese (Pestana, 2022): Desenvolvida no contexto de um Laboratório de Mudança (Engström, 2007) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca no Rio de Janeiro (CEFET-RJ), esta investigação também se baseou na teoria da atividade. A doutoranda, que era professora na escola, propôs mudanças a partir de problemas identificados por um grupo de docentes. Embora a investigação não tivesse como foco inicial os conteúdos cordiais, as primeiras interações com os participantes evidenciaram problemáticas prementes relacionadas com questões de género, raça e violações de direitos humanos, afetando em especial às estudantes negras. Em vez de ignorar estas questões, a investigação as utilizou como ponto de partida para abordar, através da ciência, formas de enfrentar tais problemas.

As pesquisas participativas com professores em exercício (do tipo Pesquisa-Ação) são consideradas cruciais para promover mudanças nas escolas. O conceito de Laboratório de Mudança, também inserido na Teoria da Atividade, visa precisamente fomentar a transformação nas instituições educativas. Tais investigações servem de base para a formação de futuros professores e para a pós-graduação de docentes.

Um exemplo adicional ilustra os constrangimentos enfrentados. Durante a pandemia, numa aula online sobre educação em ciências/ambiental, uma mãe interferiu na discussão sobre o filme Avatar, resultando em uma denúncia à professora. Este episódio, que quase levou a professora a desistir da investigação, foi incluído na sua dissertação de mestrado (Santos, 2000). Estes casos evidenciam que a promoção da mudança em contexto escolar não é uma tarefa simples, exigindo empenho para superar resistências e falta de preparação para a inovação.

Ernani Souza Jr. A apropriação dos conteúdos cordiais tem motivado um crescente número de investigações no meio académico, evidenciado pela sua presença em trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado. A relevância do tema é confirmada, inclusive, na minha tese intitulada "*A educação em direitos humanos e ensino médio integrado: os entrelaces que envolvem o ensino de química e os conteúdos cordiais*" (Souza Jr, 2025), que se insere nesse contexto de desenvolvimento e aprofundamento de estudos universitários, cada qual explorando facetas específicas dos conteúdos cordiais. Esta pesquisa em questão (Souza Jr., 2025) foi desenvolvida sob o formato de pesquisa-ação. Nela, os conteúdos cordiais foram integrados ao currículo de uma disciplina específica – "Tratamento de Água e Efluentes" – do curso técnico em Química. A proposta investigativa centrou-se em estabelecer a relação entre os conteúdos cordiais e a formação técnica de nível médio, alinhando-se à proposta de formação integral promovida pelos Institutos Federais no Brasil.

O cerne da investigação foi identificar a articulação entre os conteúdos cordiais, os conteúdos técnicos e os temas presentes na ementa da disciplina, visando a uma formação

humana para os estudantes de nível técnico. Este enfoque surge como uma resposta a uma tendência observada no país, na qual a formação técnica se direcionava maioritariamente para o mercado de trabalho, o emprego e a atuação na indústria. A articulação proposta pelos conteúdos cordiais busca, assim, promover uma formação humanizada que prepare os estudantes para a atuação no mundo do trabalho numa perspetiva que transcende a mera ótica mercadológica.

Adicionalmente, o campo de atuação do pesquisador na Licenciatura em Química permite a extensão dessas possibilidades formativas. Os futuros professores, por meio do estágio ou de programas como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), são incentivados a incorporar os conteúdos cordiais nas suas práticas pedagógicas e, quando viável, a desenvolverem intervenções nas escolas. Contudo, é reconhecida a existência de desafios e "embates" no ambiente escolar, decorrentes da diversidade de perspetivas que, por vezes, pode restringir a implementação de práticas que visam a uma educação mais humanizada e integral.

Roberto Oliveira. A presente reflexão incide sobre a evolução da minha trajetória de investigação, particularmente no que concerne ao desenvolvimento do conteúdo. Inicialmente, o foco da minha pesquisa de doutorado (Oliveira, 2017) estava direcionado para a formação de docentes para atuar na Educação Básica centrado na temática de conteúdos cordiais

Contudo, esta articulação entre valores e conceitos — ou seja, entre o campo da Educação em Ciências e o campo da Educação em Direitos Humanos — conduziu a uma reorientação da investigação para uma dimensão mais pessoal e conceptual. O interesse deslocou-se para a análise da forma como a ciência se articula com valores e projetos políticos.

Esta perspetiva impulsionou a adoção de uma abordagem no domínio da Filosofia da Ciência, com uma ênfase mais contemporânea. Atualmente, na universidade, leciono a disciplina de Filosofia da Ciência, na qual abordo tanto a literatura clássica (Popper, Feyerabend, Kuhn e Lakatos) quanto perspetivas mais atuais. Recorro a autores como Bruno Latour (2004), Donna Haraway (2016) e Paul Preciado, cuja obra, embora nem sempre diretamente sobre o tópico da ciência, oferece uma aplicação e interpretação da ciência de grande relevância.

A inclusão destas questões na Filosofia da Ciência visa contribuir para a formação, permitindo que os estudantes compreendam que a ciência não é uma entidade isolada do mundo social. É crucial reconhecer a influência dos valores subjacentes ao processo científico, exemplificado no facto de que as convicções de um indivíduo, como o racismo, podem ser impressas na ciência que produz. A pílula anticoncepcional é um exemplo paradigmático que permite a discussão de questões de género, raça e autoria, promovendo uma visão mais complexa e holística do processo, emergindo de uma investigação sobre a articulação no ensino.

Esta dimensão é também relevante na formação docente, pois a reflexão sobre o ensino leva inevitavelmente à reforma do próprio ato de ensinar. A consideração da articulação entre diferentes saberes possibilita a integração de novos conhecimentos, como o de Linda Smith, autora de *Descolonizando Metodologias*, cujo trabalho sobre pesquisa com povos indígenas tornou-se relevante no contexto desta articulação. Assim, o trabalho desenvolvido para a Educação Básica influenciou a prática no Ensino Superior, numa dialética mutuamente enriquecedora.

No que respeita a desafios, a dimensão do projeto político é central. Em 2013, no início formal deste trabalho com a publicação dos livros *Educação em Ciências e Direitos Humanos* e *subsequentes* (Tecendo diálogos sobre direitos humanos, Olhares sobre a indiferença), a

discussão sobre Educação em Direitos Humanos na Educação em Ciências era incipiente. No entanto, a publicação de uma normativa brasileira em 2015, que instituiu a implementação de tópicos de educação em direitos humanos na formação de professores, constituiu um marco.

Atualmente, após quase dez anos, o debate encontra-se em maior circulação. A produção e a disseminação de conhecimento nesta área têm sido impulsionadas por parcerias, mas fundamentalmente por um projeto de legislação que reconheceu a importância destes tópicos para o Ensino Superior. A evolução é indissociável da dimensão política, exigindo governantes dispostos a defender estas pautas. A superação de constrangimentos individuais e a gestão da diversidade de pensamentos em sala de aula dependem da aliança entre projetos políticos e projetos educacionais que estabeleçam como inaceitáveis formas de violência e discriminação, como o racismo e a LGBT-fobia.

Glória Queiroz. É oportuno salientar que as conquistas sociais não se devem a concessões políticas, mas são, antes, resultado de intensos movimentos sociais. Estes movimentos têm marcado presença em diversos contextos, como nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, tais mobilizações foram particularmente fortes na década de 2000, culminando na promulgação da Lei Nº 10.639/2003. Esta lei, que torna obrigatório o ensino da história e cultura afro-brasileira e africana nas escolas, é um mérito inegável da organização e atuação desses movimentos sociais, que conseguiram formular a proposta e assegurar a sua aprovação.

Este padrão de mobilização e conquista se repete com outros grupos, como o movimento LGBT e, historicamente, o movimento de mulheres, que talvez o anteceda, além dos movimentos antirracistas. Este é um ponto crucial a ser considerado.

Os próprios povos indígenas, em particular os Yanomami, têm vindo a reivindicar uma mudança na dinâmica da pesquisa que lhes diga respeito. Em vez de serem meros objetos de investigação, eles exigem participar ativamente e em conjunto. Uma das suas principais preocupações é a de expor os problemas que enfrentam.

Atualmente, eles não se limitam a apresentar os desafios, mas propõem soluções, que por vezes assumem a forma de advertências severas sobre as consequências globais das ações destrutivas. Eles alertam que a catástrofe não se restringirá apenas às suas comunidades, mas afetará a todos: "não pensem que só nós é que vamos morrer, não. Vocês também, vocês estão acabando. Quando vocês forem procurar mais terra para viver, vocês não vão ter mais".

Recentemente, a relevância desta questão foi evidenciada pela cantora Maria Bethânia, que, durante as comemorações dos seus 60 anos de carreira, incluiu no seu espetáculo a declamação de um excerto significativo da obra de Davi Kopenawa, escrita em coautoria com o antropólogo Bruce Albert. Este facto demonstra a crescente preocupação em levar estas pautas para a esfera da grande mídia, dado o enorme impacto e relevância da artista no Brasil. Tal visibilidade é fruto direto das ações e mobilizações que os próprios povos indígenas estão a realizar, muitas vezes com o apoio de outros setores.

A discussão sobre complexidade não se restringe aos círculos académicos. Em uma feira do livro em São Paulo no ano passado, um líder quilombola abordou esta temática, salientando a interconexão entre as práticas de plantio, produção e vida nas comunidades e os seus efeitos na realidade urbana, como na cidade de São Paulo: "a maneira como a gente planta e produz e vive, o resultado disso chega aqui para vocês, aqui na cidade de São Paulo. Nós estamos lá no interior, mas chega aqui. Porque tudo está ligado a tudo".

Embora o conceito de que "tudo está ligado a tudo" seja um ponto de partida para o pensamento da complexidade, é fundamental, como sugere Donna Haraway (2023), identificar e construir as conexões específicas que ligam os elementos. O discurso do líder quilombola é um exemplo da aplicação prática do pensamento complexo, demonstrando que estas comunidades estão inseridas em processos de diálogo e troca com o meio acadêmico e com investigadores. Eles buscam não apenas partilhar os seus conhecimentos tradicionais, mas também exigir que a sua forma de vida e o seu saber sejam devidamente respeitados.

J. Bernardino Lopes. Esta ideia converge com o conceito de direitos humanos. Deste modo, os aspetos abordados por Roberto e Glória estão fundamentalmente relacionados com a questão, que consiste em investigar as diversas aberturas que se têm vindo a concretizar, inclusive por exigência da sociedade.

J. Bernardino Lopes. Eliane, quer acrescentar alguma coisa?

Eliane Cruz. Gostaria de apresentar os resultados de um estudo recente intitulado "*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*". A pesquisa, desenvolvida por Wallace Evangelista (2025), visou analisar os materiais disponíveis no repositório do Centro de Mídia do Estado de São Paulo (<https://repositorio.educacao.sp.gov.br/>), confrontando a suposição de que não existem conteúdos cordiais nesses recursos.

Neste sentido, o estudo desenvolvido centrou-se na análise dos slides do componente curricular de Biologia, disponibilizados no repositório para o primeiro ano do Ensino Médio, com o objetivo de verificar o seu alinhamento com os conteúdos cordiais, essenciais para uma Biologia humanizada e decolonial. Os resultados revelaram que, de um total de 56 aulas de Biologia, 37 apresentavam alinhamento aos conteúdos cordiais, sendo que em sete aulas o alinhamento era total e em 30 era parcial. Tal constatação demonstrou um nível de alinhamento superior ao esperado.

No segundo objetivo do estudo, o meu aluno Wallace analisou 14 aulas do terceiro bimestre do primeiro ano, abrangendo 279 slides. Esta análise indicou que, aproximadamente, 70% do material oferecia possibilidades de interlocução com esses temas transversais.

Estes achados sugerem que, embora a crença do professorado possa indicar o contrário, os materiais didáticos em questão já incorporam, em certa medida, estas questões. Contudo, é importante notar que em temas específicos, como o ciclo de Krebs (mencionado em diálogo prévio com Dalmo), o alinhamento é, de facto, ausente. Em suma, os materiais apresentam potencial a ser explorado em determinadas aulas, o que se relaciona diretamente com a necessidade de o professor integrar a investigação na sua prática pedagógica.

5. AS PRÁTICAS EDUCATIVAS CENTRADAS NOS CONTEÚDOS CORDIAIS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES E NA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

J. Bernardino Lopes. O debate incide sobre a natureza da influência entre a investigação em "conteúdos cordiais" e os movimentos sociais. Levanta-se a questão de saber se, para além da incorporação de movimentos e aspetos multiculturais e sociais na investigação, existe um movimento inverso. Em particular, os resultados da investigação, nomeadamente sobre

"conteúdos cordiais", têm a capacidade de influenciar ou alertar a sociedade para aspetos que esta, por si própria, não reconhece ou visualiza?

A questão central prende-se com a potencialidade do trabalho de investigação em reverter o fluxo de influência, não se limitando a absorver aspetos sociais, mas também a difundir os seus resultados para o reconhecimento de grupos específicos, ou para fundamentar a clarificação de certos aspetos em quadros normativos (como a lei).

Glória Queiroz. Considero que nos programas da universidade tal tem sido implementado, inserindo-o nos currículos e ementas das disciplinas. Adicionalmente, alguns programas de extensão o englobam. Já se verificam programas específicos sobre questões raciais, entre outras temáticas. Contudo, não disponho de mais informações atualizadas.

Roberto Oliveira. O processo em questão se inscreve numa dinâmica de inter-relação e troca, o que, por vezes, dificulta a identificação precisa da direção e do sentido dos fluxos. Essa natureza inerentemente dialógica é fundamental para a construção do trabalho. Um ponto central de interesse reside na investigação do potencial de aprendizagem no contexto do espaço educacional.

A reflexão proposta inverte a perspetiva tradicionalmente adotada, na qual o campo educacional se orienta maioritariamente por um vetor de ensino, pressupondo a transmissão de conhecimento de um polo para outro (o ensinante para o aprendiz). Pelo contrário, a experiência, seja no desenvolvimento do projeto "Conteúdos Cordiais" ou em processos análogos, fundamenta-se predominantemente na receção, na escuta e na troca, constituindo-se um processo de consumo e acolhimento, e menos de emissão de fala.

Se uma dimensão de poder existe, o objetivo é utilizá-la para o empoderamento de grupos e pessoas, fomentando o assumir de protagonismo. Um exemplo notável dessa dinâmica é o caso de uma orientanda de Eusébio, colega do Brasil. Eusébio, em 2017, contribuiu para o "Conteúdos Cordiais de Química" com um capítulo sobre pessoas TRANS. Atualmente, ele orienta uma pessoa TRANS que assume um papel de protagonismo na escrita e pesquisa.

A leitura prévia do material, que sinalizava o interesse e o acolhimento por parte de outros, pode ter impulsionado essa pessoa a assumir o protagonismo na pesquisa e na universidade, reivindicando uma intelectualidade que, historicamente, foi negada devido à transfobia, visões hegemónicas e estruturas patriarcais. Este processo, embora possa parecer um elemento incipiente ("grão de areia"), representa o início de um debate crucial.

A aprendizagem final recai sobre os envolvidos no processo. A chave reside em reconhecer a assimetria de poder existente na sociedade e trabalhar ativamente para que indivíduos e grupos se sintam habilitados e confortáveis para exercer os seus papéis e engajar-se no debate. Essa é a linha principal de raciocínio.

Glória Queiroz. O debate atual sobre o currículo de ciências levanta a preocupação de que a ênfase em valores éticos e sociais possa levar ao abandono dos conhecimentos científicos tradicionais. Contudo, o que se propõe é, na verdade, a incorporação de temas da ciência contemporânea e o diálogo com os saberes de outros povos, abordagens frequentemente negligenciadas no contexto escolar (Queiroz, Catarino; Barbosa-Lima, 2024).

Um exemplo ilustrativo é a astronomia do povo Dogon, do Mali, que, já em 2014, revelava a compreensão de estrelas binárias (estrelas duplas). Este conhecimento ancestral contrasta com

a formação de estudantes de Física, onde a astronomia muitas vezes é uma disciplina optativa, resultando no desconhecimento de tais conceitos. A inserção deste tema, com a discussão sobre a Natureza da Ciência, possibilita um debate aprofundado em sala de aula, algo que historicamente não era fomentado.

Recentemente, a cosmologia Yanomami sobre a origem dos elementos metálicos na Terra, referida como "a queda do céu", ecoa a teoria de que "somos poeira de estrelas", popularizada por Carl Sagan (1994) em 1986. O conhecimento Yanomami, de natureza ancestral, antecipa a compreensão científica ocidental de que o ser humano é originário do cosmos.

Essa interconexão de saberes pode ser explorada em aulas, por exemplo, ao traçar um paralelo entre a discussão moderna e a química do século XVIII, que, com Kirchhoff e Bunsen, utilizava o efeito chama para identificar a constituição elementar das estrelas através da cor. Diferentes elementos químicos, ao serem aquecidos, emitem chamas de cores distintas, um princípio empregado na identificação de constituintes estelares. Projetos estudantis demonstram a viabilidade de abordar a cosmologia moderna a partir do conhecimento indígena.

Em suma, essa troca epistêmica enriquece o ensino de Física ao introduzir temas contemporâneos que, muitas vezes, não são contemplados no currículo do Ensino Médio e, em diversas ocasiões, sequer na formação universitária, ainda excessivamente clássica.

J. Bernardino Lopes. Este é um belo exemplo de como se pode estabelecer a ligação entre uma ciência mais clássica e o conhecimento construído a partir de uma outra perspectiva, mais holística. Não sei se Eliane pretende acrescentar algo nesta parte do debate.

Eliane Cruz. Pretendo apresentar um exemplo prático referente à temática da segurança e prevenção rodoviária, conforme abordado no livro. Neste âmbito, foi possível desenvolver uma discussão aprofundada sobre a distância de segurança, incluindo a realização de cálculos físicos, e analisar o tempo de reação em condutores sob o efeito do álcool e o risco de acidentes.

Um aspeto particularmente relevante que suscitou interesse, no contacto inicial com os conteúdos programáticos, prende-se com a abordagem, neste tema específico, de questões como a aplicação de multas e a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança e de capacetes.

A citação de Adela Cortina no livro da Glória (2017) revelou-se um contributo significativo para a discussão em contexto de sala de aula com alunos de licenciatura e, posteriormente, em ambiente escolar. Os pontos cruciais desta reflexão foram:

- i. A distribuição de prejuízos e benefícios.
- ii. A justiça distributiva através do diálogo.
- iii. A participação dialógica dos afetados, entendida como norma de prudência e exigência de justiça.

Em suma, trata-se de estabelecer uma comunicação autêntica (conforme salientado na obra de Glória), conceito que procurámos aplicar na abordagem da educação para o trânsito, um tema transversal com grande aplicabilidade na questão específica da segurança e prevenção rodoviária. Este é um exemplo concreto que se considerou pertinente partilhar.

Glória Queiroz. Saliento que a Eliane é uma das 94 autoras referidas por Roberto nesta breve coleção de conteúdos cordiais de Química, Biologia e Física. Eliane contribuiu para o livro de Física.

J. Bernardino Lopes. Vamos seguir na questão da formação de professores, dado que muitos dos vossos trabalhos se encontram diretamente relacionados com esta área. Nesse sentido, seria pertinente refletir sobre: como as ideias e os processos relacionados com esta temática, já trabalhados na formação, são posteriormente implementados ou apropriados pelos professores? Qual a importância de um quadro institucional mais explícito para que estas ações possam ter uma escala mais abrangente? (por ex., na extensão universitária).

Eliane Cruz. Acredito que, em termos institucionais, pelo menos no contexto da UNIFESP, a motivação para esta abordagem derivou do interesse em tratar o tema como uma questão transversal - a educação para os direitos humanos. Buscou-se integrá-la nos temas transversais do currículo, em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Embora reconhecendo que esta é uma iniciativa interna, desencadeada pelo currículo, conforme o exemplo que mencionei anteriormente, é importante notar que, embora eu a utilize, outros colegas a abordam com diferente terminologia e foco.

Glória Queiroz. A política educacional no Brasil, influenciada por políticas de governo, manifesta-se de forma diversa nos estados. Atualmente, o estado de São Paulo atravessa um período de intensa pressão sobre o trabalho docente, similar ao que ocorreu no Rio de Janeiro há aproximadamente dez anos. Essa pressão materializa-se, por exemplo, na imposição de avaliações bimestrais rigorosas (no caso do Rio de Janeiro, com quinze descritores), o que tem levado professores, historicamente envolvidos em projetos escolares, a abandonarem essas iniciativas por sobrecarga de trabalho. Este modelo de avaliação está frequentemente associado a mecanismos de remuneração e financiamento escolar, configurando-se como um forte controle centralizado, muitas vezes de orientação neoliberal, focado primariamente na demonstração de índices de desempenho.

Perante este cenário, os docentes procuram "brechas" no sistema. O professor experiente e proativo tende a encontrar caminhos para manter práticas pedagógicas inovadoras, apesar das dificuldades. Neste contexto, os projetos de extensão universitária emergem como um suporte fundamental.

A extensão universitária no Brasil tem vindo a ser curricularizada, tornando-se um componente obrigatório na formação inicial de professores (licenciados), exigindo a participação dos estudantes em projetos. Contudo, a eficácia destes projetos está intrinsecamente ligada à sua qualidade e ao interesse genuíno dos seus intervenientes. A alocação de carga horária para projetos de extensão a professores universitários pode resultar numa diversidade de iniciativas, nem todas movidas por um profundo interesse em educação, o que pode comprometer a sua relevância e impacto nas escolas. É necessário que haja um reconhecimento mais amplo da importância e das melhorias que a extensão traz para o quotidiano escolar.

A experiência demonstra que a introdução de um projeto relevante e mobilizador numa escola provoca o envolvimento de toda a comunidade escolar. É essencial que a implementação destes projetos seja balizada por uma liderança democrática, evitando que se tornem iniciativas isoladas (sectárias), limitadas a pequenos grupos de professores. Não obstante, mesmo iniciativas de grupos restritos em feiras culturais ou de ciências têm demonstrado a sua capacidade de transformação, embora a conversão de feiras de ciências puramente técnicas em feiras culturais mais abrangentes continue a ser um desafio.

Quando estas iniciativas são bem-sucedidas, o resultado pedagógico é notório: há uma melhoria geral na aprendizagem, um aumento da participação ativa dos alunos e o consequente "empoderamento" destes. Um exemplo atual é a disciplina EDP na UERJ, sob a direção da Professora Laís, que tem promovido o empoderamento dos alunos, levando-os a questionar atitudes e narrativas de colegas no próprio Instituto de Física que historicamente culpabilizam os estudantes pela evasão ou pelo insucesso acadêmico. Esta dinâmica reforça a convicção de que a verdadeira transformação no campo da educação reside na mudança e no desenvolvimento proporcionado aos alunos.

Eliane Cruz. Glória, qual é a designação utilizada para o evento: "feira de ciências e cultural" ou apenas "feira cultural"?

Glória Queiroz. A escolha temática irá depender da instituição de ensino. Historicamente, a feira de ciências (antigamente centrada nas ciências da natureza) era o evento dominante. Contudo, a feira cultural oferece um leque mais vasto de abordagens, permitindo a contextualização de temas diversos, como o conhecimento indígena, o conhecimento africano e as abordagens interculturais. O conhecimento intercultural, em particular, apresenta-se como o mais complexo, exigindo um diálogo e uma articulação mais elaborada entre diferentes esferas culturais.

Eliane Cruz. A ciência da natureza não fica excluída desse contexto cultural?

Glória Queiroz. Não, mas é fundamental que haja um esforço de persuasão por parte dos indivíduos que pretendem desenvolver este tipo de trabalho junto daqueles ligados às ciências da natureza. Acompanhei recentemente um projeto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Este PIBID era orientado por uma docente de Física e por outra mais ligada à área de Educação.

O processo envolveu a necessidade de uma professora convencer a outra de que a sua disciplina científica não seria descurada. De facto, não é possível abandonar a ciência de origem, uma vez que a nossa formação e o nosso registo profissional (diploma, carteira de trabalho) implicam a lecionação do conteúdo curricular específico de cada disciplina.

Ernani Souza Jr. A realidade observada por Glória no estado de São Paulo e do Rio de Janeiro manifesta-se também no estado de Goiás. Sendo um estado situado na região central do país, e apesar de Brasília também se localizar na porção central do estado de Goiás, existem problemas relacionados com a rigidez curricular que limita a atuação docente.

Na experiência do Instituto Federal de Goiás, há uma dificuldade na formação de professores. Os estudantes em estágio, ao levarem novas possibilidades para as escolas, deparam-se com um currículo "congelado" ou "engessado". O professor supervisor da escola afirma que o currículo a ser seguido é o da escola e que, devido à inflexibilidade, não é permitido inverter a ordem das aulas ao longo do semestre. Essa rigidez impede a inserção de contextualizações adicionais ou a abordagem de conteúdos relacionados à educação em direitos humanos ou aos conteúdos cordiais.

Além disso, o conservadorismo da população do estado de Goiás impõe obstáculos a certas discussões. Este conservadorismo não se manifesta apenas nas escolas, mas também na formação de professores, onde alguns licenciandos se recusam a realizar leituras, seminários ou trazer discussões sobre temas específicos. Por exemplo, um estudante se recusou a ler e discutir um texto sobre religiões de matriz africana, alegando discordância pessoal.

Essa dificuldade, portanto, reside na coexistência de uma pluralidade de concepções, sendo estas predominantemente conservadoras, o que gera um impasse. No entanto, noto que a experiência no ensino médio, especificamente no Instituto Federal, é diferente, pois há maior liberdade, tempo e espaço para discussões. Como exemplo, na pesquisa-ação realizada sobre o tratamento de água e efluentes, foi abordado o direito fundamental à água. Os alunos, por sua vez, direcionaram a discussão para a temática do racismo ambiental, questionando a realidade de que a água potável é fornecida ao centro da cidade, enquanto a periferia é negligenciada.

É notável que os alunos de Goiás demonstram interesse nessas discussões e na possibilidade de fazer articulações. A problemática não é atribuída aos professores individualmente, mas sim a um sistema que "abafa" e restringe o potencial de trabalho docente. Há relatos de colegas e alunos de que a colaboração entre professores de diferentes áreas é dificultada, pois a carga de trabalho na escola pública é excessiva, gerando cansaço generalizado e falta de tempo. Soma-se a isso o controle exercido pelas avaliações bimestrais, que são vistas como uma forma de "freio" e acompanhamento constante, intensificando a fiscalização do trabalho docente.

Considero que a articulação da educação em direitos humanos e dos conteúdos cordiais é dificultada por um sistema que impõe restrições e não permite a implementação dessas temáticas.

Glória Queiroz. Gostaria de dizer ao Ernani que, felizmente, os sistemas estão em constante mudança. Para nós, que estamos envolvidos na formação de professores, o fundamental é manter a coerência nas abordagens formativas, alinhando-as às convicções pedagógicas. A eficácia desse processo é visível, por exemplo, no meu contexto, onde já encontramos nas escolas docentes que foram formados com base nessas novas ideias. Este fenómeno não se limita ao Rio de Janeiro, estendendo-se a São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, entre outras regiões, onde a formação continua a ser implementada. Até ao momento, não houve impedimentos a essas iniciativas formativas, e esperamos que essa situação se mantenha. Portanto, a formação docente deve ser contínua e persistente, infiltrando-se gradualmente e promovendo a transformação do sistema.

Ernani Souza Jr. De facto, o sistema está a mudar e rapidamente, pois atualmente enviamos os nossos estudantes estagiários para professores que foram nossos antigos alunos. O debate tornou-se consideravelmente mais facilitado.

J. Bernardino Lopes. Não sei se o Roberto quer acrescentar alguma coisa relativamente a esta questão.

Roberto Oliveira. A complexidade e a natureza dinâmica da realidade em questão são intrinsecamente ligadas aos contornos inerentes a este debate. Dado que esta realidade envolve múltiplos fatores, qualquer tema a ser debatido ou abordado em contexto de sala de aula estará sujeito a um processo contínuo de acordos, negociações e diálogos. Eu vejo este processo como uma parte essencial do desenvolvimento e da compreensão.

6. A IMPLEMENTAÇÃO DA EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS: ESTRATÉGIAS E DESAFIOS

J. Bernardino Lopes. Passamos agora para a última etapa da discussão, centrada nas práticas educativas observadas. Pelos exemplos já apresentados, foram identificados vários casos que demonstram a adoção destas práticas, as quais se encontram alicerçadas nos pressupostos teóricos, processos e modos de pensamento discutidos.

Coloca-se a questão sobre a facilidade de implementação destas práticas pelos docentes referidos, na sua perspetiva e com base no seu conhecimento. Abstraindo dos constrangimentos institucionais e decorrentes do processo de negociação previamente discutidos, como são apropriados os conceitos basilares e como são implementados? São fáceis de implementar ou notaram dificuldades adicionais na sua aplicação?

Roberto Oliveira. A integração da educação em direitos humanos no ensino das ciências pode ser abordada através de estratégias diretas e indiretas. Considera-se que, com a formação adequada dos docentes, a implementação de questões de direitos humanos na educação científica se torna viável.

Esta implementação inicia-se por meio de uma reflexão sobre o posicionamento do professor e os seus atos de fala em sala de aula, bem como as escolhas pedagógicas realizadas. A distribuição equitativa do tempo de fala entre os estudantes, por exemplo, é uma ação mínima, mas significativa. Observa-se que, em certas situações, professores podem inadvertidamente dar mais espaço de fala a estudantes do sexo masculino em detrimento das colegas, o que justifica a necessidade de uma atenção consciente à igualização das interações. Esta preocupação com a micropolítica da sala de aula constitui, por si só, uma forma de pensar a relação entre direitos humanos e educação, mesmo antes da abordagem de conteúdos específicos de ciências da natureza.

É importante desmistificar a ideia de que a educação em direitos humanos no ensino das ciências requer, necessariamente, uma sequência didática complexa ou uma grande articulação. Embora esses recursos sejam valiosos e possam ser mobilizados quando pertinentes, ações mais subtis e a utilização de enquadramentos existentes tornam a sua inclusão possível.

Mesmo na ausência de uma sequência didática elaborada, a análise crítica do material didático permite identificar discursos presentes. As grandes discussões do campo da educação em direitos humanos – questões de sexualidade, género, e questões étnico-raciais (particularmente relevantes no contexto brasileiro, mas também tópicos como a imigração, salientados em países como Portugal) – podem ser abordadas de forma transversal. Não é necessário um extenso plano de aulas para introduzir estes tópicos, pois algumas ações subtis já configuram a implementação que relaciona ciência e direitos humanos.

Contudo, ao optar-se pela síntese direta numa sequência didática, verifica-se, pela experiência, que o sucesso reside no diálogo com o conhecimento prévio dos estudantes. Estes trazem consigo experiências de diversos contextos (familiar, social), onde são confrontados com uma variedade de comportamentos e formas de pensar, incluindo, por exemplo, atitudes machistas que podem ser reforçadas ou contestadas pelos pares. O docente deve considerar as associações prévias que os estudantes estabelecem antes do encontro proporcionado pela docência.

É notório, no contexto brasileiro e, em alguma medida, no ocidental, um esforço significativo para a legitimação de visões de mundo mais reacionárias. Este contexto social contribui para que certas manifestações, como o racismo (que é crime no Brasil), ocorram sem o constrangimento que outrora poderia existir, impulsionadas pela representação e reforço de modos de pensar e agir reacionários.

Neste sentido, a sala de aula exige uma postura de diálogo constante por parte do docente e o reconhecimento de que o estudante se encontra em processo de formação. O princípio fundamental da educação é a transformação, baseada na crença de que a mudança é alcançável através do diálogo e do encontro pedagógico.

Assim, a implementação da educação em direitos humanos, embora seja inerentemente possível e até fácil em termos de ações iniciais, tem sido dificultada por fatores macropolíticos. É imperativo que o professor mantenha a abertura para o diálogo e resista a quaisquer tentativas de cerceamento da sua liberdade de cátedra ou da possibilidade de abordar temas relevantes. Tais restrições, motivadas por crenças reacionárias, comprometem a fundação de uma escola justa.

Uma escola justa não pode coexistir com a violência, o racismo, o machismo ou as questões de classe, pois estes fatores afetam a aprendizagem de todos os envolvidos, marginalizando e prejudicando alguns estudantes. Perante as dificuldades, o trabalho pode ser direcionado para a atuação nas "frestas" e na micropolítica da sala de aula, se a força política para sequências didáticas mais abrangentes estiver ausente. Esta atuação, mesmo que micro, é preferível à inação.

J. Bernardino Lopes. Roberto, acabaste de apresentar uma espécie de pragmática sobre a ideia de Glória trabalhar na brecha. Eliane pediu a palavra, queres tomá-la agora?

Eliane Cruz. A importância do trabalho colaborativo e da interdisciplinaridade nos estágios é fundamental. A codocência entre o professor da escola e o professor da universidade é um conceito que deve ser enfatizado. Frequentemente, as lacunas de conhecimento surgem porque um indivíduo isolado não consegue dominar todas as áreas (como física, humanidades, etc.). A solução reside na colaboração com colegas, embora se reconheça a dificuldade frequente em trabalhar em conjunto, quer nas escolas, quer na universidade.

Um exemplo prático é a aplicação de conceitos como os "conteúdos cordiais" numa disciplina de "integração", comum em cursos que formam professores de ciências (com saídas em física, química, biologia e matemática). É crucial incluir também os professores das humanidades. Anteriormente, essa disciplina reunia docentes de todas as áreas, promovendo uma intensa colaboração; contudo, atualmente, a colaboração parece ter diminuído.

O currículo atual, em linha com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os itinerários formativos no novo ensino médio, exige a interdisciplinaridade. Os "conteúdos cordiais" demonstram um grande potencial e longevidade, sendo uma área rica para o desenvolvimento contínuo. A aprendizagem com os alunos em contexto de estágio supervisionado é valiosa. A integração dos temas dos "conteúdos cordiais" no estágio é uma estratégia para a atualização e motivação do professor, refletindo a necessidade de trabalho colaborativo e aprendizagem do professor como caminho para a atualização profissional.

J. Bernardino Lopes. Glória, ou Ernani, ou os dois querem acrescentar algo?

Ernani Souza Jr. Acredito que, para complementar a colocação de Eliane, a respeito da disciplina de estágio supervisionado, o PIBID se configura como uma importante possibilidade. Mesmo considerando a interrupção da fala de Glória por problemas de conexão, retomo a ideia: quando se tem essa possibilidade na formação dos discentes de nível técnico, esta perspectiva deve ser considerada. A questão central na formação dos alunos do curso técnico reside na capacidade de atuação profissional efetiva, articulando a atuação técnica com uma reflexão crítica sobre o contexto de trabalho e as preocupações sociais e éticas.

Portanto, a articulação da Educação em Direitos Humanos com a formação técnica, inclusive por meio dos conteúdos científicos das ementas, é fundamental para preparar o estudante com uma sólida formação técnica para o mundo do trabalho. Considera-se que estes profissionais, independentemente do seu local de atuação, poderão exercer suas funções com a mesma profundidade reflexiva que se espera na formação de professores.

7. A RELEVÂNCIA, EXEQUIBILIDADE E AGENDA FUTURA PARA A ARTICULAÇÃO INVESTIGAÇÃO-PRÁTICA NOS CONTEÚDOS CORDIAIS

J. Bernardino Lopes. A vossa dinâmica de trabalho estabelece uma inter-relação intrínseca entre pesquisa e prática, o que se tornou evidente ao longo da discussão. Verificou-se, portanto, uma interligação clara entre pesquisa e prática, sendo por vezes difícil distinguir uma da outra. Neste contexto, é pertinente retomar a questão, reformulando-a da seguinte maneira:

Como é que as vertentes da prática educativa e da pesquisa no domínio dos conteúdos cordiais, ou, mais precisamente, no campo dos direitos humanos sob a ótica dos conteúdos cordiais, podem alimentar-se mutuamente? Numa perspectiva de escalar a influência do vosso trabalho, de que forma essa retroalimentação recíproca pode potenciar o trabalho, tanto no âmbito da prática como da investigação?

Roberto Oliveira. A inter-relação entre a prática educativa e a investigação é um pilar fundamental no contexto académico, especialmente na formação e atuação universitária, onde tradicionalmente se articulam ensino, pesquisa e extensão.

Embora o foco inicial da formação seja frequentemente a prática educativa, a adoção de um olhar investigativo sobre essa prática alimenta a pesquisa, gerando conhecimento a partir da intervenção e reflexão no campo. Essa abordagem é essencial, por exemplo, na pesquisa-ação, onde a prática e a investigação se unem intrinsecamente para a produção de saber. A pesquisa-ação, ilustrada por trabalhos como teses nessa modalidade, demonstra como a teoria e a prática se interligam profundamente, sobretudo em campos como a Educação em Direitos Humanos ou em áreas que demandam intervenção e colaboração com indivíduos.

A investigação pode ter como objeto a própria prática (pesquisa sobre a prática) e a prática, por sua vez, pode realizar pesquisa (produção de conhecimento a partir da ação). O desenvolvimento de um programa, como um curso de formação, pode ser concebido com o objetivo de gerar conhecimento e intervir no campo, como no caso de um estudo que buscou avaliar a contribuição de uma prática para a formação de agentes socioculturais e políticos em Educação em Ciências. O retorno e a aplicação desse conhecimento na atuação profissional dos participantes retroalimentam a pesquisa, podendo inspirar estudos subsequentes, inclusive aqueles com um foco mais teórico, como a análise de discurso e mudança social.

Em suma, a produção de conhecimento na área, conforme a experiência acumulada, evidencia uma constante inter-relação e mediação entre os elementos teóricos e práticos. A compreensão dessa inter-relação é fundamental, sendo as formas de apreender o mundo atravessadas por diversas questões contextuais, incluindo colonialidade e fatores económicos, que moldam e influenciam tanto a prática quanto a investigação. A separação estrita entre o teórico e o prático parece ser uma distinção artificial, sendo a inter-relação uma característica constante e inerente ao processo de produção de conhecimento.

Glória Queiroz. A prática na pesquisa demonstra-se essencial, pois dela emergem situações e temas que realimentam o processo investigativo. No contexto da sala de aula e na própria formação de professores, a adoção de uma abordagem genuinamente dialógica, que transcende a mera interatividade, revela-se crucial. Esta metodologia, baseada na escuta ativa, permite a manifestação de preconceitos e, ao proporcionar aos alunos a oportunidade de dialogar não apenas com o professor, mas também entre si, fomenta um ambiente de aula aberto.

Observou-se, por exemplo, o surgimento de intervenções de alunas que questionaram a interrupção constante das suas falas por um colega. Tais alunas mobilizaram a sua experiência em movimentos sociais femininos, confrontando a prática de interromper a palavra das mulheres. Esta abertura ao diálogo e ao dialogismo é, portanto, fundamental.

A prática docente evidencia também desafios inerentes, como as dificuldades no ensino de conceitos específicos. Ao lecionar sobre a flutuação dos corpos, por exemplo, a descrição do empuxo como o peso do líquido deslocado, apesar de demonstrada experimentalmente, não foi imediatamente compreendida por uma aluna de Pedagogia. Este episódio sublinha a importância de o professor refletir sobre a clareza da sua linguagem e de reconhecer que o público pode não partilhar o mesmo entendimento técnico – neste caso, o conceito de "líquido deslocado" decorrente da imersão de um objeto.

A prática pedagógica, em suma, fornece a percepção de que a aprendizagem e a compreensão se consolidam através da ação. A didática, nesse sentido, torna-se um campo fascinante e um foco central da pesquisa. O currículo e a didática interligam-se profundamente, influenciando a seleção de conteúdos e metodologias, e determinando a eficácia da comunicação e da capacidade de se fazer compreender. Desta forma, a prática é tida como um elemento essencial.

Ernani Souza Jr. Como professor e pesquisador de "conteúdos cordiais", o meu interesse primordial reside nas perspectivas futuras: as novas propostas e pesquisas que emergirão no horizonte.

Essa curiosidade advém da diversidade de possibilidades que se abrem com a inclusão de outras práticas e fundamentos teóricos nos "conteúdos cordiais" e na educação em direitos humanos. Tal abertura é crucial, por um lado, para enriquecer o acervo de exemplos de práticas pedagógicas disponíveis e, por outro, para identificar e explorar novas possibilidades de aplicação em sala de aula.

Conforme mencionado por Roberto, a nossa investigação comum se baseou na pesquisa-ação. No entanto, estou ciente da existência de diversas outras metodologias de pesquisa e formas de construção de conhecimento. Portanto, a minha curiosidade centra-se no que se desenvolverá a partir de agora.

Observamos, na área de pesquisa, um crescimento notável na investigação sobre os "conteúdos cordiais" e no desenvolvimento de novas práticas e trabalhos. A expectativa sobre o que virá a seguir é alta, pois acredito que esse desenvolvimento contínuo enriquecerá substancialmente o conhecimento que possuímos sobre os "conteúdos cordiais".

Eliane Cruz. Esta é uma reflexão breve sobre a questão do futuro. Retomando uma discussão prévia com Dalmo, o grupo demonstra uma ausência de apego egóico à autoria, não insistindo que os "conteúdos cordiais" foram idealizados por si. No entanto, o receio é que, ao se adotarem outras designações, a essência da articulação da pesquisa com a prática se perca.

Existem vários aspetos relevantes, como as Questões Socio-Científicas (CTS) e outras questões relacionadas com as abordagens STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), que integram as artes e a cultura. Um exemplo concreto é a diferença na terminologia: no Brasil utiliza-se o termo "ensino investigativo", enquanto em Portugal se adota "ensino por pesquisa", apesar de haver quem as considere a mesma coisa e quem as veja como abordagens distintas.

A não preservação do nome, da linha de investigação ou do conceito pode dificultar significativamente a articulação teórica e prática. Gostaria de ouvir a vossa perspetiva sobre esta questão e retomar o ponto levantado por Dalmo na nossa conversa anterior.

Glória Queiroz. A meu ver, esta situação afigura-se incontrolável e impossível de dominar. É notório que o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) é amplamente aceite pelos docentes em contexto escolar. Quando os professores compreendem o CTS, com todas as suas evoluções e diversidade adquirida, manifestam grande entusiasmo. Começam a utilizar jornais e a pesquisar notícias relevantes. Um artigo de Mortimer propõe uma classificação que estabelece o percurso do S para o T, para o C, ou do T, e esta abordagem é bem recebida pelas professoras, que desenvolvem atividades integrando conteúdos centrais, frequentemente presentes nessas notícias.

Considero, portanto, que esta dinâmica é incontrolável. A título de exemplo, no que concerne à teoria dos modelos mentais, recordo que, à época, eu pretendia que o professor realizasse uma análise discursiva das interações em sala de aula. Contudo, ele deparou-se com os modelos mentais e demonstrou um entusiasmo significativo. Adotou essa linha de trabalho, explorando-a; desenvolveu uma atividade utilizando maquetes para o ensino de astronomia, resultando num trabalho de excelente qualidade, mas desviando-se do objetivo inicialmente proposto por mim. Não é viável controlar as preferências individuais, nem o valor que as pessoas atribuem a novas propostas. No entanto, é fundamental que esta liberdade não conduza à situação que Roberto descreve, em que a crítica se equipara a uma reação extrema.

Roberto Oliveira. Concordo completamente com Glória, possivelmente porque tenho uma filosofia de vida, desprovida de qualquer pretensão. Especificamente, não espero que futuramente, esta contribuição gere um elevado número de citações, nem que se estabeleça uma categorização ou rótulo específico para o trabalho, como, por exemplo, "conteúdo dos cordiais", atribuído à autoria de Glória e Roberto num determinado ano. Esta ausência de desejo decorre da compreensão de que o reconhecimento e a ressonância de uma obra dependem da avaliação e decisão de terceiros, e não de uma vontade própria.

A materialização desse impacto é verificável em iniciativas como a pesquisa do Wallace Evangelista orientada pela Eliane, recentemente defendida sobre o tema, ou no artigo que

resultará da sua colaboração para uma revista editada por Bernardino. Tais ações demonstram a capacidade do trabalho para gerar reflexão e continuidade. Esta circulação e apropriação do conhecimento por parte da comunidade pode inspirar novas abordagens e referências. Esta continuidade é vista como uma consequência natural de um trabalho que possui propósito, finalidade e uma construção epistémica que, embora sujeita a constante debate e disputa, é considerada sólida.

A equipa realizou o melhor trabalho possível dentro das limitações existentes. O destino e a importância deste trabalho residem na avaliação da comunidade, sem a ambição de atingir o nível de notoriedade de quadros teóricos como o Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Considera-se que as questões abordadas, embora distintas, são frequentemente complementares e não necessariamente excludentes, mobilizando o interesse de diferentes grupos de investigação.

É crucial sublinhar que a articulação entre educação, ciências e direitos humanos não deve, em nenhuma circunstância, ser utilizada para justificar ou reforçar posturas inadmissíveis e indefensáveis, como o racismo, o machismo ou outras pautas que a sociedade rejeita. O imperativo é impedir que esta forma de pensamento reforce o fascismo, uma ideologia onnipresente, inclusive a um nível micropolítico.

A reflexão deve centrar-se em como estas práticas fomentam o diálogo e a vigilância contra o surgimento de ideologias extremistas, questionando: "Como ser um professor antifascista?". Este ponto é considerado mais relevante do que o sucesso académico da proposta. O valor prático reside na sua capacidade de nutrir relacionamentos e de promover uma educação que concretize a máxima zapatista: "um mundo onde caibam muitos mundos".

Isto implica uma visão que se estende para além do humano, integrando a inter-relação entre espécies e um profundo saber ecológico. A contribuição, mesmo que modesta, para esta reflexão é vista como o principal mérito e satisfação do trabalho.

Encerramento da mesa redonda

J. Bernardino Lopes. O tempo de discussão estendeu-se para além de duas horas e trinta minutos. Não obstante a duração, considero essencial proporcionar a cada participante a oportunidade de apresentar quaisquer reflexões adicionais sobre as temáticas abordadas que não tenham sido explicitamente solicitadas.

Desta forma, propõe-se uma nova ronda de intervenções para que cada um possa expressar pontos considerados relevantes acerca do objeto de análise, que foi o artigo de Glória e Roberto e a questão dos conteúdos cordiais, assim como os tópicos decorrentes desta discussão. Peço que cada um manifeste qualquer ideia que não tenha sido expressa e que considere de importância para o debate.

Roberto Oliveira. Agradeço a oportunidade de participar desta mesa e de discutir este tópico, que considero de grande relevância. O trabalho desenvolvido exigiu um esforço significativo. Embora a reverberação desta iniciativa não dependa exclusivamente de nós, o empenho na criação de um fundamento sólido e com potencial de impacto na comunidade foi substancial. Reitero o meu profundo agradecimento pela participação neste evento e na futura versão em artigo. Espero que o presente diálogo tenha sido proveitoso para todos os intervenientes.

Ernani Souza Jr. Manifesto total acordo com as palavras de Dalmo, subscrevendo-as integralmente. Não me alongarei em contribuições adicionais neste momento, pois sinto-me plenamente contemplado pelos pontos abordados na discussão. A experiência proporcionou-me uma significativa aprendizagem. Embora o meu convívio com Dalmo tenha sido mais intenso devido aos quatro anos de coorientação, tive a oportunidade de conhecer Glória, conversar com Eliane e também com Bernardino.

Agradeço o convite e a oportunidade de estar presente. Ficarei na expectativa, conforme mencionado, para acompanhar o desenvolvimento futuro dos conteúdos relacionados à cordialidade. Igualmente, manifesto interesse em saber qual será o impacto desta conversa e dos artigos associados junto de outros investigadores, que poderão incorporar estas reflexões nos seus próprios trabalhos.

Tendo recentemente concluído a minha investigação, encontro-me numa fase de grande entusiasmo, pelo que anseio que este sentimento seja partilhado pelos demais. Reitero a minha satisfação por ter participado neste evento e expresso a minha profunda gratidão.

Glória Queiroz. Agradecemos profundamente. Esperamos ter conseguido elucidar alguns pontos menos claros, bem como demonstrar a persistência de aspetos ainda por clarificar. A integração do paradigma da complexidade no ensino, de forma geral, é uma necessidade premente.

O resultado que se almeja, nomeadamente a aproximação entre o ensino das ciências e a educação em direitos humanos, envolve inúmeras variáveis. Estas variáveis interagem e competem entre si, o que é característico de um sistema complexo. Este sistema engloba diversas áreas disciplinares, culturas e sujeitos, cada qual apresentando as suas problemáticas e perspetivas. Existe, portanto, um vasto campo de investigação por explorar pelas novas gerações.

Eliane Cruz. Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento. A organização deste grupo, pautada pela cordialidade no acolhimento dos nossos trabalhos, foi fundamental para que pudéssemos refletir sobre a nossa prática profissional. Atualmente, o grupo tem acolhido de forma semelhante à articulação entre pesquisa e prática. Sinto-me grata e privilegiada pelo facto do meu percurso se ter cruzado com o de todos os membros. Esta experiência tem contribuído significativamente para uma nova perspetiva sobre as ciências. Espero sinceramente que esta colaboração se mantenha por longo tempo, permitindo-me continuar a trabalhar ao vosso lado no desenvolvimento de conteúdos sobre a cordialidade e a comunicação autêntica. Agradeço a vossa amizade e o vosso apoio.

J. Bernardino Lopes. Resta-me agradecer a presença e a contribuição de todos vós, bem como a sabedoria partilhada. Foi enriquecedor analisar o vosso artigo. As questões formuladas dirigiram-se, em parte, à necessidade de esclarecer, perante os leitores, alguns aspetos que se consideram essenciais.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As intervenções na mesa redonda demonstraram a maturidade teórica e empírica da temática conteúdos cordiais. A proposta consolidou-se enquanto uma abordagem plural e emancipatória no campo da educação científica. Possui o mérito de reconciliar a ciência com a ética, ultrapassando dicotomias historicamente estabelecidas entre razão e emoção, teoria e

prática, e técnica e sensibilidade. Os conteúdos cordiais evidenciam que o ensino de ciências pode ser simultaneamente rigoroso e humano, racional e afetivo, crítico e transformador, sendo esta síntese a fonte da sua força e atualidade.

A discussão realizada na mesa redonda da *APeDuC Revista* evidenciou que a proposta dos conteúdos cordiais transcende a mera integração de valores éticos no ensino de ciências: ela constitui uma epistemologia relacional, que articula conhecimento, afeto e justiça social. Inspirada na ética da razão cordial (Cortina, 2007) e no modelo de PCK (Shulman, 1987), esta abordagem propõe uma renovação profunda das práticas de ensino e da formação de professores, ao conceber o ato educativo como diálogo entre razão e emoção, entre ciência e humanidade.

As falas dos participantes revelaram que a implementação dos conteúdos cordiais exige condições estruturais e culturais favoráveis — tempo pedagógico, liberdade curricular e valorização da diversidade epistemológica. Os testemunhos apresentados mostraram que os professores enfrentam resistências institucionais (currículos engessados, avaliações padronizadas) e barreiras socioculturais (conservadorismo, intolerância religiosa), mas também que emergem redes de resistência e criação através da pesquisa-ação, da extensão universitária e de práticas colaborativas entre universidades e escolas.

Em termos de articulação entre investigação e prática educativa, a proposta dos conteúdos cordiais demonstra que o conhecimento científico pode ser pedagogicamente recontextualizado sem perder rigor, quando ancorado em valores humanos e sociais. Ao mesmo tempo, as experiências relatadas sugerem que a investigação se torna mais significativa quando se enraíza nas realidades concretas da docência e reconhece os professores como agentes epistêmicos e socioculturais (Candau, 2012; Aikenhead, 2006).

Assim, o movimento dos conteúdos cordiais aponta para uma agenda de investigação e ação sustentada em três eixos estratégicos:

1. Reconfigurar a epistemologia da educação científica, reconhecendo a pluralidade de formas de conhecimento e a dimensão ética da racionalidade científica.
2. Fortalecer a formação docente por meio de metodologias colaborativas, interculturais e críticas, capazes de integrar ciência, cultura e direitos humanos.
3. Consolidar a articulação entre universidade e escola, promovendo práticas de coautoria, laboratórios de mudança e projetos de extensão que traduzam a razão cordial em ação pedagógica.

Em síntese, os conteúdos cordiais convocam a comunidade científica e educativa a repensar o papel da ciência na construção de uma sociedade mais justa e sustentável. A ética cordial não nega a razão, mas amplia-a — transformando o ensino de ciências num espaço de escuta, empatia e emancipação. O principal desafio futuro reside no aprofundamento da articulação entre a investigação e a prática educativa. Tal aprofundamento visa transformar a razão cordial num princípio estruturante aplicável à formação, ao currículo e à política científica. É indispensável o diálogo entre ética, ciência e cidadania para o repensar da educação no contexto da crise ecológica, social e epistemológica contemporânea.

REFERÊNCIAS

- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Albert, B.; Kopenawa, D. (2010). *A queda do céu: palavras de um xamã yanomami*. Companhia das Letras.
- Candau, V. M. (2012). Educação em direitos humanos: fundamentos teórico-metodológicos. Vozes.
- Candau, V. M. (2014). Cotidiano escolar e práticas interculturais. *Cadernos de Pesquisa*, 44(155), 159-173.
- Catarino, G.F.C.; Queiroz, G.R.P.C.;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 in Practice. Springer v.31, p.113-128.
- Catarino, P.; Queiroz, S. S.; Pessoa, R. P. (Eds.) (2023). E-book de Atas do XXVI Encontro Nacional da Associação Nacional de Investigadores em Ciência da Educação (ANIE), Lisboa, 2016. Springer.
- Cortina, A. (2007). *Ética de la Razón Cordial. Educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Ediciones Nobel.
- de 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.
- Engeström, Y. (2015). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Engström, Y. (2007) Putting Vygotsky to work: the Change Laboratory as an application of double stimulation. In: Daniels, H.; Cole, E, M.; Wertsch J. V. (Org.) *The Cambridge Companion to Vygotsky*. Cambridge University Press.
- Evangelista, Wallace (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. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11600/74686>.
- 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 (Belo Horizonte)*, 17(2), 500-528.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- Haraway, D. (2023). *Ficar com o problema: fazer parentes no Chthuluceno*. N-1 Edições.
- Haraway, D. (2023). *Pensar com outros seres: humanidades mais-que-humanas*. Ubu Editora.
- Hodson, D. (2014). Becoming part of the solution: Learning about activism, learning through activism, learning from activism. *Activist Science and Technology Education*, 1(1), 1–24.
- Kopenawa, D., & Albert, B. (2015). *A queda do céu: Palavras de um xamã yanomami*. Companhia das Letras.
- Machado, V. (2025). *O espectro Jenipapo, ciências, povos indígenas e redes de conhecimento*. Cia Editora Nacional.
- Mazzocchi, F. (2006). Western science and traditional knowledge: Despite their variations, different forms of knowledge can learn from each other. *EMBO Reports*, 19(4), e45763.
- Mazzochi, 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.
- Morin, E. (2001). *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. Cortez.
- Morin, E. (2015) (tradução Eliane Lisboa) *Introdução ao pensamento complexo*. 5.ed. Sulina.
- 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.

- 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. (2017). *Conteúdos Cordiais de Química: Química Humanizada para uma Escola sem Mordança*. Livraria da Física.
- Pestana, S. (2022). *O laboratório de mudança como uma ferramenta para o desenvolvimento profissional docente no contexto de um curso técnico-integrado*. Tese de doutorado PPCTE/CEFET, RJ.
- Queiroz, G., Catarino, G., & 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?* IENCI.
- Sagan, C. (1996). *Pálido Ponto Azul*. Companhia das Letras.
- Salgado, S. (2013). *Gênesis*. Taschen.
- Santos, A. G., Queiroz, G. R. P. Q., & Oliveira, R. D. V. L. (2021). *Conteúdos Cordiais de Física: Física Humanizada para uma Escola sem Mordança*. Livraria da Física.
- Santos, A.G. (2021). *A práxis da codocência e da coaprendizagem pelos caminhos da interdisciplinaridade na formação inicial de professores de ciências na perspectiva da teoria da atividade*. Tese de Doutorado PPCTE/CEFET, RJ.
- Santos, B. de S. (2018). *O fim do império cognitivo: A afirmação das epistemologias do Sul*. Almedina.
- Santos, A.R. (2020) *A interdisciplinaridade como objeto para formação cidadã: um estudo de caso baseado no filme avatar*. Dissertação de Mestrado. PPCTE/CEFET, RJ.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- 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.D.L., Queiroz, G.R.P.C. (2019). *Conteúdos Cordiais de Biologia: Biologia Humanizada para uma Escola sem Mordança*. Livraria da Física.

BREVES NOTAS BIOGRÁFICAS SOBRE OS CONVIDADOS:

Ernani Viana de Souza Junior (Instituto Federal de Goiás - Campus Luziânia). Professor de educação básica tecnológica (ensino médio e licenciatura em Química). Tem formação em Química (bacharelado e licenciatura) e é mestre em Química pela Universidade de Brasília (UNB). É doutor em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Goiás (UFG). É professor supervisor do PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) no meu campus de atuação.

Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira (Universidade Federal do Paraná – UFPR, em Curitiba). Mestre e Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação pelo CEFET, sob a orientação da Professora Glória Queiroz. Como professor na Universidade Federal do Paraná (UFPR), desenvolve reflexões sobre as relações entre arte, ciência e filosofia. É professor de Filosofia das Ciências e curso um bacharelado em Artes Visuais, o que tem intensificado o meu interesse pela articulação entre ciência e arte.

Glória Regina Pessoa Campello Queiroz (UERJ - Professora associada aposentada). Licenciada em Física pela UERJ e Mestre em Ciências dos Materiais. Esteve sempre ligada à área da Educação, devido à sua formação pedagógica e experiência no ensino médio. Trabalhou com crianças e adolescentes. Após concluir o mestrado, iniciou a atividade docente no Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), onde trabalhou durante 21 anos, tendo antes lecionado em universidades privadas. Doutora em Educação pela PUC do Rio de Janeiro e, subsequentemente, integrou o Instituto de Física da UERJ, onde se aposentou recentemente. Mantém-se ativa na pesquisa, desenvolvendo novos projetos.

Eliane de Souza Cruz (Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, Campus Diadema). Licenciada em Física pela USP, Mestre em Ensino de Física e Química e Doutora em Educação pela Universidade de Aveiro, sendo que esta formação foi revalidada pela USP. É idealizadora da Rede Articul@ções, atuando como professora no estágio supervisionado de gestão e de ciências. Colabora em diversos programas de pós-graduação e está vinculada ao Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências e Matemática/PECMA da Unifesp.

AGRADECIMENTOS E DECLARAÇÃO DE AUTORIA

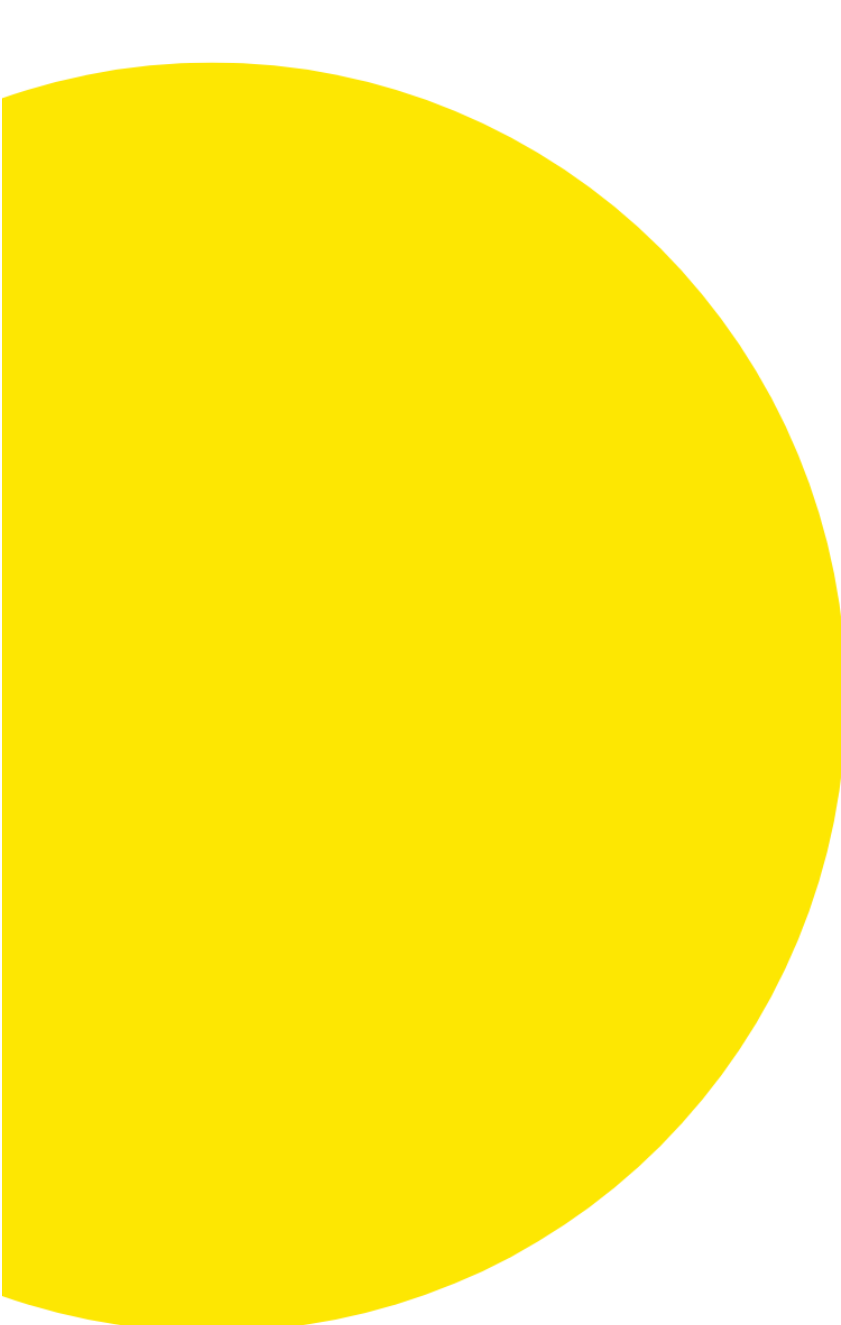
Os autores agradecem à *APeDuC Revista* e à comunidade acadêmica que participou na mesa redonda.

Agradecemos aos bolsistas da Rede Articul@ções Fernando Morelatto Cavalcante e Mariana Sobral pela transcrição.

Todos os autores contribuíram igualmente para a concepção, redação e revisão deste artigo. Declaram não haver conflitos de interesse.

MESA REDONDA COMPLETA NO YOUTUBE

https://www.youtube.com/watch?v=Qn_slj_2Tkk



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.

RECENSÃO CRÍTICA DE "EVERYTHING IS TUBERCULOSIS: THE HISTORY AND PERSISTENCE OF OUR DEADLIEST INFECTION" DE JOHN GREEN

CRITICAL REVIEW OF "EVERYTHING IS TUBERCULOSIS: THE HISTORY AND PERSISTENCE OF OUR DEADLIEST INFECTION" FROM JOHN GREEN

RESEÑA CRÍTICA DEL LIBRO "EVERYTHING IS TUBERCULOSIS: THE HISTORY AND PERSISTENCE OF OUR DEADLIEST INFECTION" DE JOHN GREEN

Rita Ponce^{1,2}

¹Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Educação, Portugal

²ICNOVA – Instituto de Comunicação da NOVA, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
anaritaponce@gmail.com

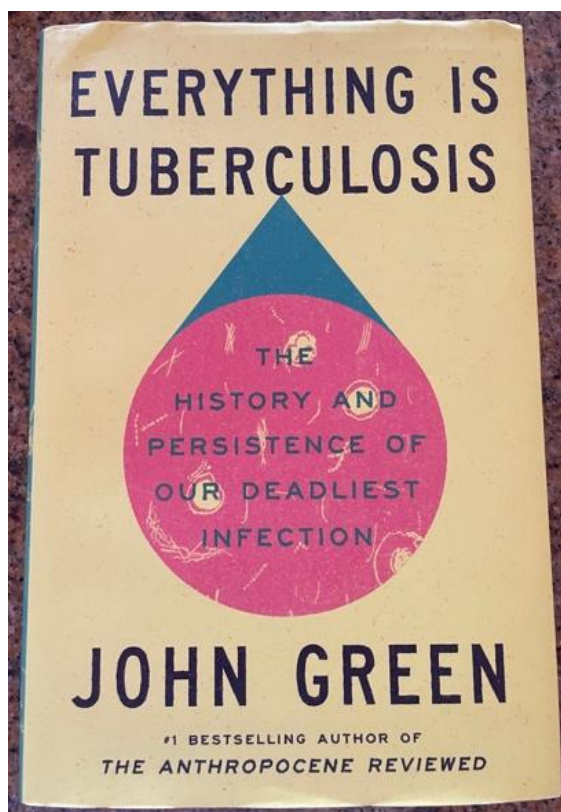


Figura 1 Capa do livro "Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection" (2025) de John Green.

1. SUMÁRIO DA OBRA

O livro “*Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection*” é um livro de divulgação que aborda a tuberculose de várias perspectivas — histórica, social e científica. Com este livro, o autor chama a atenção para dimensão desta doença nos dias de hoje, lembrando que esta (ainda) é a doença infecciosa que causa mais mortes a nível mundial.

Ao longo das 198 páginas, o autor, John Green, entrelaça a história da tuberculose ao longo dos tempos e em várias culturas, com a história de um jovem com tuberculose, Henry Reider, que conheceu durante uma visita a um hospital em Serra Leoa. É a partir desta visita que o autor começa a interessar-se pela doença que até aí pensava ser uma doença do passado, comum em poetas do século XIX.

O livro conta-nos como esta doença foi vista e até interpretada desde a Antiguidade, em épocas que não se sabia que as doenças podiam ser causadas por microrganismos e quando não havia métodos de diagnóstico, passando pela descoberta do agente causador, da vacina e dos antibióticos e trazendo-nos até aos dias de hoje, com o problema das resistências a antibióticos, das dificuldades no controlo da doença e no acesso a tratamentos.

A narrativa leva o leitor a refletir em como a perceção de uma doença também influencia o diagnóstico. No caso da tuberculose, em vários momentos, caso uma doença fosse vista como associada a certos grupos (pessoas brancas, influentes, intelectuais), isto poderia implicar que pessoas pertencentes a outros grupos (pessoas escravizadas, por exemplo) não fossem diagnosticadas.

De vários episódios relevantes do livro, deve salientar-se a descrição do impacto do trabalho do médico e investigador Robert Koch ao provar que a tuberculose é causada por uma bactéria, descartando a possibilidade de ser hereditária, ou provocada por características individuais de temperamento, o que também levou à mudança da forma como esta doença era vista pela sociedade. Esse capítulo acompanha também o trabalho contemporâneo de Louis Pasteur e conta-nos ainda como Conan Doyle — o criador de Sherlock Holmes — que enquanto médico também se interessou pelo assunto.

Em paralelo, o livro segue a história de Henry Reider que foi diagnosticado com tuberculose aos 6 anos. A jornada deste jovem e dos esforços para se manter em tratamento ao longo de mais de 10 anos, dá uma perspectiva pessoal e muito atual à doença.

Inesperadamente, para uma obra que trata de uma doença e da sua história, o livro lê-se com interesse. Muito se deve ao tom coloquial do autor, que também escreve livros de ficção para jovens adultos e é co-criador de um canal educacional do YouTube (*CrashCourse*). Apesar de explicar a natureza da doença e dos tratamentos, não se alonga em detalhes científicos, algo de que um leitor mais especializado poderá sentir falta.

2. POTENCIAIS CONTRIBUTOS PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

“*Everything is Tuberculosis*” é um livro de divulgação dirigido a um público alargado, mas que pode dar contributos interessantes para a abordagem de temas de ciência e saúde em contextos formais e não formais. Apesar de o livro não se alongar sobre a biologia da doença e do seu tratamento, fornece uma imagem geral e relativamente completa do tema que pode ser relevante para articular assuntos abordados em contexto escolar, como o agente patogénico, o modo de ação dos antibióticos, a resistência a antibióticos, e a história da ciência. A visão geral e as histórias ao longo de várias épocas e culturas podem ser especialmente interessantes para debater em sala e enriquecer o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, as reflexões a que este livro convida são aplicáveis a outras doenças infecciosas.

No dia 24 de março, o dia em que Robert Koch apresentou à comunidade científica a descoberta do bacilo da tuberculose, celebra-se o Dia Mundial da Tuberculose. Geralmente neste dia esta doença é alvo de atenção especial na comunicação social e pode ser também um convite para debater os temas que lhe estão associados.

REFERÊNCIA

Green, J. (2025). *Everything Is Tuberculosis: The History and Persistence of Our Deadliest Infection*. Penguin Random House UK

SUGESTÃO DE INTEGRAÇÃO DO RECURSO DIDÁTICO "OVERVIEW OF CELL STRUCTURE"

SUGGESTION FOR INTEGRATING THE TEACHING RESOURCE "OVERVIEW OF CELL STRUCTURE"

SUGERENCIA PARA INTEGRAR EL RECURSO DIDÁCTICO "OVERVIEW OF CELL STRUCTURE"

Sara Aboim

Instituto Politécnico do Porto, Escola Superior de Educação, Portugal

saraaboim@ese.ipp.pt

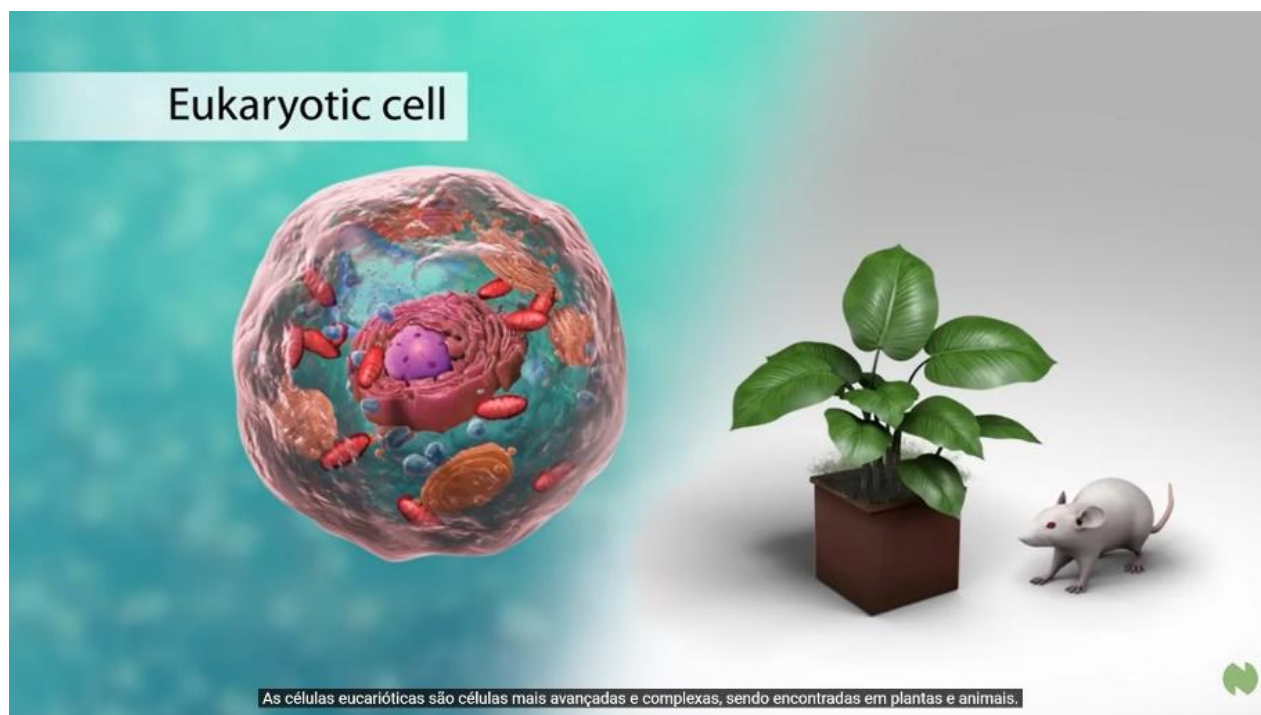


Figura 1 Overview of Cell Structure, Nucleus Medical Media,

<https://youtu.be/URUJD5NEXC8?si=8kh5r5XhzTUcNeZ7>

1. ENQUADRAMENTO DO RECURSO DIDÁTICO

O recurso didático “*Overview of Cell Structure*” é um vídeo de 7 minutos, disponível gratuitamente na plataforma Youtube (<https://youtu.be/URUJD5NEXC8?si=8kh5r5XhzTUcNeZ7>), da autoria da empresa *Nucleus Medical Media*. O vídeo aborda a organização das células eucarióticas e procarióticas, os seus constituintes e respetivas funções.

Este recurso didático foi utilizado com estudantes do 3º ano da Licenciatura em Educação Básica, na Unidade Curricular (UC) Biologia e Ecologia para a Educação (BEE). Um dos conteúdos abordados nesta UC é a Biologia Celular, sendo um dos objetivos de aprendizagem a identificação de células procarióticas e eucarióticas, dos seus constituintes e principais funções.

Este recurso apresenta também potencialidades para ser explorado no ensino secundário, na disciplina Biologia e Geologia, 10º ano, no domínio Biodiversidade, alinhando-se com a Aprendizagem Essencial “Distinguir tipos de células com base em aspetos de ultraestrutura e dimensão: células procarióticas/ eucarióticas (membrana plasmática, citoplasma, organelos membranares, núcleo); células animais/ vegetais (parede celulósica, vacúolo hídrico, cloroplasto)” (Ministério da Educação, 2018, p.8).

2. DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA EDUCATIVA DE INTEGRAÇÃO DO RECURSO

O recurso “*Overview of Cell Structure*” foi explorado numa aula de BEE, após já ter sido trabalhado com os estudantes o conceito de célula, de célula procariótica e eucariótica. Para a maioria dos estudantes este tema era pouco conhecido. Constatadas as lacunas existentes foi necessário selecionar um recurso que permitisse visualizar a célula e os organelos em forma 3D, e que a descrição das funções que desempenham fosse apresentada de forma simples e objetiva. O vídeo “*Overview of Cell Structure*” foi o recurso selecionado. Os estudantes foram organizados em pares e foi-lhes entregue uma tabela resumo, que teriam que preencher com as informações do vídeo. Essa tabela tinha já uma primeira coluna preenchida com o nome dos constituintes celulares e uma segunda coluna, em branco, onde teriam que escrever a respetiva função.

Os estudantes tinham autonomia para, durante 30 minutos, avançarem, retrocederem ou pausarem o vídeo. Podiam solicitar a ajuda da professora sempre que necessário.

Os estudantes mostraram-se envolvidos e motivados na realização da tarefa, conseguindo concluí-la no tempo previsto. Os conceitos tornaram-se mais concretos, sendo ultrapassadas resistências face à aprendizagem deste conteúdo.

Apesar de o vídeo se encontrar em inglês existe a possibilidade de colocar legendas em português, o que facilita a compreensão da informação.

3. BALANÇO E SUGESTÕES

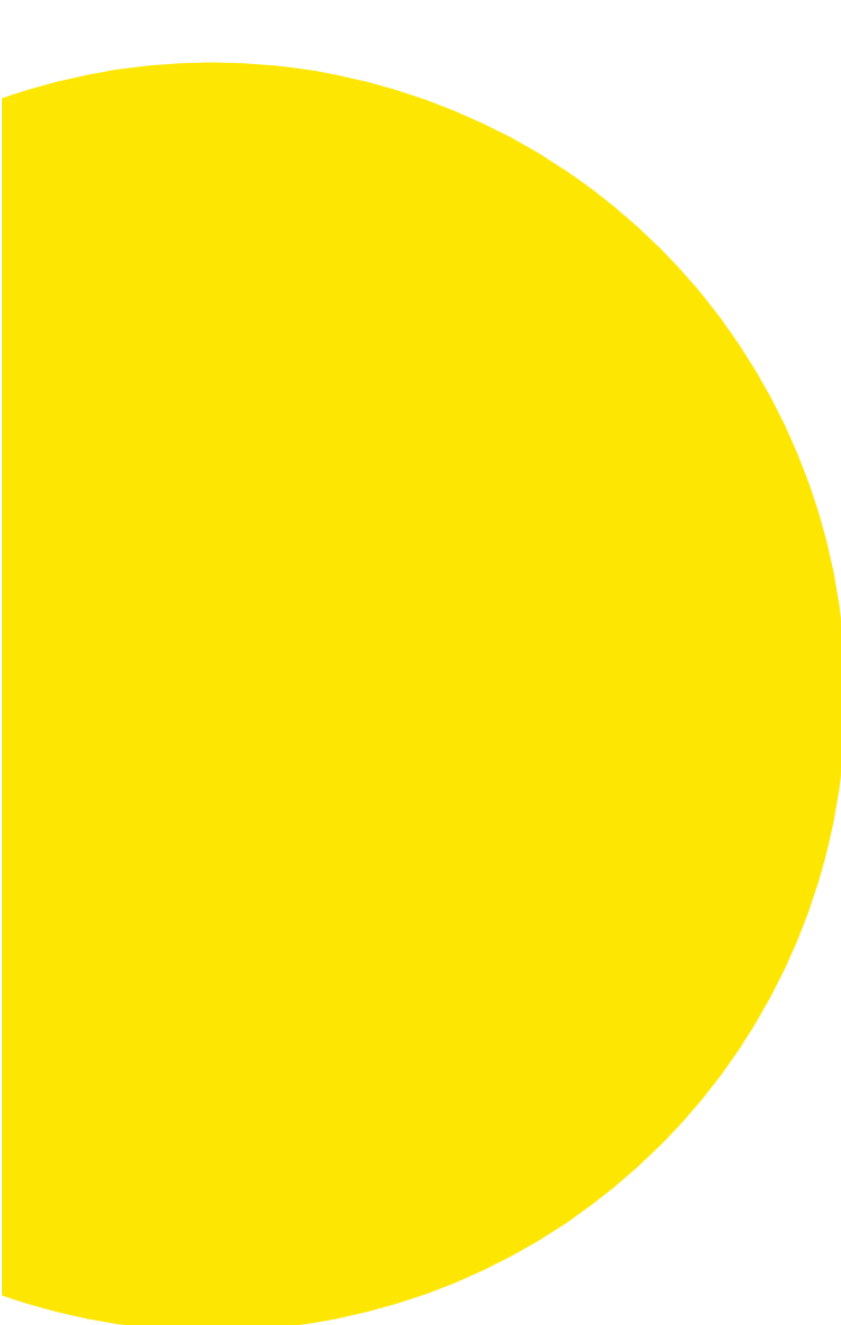
A utilização do recurso didático “*Overview of Cell Structure*”, para que os estudantes possam explorar os constituintes celulares e as suas funções, constitui uma boa escolha, uma vez que a qualidade das imagens apresentada é excelente, a linguagem é simples, direta e cientificamente correta. Os estudantes sentem-se motivados a percorrer a viagem que é feita através da célula, o que contribui para a realização de aprendizagens. No entanto, é necessário ter em conta que este é um recurso que implica algum tempo para a sua exploração. Se o tempo constituir um fator limitante, poder-se-á propor a visualização do vídeo e preenchimento da respetiva tabela numa perspetiva *Flipped classroom* (Al-Zahrani, 2015). Essa metodologia já foi implementada, na exploração deste recurso em concreto, verificando-se que a maioria dos estudantes realizaram a tarefa proposta.

Um outro aspeto a ter em consideração, para que seja possível a exploração deste recurso nos moldes apresentados no ponto 2, tem a ver com a necessidade de os estudantes levarem auriculares para a sala de aula, para que o som do vídeo das diferentes duplas de trabalho não interfira com o trabalho dos colegas. A projeção do vídeo em grande tela pelo professor, para que todos os estudantes possam ouvir, não é a solução ideal, porque impede que estes tenham autonomia para parar, retroceder ou avançar no vídeo mediante as necessidades que sintam.

Em suma, a utilização do recurso “*Overview of Cell Structure*”, constitui uma boa opção didática, já que contribui para uma abordagem mais interativa e multimodal de conceitos relativos à biologia celular.

REFERÊNCIAS

- Al-Zahrani, A. M. (2015). From passive to active: The impact of the flipped classroom through social learning platforms on higher education students’ creative thinking. *British Journal of Educational Technology*, 46(6), 1133–1148. <https://doi.org/10.1111/bjet.12353>
- Ministério da Educação (2018). *Aprendizagens Essenciais (Ensino secundário): Biologia e Geologia, 10ºano*. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens Essenciais/10 biologia e geologia.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens%20Essenciais/10_biologia_e_geologia.pdf)



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.

TEM A PALAVRA... MÓNICA BAPTISTA

GIVING THE FLOOR TO... MÓNICA BAPTISTA

TIENE LA PALABRA... MÓNICA BAPTISTA

1. BREVE BIOGRAFIA

Mónica Baptista é presidente da direção da Associação Portuguesa de Educação em Ciências–APEDuC. É professora Catedrática e subdiretora do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Doutorada em Educação na área de especialidade Didática das Ciências pela Universidade de Lisboa. Coordenadora do projeto GoSTEM, financiado pela FCT, e coordenadora nacional de Projetos europeus ICSEFactory, 3C4Life e STEMKey. Vice-presidente da Sociedade Portuguesa de Física (2019-2022), membro do Executive Board da *European Science Education Research Association* (ESERA)(2025-atualidade) e membro do consórcio *International Center for STEM Education* (ICSE) (2023-atualidade). Coordena o curso de Mestrado em Ensino de Física e Química. Em 2023, recebeu o Prémio Científico Universidade de Lisboa/Caixa Geral de Depósitos na área da Educação (1.º lugar)

2. ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: BREVE BALANÇO DO QUADRIÉNIO 2022-2025

No último quadriénio (2022-2025), a Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APEDuC) registou progressos significativos em diferentes áreas, destacando-se a comunicação externa, a criação de três núcleos e a atração de novos associados.

De facto, ao longo dos últimos quatro anos, a APEDuC tem vindo a reforçar a sua imagem no contexto nacional enquanto associação que atua na promoção da Educação em Ciências. Para tal, destacou-se o investimento no desenvolvimento do seu site institucional e na criação de outros canais de comunicação, como o Facebook e o Instagram. Durante o quadriénio, manteve-se como prioridade a atualização regular destes meios com conteúdos relevantes, potenciando assim a relação da APEDuC com os diferentes *stakeholders*.

Ademais, a criação dos núcleos Norte, Centro, Sul e Ilhas também contribuiu para o reforço da imagem da APEDuC no contexto nacional. Os núcleos têm como principal objetivo fomentar o debate científico e a reflexão sobre a Educação em Ciências, promovendo, de forma mais próxima, a partilha de conhecimentos e práticas entre os seus membros, bem como entre

estes e a comunidade da respetiva região. Esta proximidade tem permitido alargar “a voz” da APEDuC a outras entidades e redes locais e regionais, através de várias iniciativas de formação e de natureza científica, dirigidas a públicos profissionais e académicos.

Como consequência do desenvolvimento da comunicação externa e da criação dos núcleos, em conjunto com outras ações da associação, houve uma maior capacidade de atrair novos associados. Esta expansão permite levar a APEDuC mais longe e consolidar a sua missão de promover a Educação em Ciências.

3. PARA SABER MAIS...

Links:

<https://www.apeduc.pt/>

<https://www.facebook.com/associacaoportuguesaeducacaoemciencias>

<https://www.instagram.com/assocporteduciencias/>

VOLUME 6 | NÚMERO 2

NOVEMBRO 2025

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

