

LIVRO DE ATAS

Encontro Nacional de
Educação em Ciências

XXI ENEC
VII ISSEC

20
25

International Seminar
of Science Education

Educação
em Ciências
em Tempos
de Mudança:
Desafios da
Era Digital

Science
Education
in Times of
Change:
Challenges of
the Digital Age

APEduc



POLITÉCNICO
DE SANTARÉM
ESCOLA SUPERIOR
DE EDUCAÇÃO

Livro de Atas: XXI ENEC/VII ISSE

Educação em Ciências em Tempos de Mudança: Desafios da Era Digital

Editores literários

Marisa Correia, Bento Cavadas, Elisabete Linhares, Maria Clara Martins, Neusa Branco, Nelson Mestrinho, Raquel Santos, Sílvia Nobre, Susana Colaço & Teresa Ribeirinha

Capa e Layout

Teresa Cavalheiro

Composição gráfica

Inês Matias, Rosa Oliveira, Rui Lopes & Teresa Cavalheiro

Palavras-chave: Currículo e políticas educativas em Educação em Ciências; Educação em Ciências; Formação de Professores; Inovação em Educação em Ciências; Educação em Ciências em contextos não formais e informais.

ISBN: 978-989-36789-2-3

Data: 11, 12 e 13 de setembro de 2025

Local: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém

Página web: <https://enec2025.ipsantarem.pt>

APOIOS



Índice	5
Comissões	7
Comissão Organizadora	8
Comissão Científica	9
Eixos Temáticos	11
01. Educação em Ciências no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário	12
Física da montagem cinematográfica: envolvimento dos alunos e práticas epistémicas na associação de espelhos planos usando um recorte de vídeo	12
Schoolfan: educação e ciência cidadã contra notícias falsas sobre alterações climáticas	24
02. Educação em Ciências no Ensino Superior	33
Reshaping passive learning: a digital pedagogical model for teaching psychometrics in engineering education	33
03. Educação em Ciências em contextos não formais e informais	46
Análise da participação num projeto STEM	46
Da ciência à cidadania: um estudo sobre a aprendizagem de bioética e de geoética no ensino não formal	58
04. Educação em Ciências na formação de professores	69
Domínio de conceitos científicos sobre a água: um estudo com professores do 1.º ciclo	69
Afetividade e habilidades socioemocionais na formação de professores de ciências da natureza: um estudo sobre sua integração na prática pedagógica	81
Atividades interdisciplinares de ciências naturais e matemática na formação inicial de professores: contributos do estudo de aula como processo formativo	92
Desafios da integração curricular entre ciências naturais e matemática	101
Formação de professores e práticas inovadoras em ciências: a abordagem STEAM em uma escola pública bilíngue	112

ÍNDICE

Formação de professores em química: o caso das vibrações moleculares.....	124
05. Currículo e políticas educativas em Educação em Ciências.....	134
Exames finais nacionais: tipologias e temáticas das perguntas.....	134
06. Inovação em Educação em Ciências.....	144
O desenvolvimento da alfabetização científica no ensino de soluções químicas: uma estratégia no contexto do ensino remoto.....	144
O papel do design thinking no desenvolvimento da criatividade numa sequência de aprendizagem I-STEM.....	152
Substituição sensorial como recurso para educação em ciências inclusiva: um estudo piloto sobre a tradução de sons da natureza em cores e vibrações para alunos surdos e ouvintes.....	166
Agradecimento aos revisores.....	179



COMISSÕES



COMISSÃO ORGANIZADORA



Marisa Correia
Presidente
Instituto Politécnico
de Santarém



Bento Cavadas
Instituto Politécnico
de Santarém



Elisabete Linhares
Instituto Politécnico
de Santarém



**Maria Clara
Martins**
Instituto Politécnico
de Santarém



Neusa Branco
Instituto Politécnico
de Santarém



Nelson Mestrinho
Instituto Politécnico
de Santarém



Raquel Santos
Instituto Politécnico
de Santarém



Sílvia Nobre
Instituto Politécnico
de Santarém



Susana Colaço
Instituto Politécnico
de Santarém



Teresa Cavalheiro
Instituto Politécnico
de Santarém



Teresa Ribeirinha
Instituto Politécnico
de Santarém

Ana Peixoto (Instituto Politécnico de Viana do Castelo) | anapeixoto@ese.ipvc.pt

Ana Rodrigues (Universidade de Aveiro) | arodrigues@ua.pt

António Almeida (Instituto Politécnico de Lisboa) | aalmeida@eselx.ipl.pt

Bento Cavadas (Instituto Politécnico de Santarém) | bento.cavadas@ese.ipsantarem.pt

Bernardino Lopes (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro) | blopes@utad.pt

Carla Dionísio (Universidade do Algarve) | cdionis@ualg.pt

Cecília Galvão (Universidade de Lisboa) | cgalvao@ie.ulisboa.pt

Clara Vasconcelos (Universidade do Porto) | cvascon@fc.up.pt

Cláudia Faria (Universidade de Lisboa) | cbfaria@ie.ul.pt

Delmina Pires (Instituto Politécnico de Bragança) | piresd@ipb.pt

Elisabete Linhares (Instituto Politécnico de Santarém) | elisabete.linhares@ese.ipsantarem.pt

Fátima Paixão (Instituto Politécnico de Castelo Branco) | mfpaixao@ipcb.pt

Fátima Regina Jorge (Instituto Politécnico de Castelo Branco) | frjorge@ipcb.pt

Filomena Teixeira (Instituto Politécnico de Coimbra) | filomena@esec.pt

Isabel Rebelo (Instituto Politécnico de Leiria) | isabel.rebelo@ipleiria.pt

João Paiva (Universidade do Porto) | jpaiva@fc.up.pt

José Contente (Universidade dos Açores) | contente.jose@gmail.com

José Luís Araújo (Universidade de Aveiro) | jlaraujo@ua.pt

José María Marcos Merino (Universidad de Extremadura) | jmmarcos@unex.es

Laurinda Leite (Universidade do Minho) | lleite@ie.uminho.pt

Luís Dourado (Universidade do Minho) | ldourado@ie.uminho.pt

Maria Rute Jimenez Liso (Universidad de Almería, Espanha) | mrjimene@ual.es

Marília Cid (Universidade de Évora) | mcid@uevora.pt

Marisa Correia (Instituto Politécnico de Santarém) | marisa.correia@ese.ipsantarem.pt

Mónica Baptista (Universidade de Lisboa) | mbaptista@ie.ulisboa.pt

Paulo Silveira (Instituto Politécnico de Castelo Branco) | paulo.silveira@ipcb.pt

Pedro Reis (Universidade de Lisboa) | preis@ie.ulisboa.pt

Rui Vieira (Universidade de Aveiro) | rvieira@ua.pt

Sílvia Ferreira (Instituto Politécnico de Setúbal) | silvia.ferreira@ese.ips.pt

EIXOS TEMÁTICOS

FÍSICA DA MONTAGEM CINEMATOGRAFICA: ENVOLVIMENTO DOS ALUNOS E PRÁTICAS EPISTÉMICAS NA ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS USANDO UM RECORTE DE VÍDEO

Isaías dos Santos Manuel Pedro¹ & Marco Paulo Duarte Naia^{2,3}

¹*Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (Angola)*

²*Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Portugal)*

³*Escola Superior de Ciências e Tecnologia da Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro (Portugal)*

isaiaspanzo@hotmail.com

RESUMO

O estudo investigou o envolvimento dos alunos na aprendizagem da associação de espelhos planos, tendo como foco a relação entre ângulo formado pelos espelhos a partir de um vértice e número de imagens resultantes, bem como as práticas epistémicas dos alunos. A pesquisa centrou-se na análise de uma aula, a qual partiu da apresentação de recorte de um vídeo, seguindo a apresentação da tarefa central e a cedência de artefactos mediadores construídos de material de baixo custo, o que propiciou a apresentação das demais tarefas e consequente resolução pelos alunos. A aula foi gravada em áudio e audiovisual, sendo captadas também fotografias e anotações, o que permitiu através da triangulação dos dados concluir que a apresentação das tarefas, a cedência dos artefactos mediadores e as interações professor-aluno mantidas ao longo da aula, favoreceram o envolvimento dos alunos na aprendizagem e o desenvolvimento das suas práticas epistémicas.

Palavras-chave: Associação angular de espelhos planos; Envolvimento produtivo dos alunos; Mediação docente; Montagem cinematográfica; Práticas epistémicas dos alunos.

INTRODUÇÃO

O envolvimento dos alunos na construção das aprendizagens estudado por diversos autores (Cunha et al., 2012; Cunha & Lopes, 2018; Sasseron, 2018; Sasseron & Souza, 2019), atesta a necessidade de quatro elementos essenciais: apresentação de um problema central, desafiador e contextualizado, atribuição de responsabilidade aos alunos, disponibilização de recursos ativos e resposta do problema pelos próprios alunos (Freire et al., 2014).

Estudos baseados nas ideias de Kelly (2008) destacam na eficácia da aprendizagem a adoção pelos alunos de algumas práticas similares às utilizadas pelos cientistas nas ações de construção, validação e divulgação do conhecimento, tais como, problematizar, elaborar hipóteses, manusear artefactos, obter dados, testar hipóteses, deduzir conclusões. Tais ações, adotadas pelos alunos, recebem a designação de «práticas epistémicas dos alunos» (Duschl, 2008).

Ao se destacar o papel dos recursos ativos para o envolvimento dos alunos, sobressai as baixas condições de trabalho de escolas, principalmente no ensino não universitário (Alves & Medeiros, 2024; França & Lopes, 2022; Furtado et al., 2017); situação ainda mais agravada nos países em via de desenvolvimento e/ou subdesenvolvidos; estando na base do trabalho experimental realizado a partir de materiais baixo custo (Alves & Medeiros, 2024; França & Lopes, 2022; Furtado et al., 2017). Por isso, os estudos centram-se em áreas de menor complexidade e que requerem menor tecnologia, como alguns tópicos de ótica geométrica, como por exemplo os espelhos planos, (Furtado et al., 2017; Gonçalves & Rodrigues, 2022), pois, são abundantes e, em determinadas condições, permitem analisar o comportamento do raio de luz e/ou distintas aplicações associadas com elevado grau de eficácia (Alves & Medeiros, 2024; França & Lopes, 2022; Furtado et al., 2017; Gonçalves & Rodrigues, 2022).

Assim sendo, tendo em conta a forma como tem sido abordada a associação angular de espelhos planos em livros e/ou manuais didáticos, cingindo-se essencialmente no formalismo matemático, sem demonstrações sobre sua origem e pouca ênfase em termos de aplicações práticas; tendo em conta a aplicação da associação angular de espelhos planos na montagem cinematográfica rudimentar (Alves & Medeiros, 2024; França & Lopes, 2022; Furtado et al., 2017; Gonçalves & Rodrigues, 2022), isto é, antes da computação gráfica; com vista ao fomento das práticas epistémicas dos alunos através de seus envolvimento produtivos na construção de suas aprendizagens, desenvolveu-se uma abordagem baseada em Engle e Conant (2008), a qual fundamentou-se nos seguintes eixos norteadores (Cunha et al., 2012; Cunha & Lopes, 2018; Hoffmann, 2024; Koretsky et al., 2021):

- a) Cativar a atenção dos alunos;
- b) Problematicar
- c) Disponibilizar artefactos manipuláveis;
- d) Apresentar tarefas;
- e) Guiar os alunos na resolução das tarefas
- f) Resultados.

A realização desse estudo centrou-se nas seguintes questões:

Como envolver produtivamente os alunos no estudo da associação de espelhos planos?

Que práticas epistémicas podem ser desenvolvidas do envolvimento produtivo dos alunos no estudo da associação de espelhos planos com recurso em materiais de baixo custo?

No entanto, o presente estudo procurou relevar os aspetos da mediação docente capazes de envolver os alunos na aprendizagem da associação de espelhos planos, bem como as práticas epistémicas dos alunos resultantes desse envolvimento.

METODOLOGIA

a) Tipo de pesquisa

A presente pesquisa assume-se como uma abordagem qualitativa do tipo «estudo de caso». Para a constituição do corpus de dados, optou-se pelo uso de registos multimodais, os quais basearam-se em anotações das ocorrências na sala de aula, captura de fotografias e gravações de áudio e audiovisual da aula.

A fase seguinte consistiu na transcrição das gravações dos áudios e vídeos da aula, o que permitiu avançar para a triangulação das informações obtidas de forma multimodal, favorecendo assim a extração das principais unidades de sentido, e, através das quais, analisar a relação entre mediação docente, envolvimento dos alunos na aprendizagem e suas práticas epistémicas ocorridas ao longo da sessão letiva.

b) Contextualização, materiais e métodos

O estudo foi realizado no âmbito de um projeto intitulado «Brincando com a Física» implementado pelo Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (Angola) sob mentoria de doutorandos da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (Brasil), no ano de 2019, tendo como foco o envolvimento ativo dos alunos na aprendizagem e desenvolvimento de práticas epistémicas. Contou com a participação de 23 alunos de uma turma da 12ª classe do Liceu de Negage (Angola) afetos ao curso de ciências físicas e biológicas, os quais foram dispostos em quatro grupos de trabalho, sendo três compostos por 6 membros e um com apenas 5. Todos alunos participantes pertencem ao regime regular do ensino secundário.

Segundo as disposições legais estatuídas pela Lei 32/20, de 12 de Agosto, os alunos desta classe e regime possuem idades compreendidas entre os 17 e 21 anos de idade.

c) Descrição da aula

A partir das questões que constituem o problema de investigação, planeou-se uma sessão letiva centrada na determinação do número de imagens formadas por dois espelhos planos.

Nessa conformidade, avançou-se para a efetivação da sessão letiva, tendo partido da projeção em tela de um excerto de um vídeo, no qual um personagem transforma-se em várias imagens de acordo o ângulo formado entre pelos espelhos, sendo apenas uma tangível.



Figura 1. Reprodução de imagens numa associação paralela de espelhos planos

Terminada a apresentação do excerto, o professor questionou os alunos sobre o fundamento por detrás do evento da variação do número de imagens; o que permitiu constatar os conhecimentos prévios dos alunos em torno ao assunto.

Em seguida, o professor criou equipas de trabalho em função do número de alunos presentes na sala e artefactos manipuláveis preparados para a sessão, colocou à disposição dos grupos os referidos artefactos, isto é, bancos de ótica constituídos de dois espelhos planos e uma base de madeira ou cartão, e, sobre as quais traçou-se os ângulos de 15,30,45,60,90,120 e 180°; sendo cedido igualmente a cada grupo uma vela de estearina e uma caixa de fósforo; o que permitiu apresentar a primeira tarefa (T1), a qual questionou se «o ângulo formado entre os espelhos exerce influência sobre o número de imagens formadas entre estes» (Fig. 2)



Figura 2. Reproduções de imagem de uma vela numa associação angular de espelhos planos

Terminado o exercício, o professor desafiou os grupos de alunos a apresentar os seus resultados. Enquanto os alunos apresentavam tais resultados, o professor visitava os grupos, captava imagens dos dados por estes recolhidos através do manuseio dos experimentos. Ao constatar a forma desorganizada com que os mesmos dispunham os dados em seus apontamentos, chamou a atenção

deles no sentido de organizarem tais dados da melhor forma possível, procurando estabelecer uma correspondência entre o ângulo formado pelos espelhos e respetivo número de imagens resultantes da associação. O professor acresceu ainda a informação segundo a qual, a boa organização dos dados facilitaria seu trabalho de seguimento das produções dos grupos de alunos, o que implicou a solicitação de folhas de papel por parte dos alunos para organização dos dados; ação que contou com intervenções diferenciadas do professor de acordo as iniciativas dos grupos no âmbito da organização dos dados.

Terminada a organização dos dados pelos grupos de alunos, o professor seguiu com a apresentação da segunda tarefa (T2), a qual versou sobre «como relacionar o ângulo entre os espelhos e números de imagens numa associação angular de espelhos planos através da linguagem física».

Ante o silêncio dos alunos na T2, o professor fez uma tradução da mesma em linguagem mais simples, solicitando-os sobre a «possibilidade de obtenção de uma fórmula capaz de permitir determinar o número de imagens em função do ângulo entre os espelhos e vice-versa» a partir dos dados coletados pelos alunos por via do manuseio dos artefactos.

Registando uma situação de bloqueio dos alunos, o professor propôs que tentassem por via da combinação entre o maior ângulo possível de se realizar numa volta completa e o ângulo formado pelos espelhos em cada caso através de uma das quatro operações da matemática, procurando obter valores aproximados aos obtidos experimentalmente; situação que levou os alunos a engajarem-se na busca de solução. Nessa senda, decorrido algum tempo, um grupo de alunos pronunciou-se que dividindo o ângulo 360° por cada um dos ângulos, obtinha-se uma imagem a mais em relação às obtidas por intermédio do manuseio dos artefactos mediadores; situação igualmente confirmada por membros de outro grupo. Face a essa situação, o professor pediu ao primeiro aluno que comunicou o resultado a deslocar-se para o quadro a fim de representar matematicamente a situação (fig. 3).



Figura 3. Construção da fórmula matemática para determinação do número de imagens

Representada matematicamente a expressão referida pelos alunos, o professor questionou sobre «o que seria necessário fazer para que o resultado gerado

pela expressão representada no quadro coincidissem com os resultados obtidos experimentalmente». Como resultado dessa questão, um aluno opinou a subtração de uma unidade; aspeto corroborado por outros, o que permitiu finalmente escrever a fórmula correta.

Assim sendo, o professor pediu aos alunos que respondessem o problema central, isto é, «identificar o fundamento na base do evento da multiplicação de uma mesma imagem em várias, sendo apenas uma tangível, conforme verificado no excerto do vídeo».

Após resposta dos alunos, a aula permaneceu ainda algum tempo, sendo registadas nesse instante algumas intervenções por parte dos alunos, assim como a continuidade de manuseio dos artefactos por um grupo de alunos.

Envolvimento produtivo e práticas epistémicas dos alunos

Tendo em conta as diferentes perspetivas sobre envolvimento produtivo, nesse estudo foi considerada a visão que o considera como comprometimento motivado dos alunos na busca de solução de problemas através de uma perspetiva teórico-prática (Cunha et al., 2012; Cunha & Lopes, 2018; Koretsky et al., 2021).

Mediação docente e práticas epistémicas dos alunos

A tabela seguinte apresenta de forma sucinta as categorias da mediação docente tidas em conta nesse artigo, segundo a visão de alguns autores em que autoria deste trabalho apoiou-se.

Tabela 1. Mediação docente

Mediação docente	Descrição
Apresentar tarefa-desafio	Apresentar um problema contextualizado e desafiador ou parte dele (Pedro et al., 2025).
Manter a tarefa-desafio	Manter o problema central do princípio ao fim da aula através de outros desafios contidos nele (Pedro et al., 2025).
Apresentar artefacto mediador	Colocar a disposição dos alunos recursos manuseáveis (Silva & Silva, 2022).
Dar autoridade aos alunos	Dar liberdade aos alunos no sentido de tomada de iniciativas para resolução das tarefas (Silva et al., 2024a).
Questionar reflexivamente	Chamar os alunos à razão através de questões (Pedro et al., 2025).
Valorizar o trabalho do aluno	Mostrar interesse em dar seguimento às produções dos alunos desenvolvidas na aula (Pedro et al., 2025).
Intervir em momentos de bloqueio, dúvidas e/ou indecisões dos alunos	Apresentar vias que permitam os alunos resolver as sub-tarefas em situações de bloqueio (Silva et al., 2024a).
Criar equipas de trabalho	Organizar os alunos em grupos de trabalho em função ao número desses e disposição de artefactos mediadores (Pedro et al., 2025, 2025).

A seguir apresentam-se as categorias das práticas epistémicas dos alunos em voga neste estudo, segundo a visão partilhada por alguns autores referenciados ao longo do presente artigo.

Tabela 2. Práticas epistémicas dos alunos

Práticas epistémicas	Definição
Dividir tarefas	Dividir responsabilidades sobre a participação de cada membro do grupo durante a realização de uma tarefa com ou sem o uso de artefacto manipulável (Pedro et al., 2025).
Manusear artefacto mediador	Manipular variáveis segundo uma perspectiva de causa-efeito através de um instrumento convencional ou adaptado (Silva et al., 2024a).
Observar sistematicamente	Utilizar o sentido visual para acompanhar as variações do fenómeno em termos quantitativos e/ou qualitativos (Silva et al., 2024b).
Utilizar linguagem representacional	Utilizar fórmula, tabela ou gráfico para deduzir conclusões (Pedro et al., 2025)
Organizar dados	Dispor dados numéricos segundo uma relação de causa-efeito e/ou em ordem crescente ou decrescente usando linguagem representacional (Pedro, Naia & Lopes, 2025).
Discutir com os pares	Interagir com membros do mesmo grupo em torno da tarefa (Jesus & Wartha, 2024).
Comparar dados	Fazer um paralelismo entre dados obtidos experimentalmente com outros resultantes de fórmulas físicas ou outra linguagem representacional (Pedro et al., 2025).
Construir linguagem representacional	Construir tabelas, gráficos ou fórmulas físicas a partir do relacionamento de pelo menos dois elementos por meio de operações matemáticas (Pedro et al., 2025).
Deduzir conclusões	Finalizar uma tarefa, sub-tarefa ou discussão a partir de dados, factos, evidências ou resultados consequentes das interações, manipulação de artefacto ou outra forma (Jesus & Wartha, 2024).
Comentar	Argumentar determinado aspeto da tarefa ou parte dela a partir de dados, factos, evidências e/ou leis (Koretsky et al., 2021; Ortolan, 2024).
Relacionar dados, factos e/ou evidências	Partir de uma constatação prática para fundamentar uso de determinados objetos em contexto além do escolar (Sasseron & Souza, 2019).
Ampliar horizonte	Estender o raciocínio para outros domínios do conhecimento a partir de uma constatação (Pedro et al., 2025).

RESULTADOS

A construção das unidades de sentido a partir dos textos transcritos e a triangulação das mesmas com outros dados multimodais permitiu apresentar os resultados da pesquisa, os quais focam-se numa relação de causa-efeito entre categorias da «mediação docente» e das «práticas epistémicas dos alunos», conforme as descrições que se seguem.

Como resultado da apresentação de T1, os alunos desenvolveram práticas epistémicas como manusear os artefactos, observar sistematicamente, isto é, o número de imagens formadas entre os espelhos e coletar dados; o que os permitiu concluir que o ângulo formado pelos espelhos exerce influências sobre o número de imagens a serem formadas entre esses. No entanto, ao longo do manuseio dos artefactos verificou-se igualmente a prática epistémica «dividir tarefas», ou seja, enquanto uns manuseavam os artefactos, outros elementos do grupo observavam sistematicamente e um membro fazia os apontamentos dos dados.

Já a utilização da categoria «valorizar o trabalho do aluno» feita pelo professor ainda no decurso de T1, suscitou o desenvolvimento de práticas epistémicas dos alunos como «organizar dados e construir linguagem representacional». No que concerne à prática «organizar dados», o interesse de seguimento das produções dos alunos apresentado pelo professor, levou-os a dispor os dados de forma mais conveniente, isto é, fazendo corresponder os ângulos formados pelos espelhos e as imagens geradas, destacando a apresentação dos dados sob a forma de pares ordenados e por meio de tabelas.

No que diz respeito ao uso da categoria da mediação docente «manter a tarefa-desafio», ressalta-se o favorecimento das práticas epistémicas dos alunos como «utilizar linguagem representacional, manusear artefacto mediador, deduzir conclusões e relacionar dados, factos e/ou evidências», conforme os subsídios que se seguem. Após conclusão de T2, os alunos ao concluir sobre o uso de espelhos planos na montagem cinematográfica, utilizaram a fórmula deduzida por eles para encontrar o ângulo utilizado na montagem, uns optaram pelo manuseio de artefactos para comprovação do resultado e outros pela utilização dos dados por eles extraídos com recurso aos artefactos, o que os permitiu finalmente concluir sobre o ângulo utilizado na montagem. Outra prática epistémica desenvolvida é «relacionar dados, factos e/ou evidências», a qual ocorreu quando os alunos associaram a imagem tangível ao ponto objeto real e as não tangíveis como pontos objetos virtuais.

Portanto, a utilização da categoria «intervir nos momentos de bloqueio, dúvidas e/ou indecisões dos alunos» incitou as práticas epistémicas «dividir tarefas, discutir com os pares e comparar dados», pois, com a intervenção do professor relativa à combinação dos ângulos dados com o ângulo de 360° através das quatro operações fundamentais, levou a divisão de tarefas de modos a que cada aluno se encarregasse apenas de uma operação. A medida que os alunos trabalhavam, comparavam os resultados obtidos do experimento com os achados por via de operações matemáticas, assim como discutiam em torno dos resultados; o que provocou a suspensão das outras operações pelos alunos, apostando apenas na divisão devido a aproximação dos resultados com os valores obtidos anteriormente, conforme anunciado por um aluno e confirmado por outros que dividindo 360° por cada ângulo dado, obtém-se uma imagem a mais em comparação com as obtidas experimentalmente.

Contudo, o professor ao «questionar reflexivamente» os alunos sobre o que seria necessário modificar na expressão construída pelo aluno enviado ao quadro (figura 3) para que o número de imagens obtidas experimentalmente coin-

cidisse com as obtidas matematicamente, possibilitou a finalização da fórmula para o efeito, ou seja, permitiu «construir linguagem representacional».

Em relação à categoria «dar autonomia aos alunos», a mesma foi associada às práticas epistémicas dos alunos «manusear artefacto mediador, ampliar horizonte, relacionar dados, factos e/ou evidências», pois, enquanto alguns alunos intervinham em torno da fórmula por eles construída, um grupo decidiu dar continuidade com o manuseio dos artefactos com a utilização de outros ângulos além dos orientados, os quais ao utilizarem o ângulo nulo a partir de uma associação paralela, relacionaram as infinitas imagens obtidas com as que observam entre dois espelhos fixos nas paredes opostas dos salões de beleza, e, através da fórmula obtida, os mesmos relacionaram ao axioma matemático que diz que «todo número dividido por zero é igual a infinito».



Figura. 4. Extensão da associação angular de espelhos planos para paralela.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados pode-se afirmar que é possível envolver produtivamente os alunos no estudo da associação de espelhos planos a partir da apresentação de tarefas desafiadoras, interessantes e contextualizadas e cedência de artefactos manipuláveis. Mas, para tal, é necessário manter um ambiente disciplinado, motivado e interativo, o que requer por parte do professor ações como, vigiar o trabalho dos alunos e intervir em momentos de bloqueio, dúvidas e/ou indecisões dos alunos.

No entanto, as práticas epistémicas dos alunos resultam da forma como os mesmos se envolvem na aprendizagem para responder uma determinada tarefa, as quais devem manter-se ao longo da aula com diferentes desafios e níveis de complexidade, devendo partir da mais fácil para a mais complexa e culminar com a resposta da questão de partida (tarefa central) pelos próprios alunos, representando assim um ganho de aprendizagem construído através das diferentes práticas epistémicas mobilizadas ao longo da resolução das tarefas sob instigação de diferentes ações da mediação docente.

Contudo, não existe de forma linear categorias da mediação docente exclu-

sivas para o fomento de certas práticas epistémicas dos alunos, pois, categorias diferentes podem resultar em práticas epistémicas idênticas e vice-versa, assim como algumas práticas epistémicas dos alunos podem surgir da curiosidade intelectual dos mesmos. Nessa conformidade, releva-se o papel da autonomia dada pelo professor aos alunos.

Em suma, categorias como apresentar e manter a tarefa-desafio, criar equipas de trabalho, ceder artefacto mediador, dar autonomia ao aluno e valorizar o trabalho dos alunos, configuram-se como primárias. Já as categorias como questionar reflexivamente e intervir em momentos de bloqueio, dúvidas e/ou indecisões dos alunos apresentam-se como secundárias, ou seja, dependem das ações e reações dos alunos.

REFERÊNCIAS

- Alves, L. V. S., & Medeiros, L. S. (2024). *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: IX Congresso Nacional de Educação. Anais do IX CONEDU - Congresso Nacional de Educação.
- Cunha, A. E., & Lopes, J. B. (2018). Práticas de ensino para o envolvimento e as práticas epistémicas dos alunos no trabalho experimental. *Indagatio Didactica*, 10(4), 45-56. <https://doi.org/10.34624/id.v10i4.11151>
- Cunha, A. E., Lopes, J. B., Cravino, J., Secundária, E., & Pedro, S. (2012). Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas. *REEC: Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 11(3), 635–659. https://www.docenciauniversitaria.org/volumenes/volumen11/REEC_11_3_9_ex658.pdf
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of research in education*, 32(1), 268-291.
- Engle, R. A., & Conant, F.R. (2008). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining and emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and instruction*, 20(4), 399-483. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2004_1
- França, G. H. D., & Lopez, J. V. (2022). Experimento de baixo custo para o ensino de física óptica: O caso da Lei de Malus. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210423. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0423>
- Freire, F. A., Silva, A. C. T., & Borges, D. R. (2014). Práticas epistémicas na construção e justificação dos saberes pelos alunos. *Revista Scientia plena*, 10(4), 1-10.

- Furtado, I. L., Ferreira, F. C. L., Oliveira, J. E. D., & De Sousa, F. F. (2017). Inferindo sobre aprendizagem via experimentos de física elaborados com material de baixo custo. *Scientia Plena*, 13(01). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.012725>
- Gonçalves, L. L. B., & Rodrigues, C. G. (2022). Experimentos práticos e didáticos de baixo custo para o ensino de óptica: Reflexão, refração e espelhos planos. *Conjecturas*, 22(5), 916–935. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1045-P02>
- Hoffmann, M. (2024). Learning to Engage With Wicked Problems in Teams. *Journal of Didactics of Philosophy*, 8. <https://doi.org/10.46586/JDPh.2024.11216>
- Jesus, D. S. D., & Wartha, E. J. (2024). Práticas epistêmicas e a abordagem stem/steam no ensino de ciências: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, e24152577. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2577>
- Kelly, G. J. (2008). What students know and how they know it: knowledge construction and epistemic practices in science. In E. A. Zaun & S. G. Sandoval (Eds.), *Epistemology and science education* (pp. 1 - 25). Routledge.
- Koretsky, M. D., Vauras, M., Jones, C., Iiskala, T., & Volet, S. (2021). Productive Disciplinary Engagement in High- and Low-Outcome Student Groups: Observations From Three Collaborative Science Learning Contexts. *Research in Science Education*, 51(S1), 159–182. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9838-8>
- Ortolam, R. (2024). *Movimentos epistêmicos e o desenvolvimento da argumentação discente em uma proposta de projeto didático investigativo* [Mestrado em Educação Científica Matemática e Tecnológica, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.48.2024.tde-16042024-084410>
- Pedro, I., Naia, M., & Lopes, B. (2025). *Computer simulations in teaching projectile motion: a case study on the mediating practices of two teachers and their reflections on students' epistemic practices*. *Edulearn* (pp. 7502-7510). Palma, Espanha: International Academy of Tecnology, Engineering ad Science.
- Sasseron, L. H. (2018). Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1061–1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- Sasseron, L. H., & Souza, T. N. (2019). O engajamento dos estudantes em aula de física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. *Investigações em ensino de ciências*, 24(1), 139. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p139>

EIXO TEMÁTICO

01. Educação em Ciências no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário

Silva, J. R., Neves, J. A., & Santo, M. A. E. (2024a). Aplicação de uma sequência didática sobre efeito fotovoltaico no ensino médio. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, e24152693. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2693>

Silva, R. F. D., Batinga, V. T. S., & Barros, I. D. (2024b). Aspectos metodológicos e didáticos das pesquisas sobre o ensino por investigação: Uma análise em periódicos de Educação em Ciências e Matemática. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 8(1), 25–47. <https://doi.org/10.48075/ReBECM.2024.v.8.n.1.30927>

SCHOOLFAN: EDUCAÇÃO E CIÊNCIA CIDADÃ CONTRA NOTÍCIAS FALSAS SOBRE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Rita Ponce^{1,2}, Miguel Ferreira³, Inês Duarte⁴, Raquel Branquinho^{4,5}, Héloïse Dufour⁶, Apostolia Galani⁷, Evangelia Mavrikaki⁷, Tania Jenkins⁸, Athina Karatza⁷, Eirini Chatzara⁷, Nausica Kapsala⁷, Myrto Koutra-Iliopoulou⁷, Constantina Stefanidou⁷, Asimakis Talamagas⁷, Beatriz Catalina García⁹, Leticia Porto Pedrosa¹⁰, Pablo Sánchez López¹¹, Blanca Ana García Yelo¹², Elena García Buitrago¹², Eugenia García García¹², Margarida M. Marques^{13,14}, Patrícia Pessa^{13,14}, José Luís Araújo^{13,14}, António Granado¹ & Xana Sá-Pinto^{13,14}

¹ICNOVA – Instituto de Comunicação da NOVA, Universidade Nova de Lisboa (Portugal)

²Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Educação, Portugal (Portugal)

³Centro de Ecologia Funcional, Laboratório Associado TERRA, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra (Portugal)

⁴Arma-Sci/GOMA (Rede de Promoção do Capital Científico de Armamar), Armamar (Portugal)

⁵Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto (Portugal)

⁶Le Cercle FSER (France)

⁷Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens (Greece)

⁸Jenkins Cosie Science cosie-science.com (Switzerland)

⁹Department of Journalism and Corporate Communication. Faculty of Communication Sciences. Rey Juan Carlos University (Spain)

¹⁰Department of Educational Sciences, Language, Culture and Arts, Historical-Legal and Humanistic Sciences, Modern Languages, Rey Juan Carlos University (Spain)

¹¹Department of Audiovisual Communication and Advertising. Faculty of Communication Sciences. Rey Juan Carlos University (Spain)

¹²Department of Didactic of Experimental Sciences, Social Sciences and Mathematics, Universidad Complutense de Madrid (Spain)

¹³CIDTFF - Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (Portugal)

¹⁴Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal (Portugal)
ana.ponce@ese.ips.pt

RESUMO

A desinformação sobre alterações climáticas representa um importante problema da atualidade, afetando a compreensão do público e comprometendo a ação climática. A proliferação desta desinformação assume especial relevância nas redes sociais, espaço este onde as faixas etárias mais jovens tendem a ser mais ativas. Com o objetivo de otimizar a implementação de um projeto de ciência cidadã dedicado à identificação de desinformação climática em contexto escolar, analisámos currículos e realizámos grupos focais com professores e educadores em Portugal, Espanha, Grécia e França. Estas duas estratégias revelaram-se úteis e complementares. No geral, os currículos contêm uma forte representação de conhecimento de conteúdo climático, conhecimento científico processual e objetivos de aprendizagem socioemocional relacionadas com o clima. Apesar de apontar

algumas limitações ao desenvolvimento do projeto, os professores salientaram a importância de desenvolver o projeto de uma forma multidisciplinar e colaborativa dentro das escolas, e que este esteja alinhado com os objetivos curriculares.

Palavras-chave: Alterações climáticas; Desinformação; Análise de currículos; Ciência cidadã.

INTRODUÇÃO

As alterações climáticas exigem a tomada de consciência e de ação de toda a sociedade para mitigar as suas consequências. Entre outras repercussões, as alterações climáticas têm um efeito em cascata que agrava problemas já existentes e conduzem a uma aceleração da perda de biodiversidade (Habibullah et al., 2022), tempestades mais frequentes, intensas e severas (Doe & Smith, 2020), incêndios florestais graves (Sayedi et al., 2024) e aumento da morbilidade e mortalidade nas populações humanas (Rocque et al., 2021).

Apesar da sondagem de opinião aos cidadãos da União Europeia Eurobarómetro indicar que oito em cada dez cidadãos europeus concordam que as alterações climáticas são um problema grave, existe uma discordância entre a opinião e as ações para combater as alterações climáticas (Comissão Europeia, 2021). Além disso, a proliferação de notícias falsas sobre este tema compromete ainda mais a compreensão e a ação do público (van der Linden et al., 2017). Uma vez que a disseminação dessa desinformação se processa frequentemente através das redes sociais, meios usados ativamente pelos jovens (Vosoughi et al., 2018), é importante desenvolver competências para identificar e desconstruir notícias falsas em contexto escolar.

A educação capacita os alunos para enfrentar estes desafios atuais, não só porque contribui para a compreensão da ciência climática, mas também porque promove o desenvolvimento do pensamento crítico, a literacia científica e a literacia mediática (McGrew et al., 2017). A ciência cidadã consiste no envolvimento dos cidadãos em atividades de investigação científica, pelo que aliar projetos de ciência cidadã à educação formal representa uma abordagem promissora na educação pois envolve os alunos em práticas científicas reais e promove as suas competências críticas (Brandt et al., 2022; Bonney et al., 2016; Constant & Hughes, 2023).

No entanto, o desenvolvimento de um projeto de ciência cidadã em contexto de educação formal deve ter em conta a realidade escolar e os projetos devem estar alinhados com os currículos escolares. Além disso, um projeto a ser implementado em vários países europeus deve também ter em consideração as diferentes realidades de cada país. As diferenças entre os países europeus manifestam-se inclusivamente nos currículos, que apresentam uma grande variabilidade na abordagem de conceitos científicos, pensamento crítico e questões sociocientíficas (Mavrikaki et al., 2024; Pessoa et al., 2025).

Com o presente estudo visámos otimizar a implementação de um projeto de ciência cidadã dedicado à identificação da desinformação climática em contexto escolar em países europeus, bem como identificar as potencialidades e os desafios colocados ao seu desenvolvimento. O projeto em causa é o projeto SchoolFaN, atualmente em curso Portugal, Espanha, Grécia e França.

METODOLOGIA

Neste estudo combinámos duas estratégias para otimizar a implementação e identificar as potencialidades e os desafios de desenvolver um projeto de ciência cidadã dedicado à identificação de desinformação climática em contexto escolar: 1) a análise de currículos escolares, e 2) a realização de grupos focais com professores e educadores. As atividades foram realizadas em paralelo em quatro países europeus — Portugal, Espanha, Grécia e França — parceiros do projeto SchoolFaN, um projeto Erasmus+ dedicado a esta temática. Os procedimentos de ambas as atividades foram uniformizados nos quatro países.

Analisámos os currículos de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia do 9º ao 12º ano de escolaridade, sempre que presentes, através de análise de conteúdo (Krippendorff, K., 2004). As categorias utilizadas para a análise foram definidas com base nos quadros de referência da UNESCO para educação para a sustentabilidade (Rieckmann, 2018) e PISA 2025 em relação à natureza da ciência (OECD, 2023). As categorias principais foram: 1) o conhecimento sobre alterações climáticas; 2) objetivos de aprendizagem socioemocionais associadas às alterações climáticas; 3) objetivos de aprendizagem comportamentais associadas às alterações climáticas; 4) conhecimento das práticas científicas; e 5) conhecimento epistémico relacionado com a ciência. Em cada país, cada currículo foi analisado por pelo menos dois investigadores e os resultados foram validados por consenso.

Foi realizado um grupo focal (Cohen et al., 2018) com professores e formadores das áreas das ciências naturais e humanas em cada país parceiro. As reuniões decorreram online entre Junho e Julho de 2024. Os participantes foram selecionados através de redes de contacto das instituições participantes, visando incluir seis professores no ativo e dois formadores de professores de disciplinas de ciências naturais, biologia, geologia, física, química e geografia, do 9º ao 12º ano de escolaridade. A seleção visou garantir equidade de género e a diversidade dos participantes. Os grupos tiveram entre cinco e oito participantes (Espanha n=7, França n=8, Grécia n=6, Portugal n=5). Todos os participantes deram consentimento informado à sua participação. O guião da reunião explorava os pontos do currículo adequados para a implementação do projeto, bem como as necessidades e as oportunidades para o desenvolver o projeto em cada país. As reuniões foram gravadas em áudio, transcritas, anonimizadas, traduzidas para inglês e analisadas pelos mesmos investigadores. O conteúdo das transcrições foi analisado qualitativamente através de codificação e categorização intuitiva e do uso dos referenciais

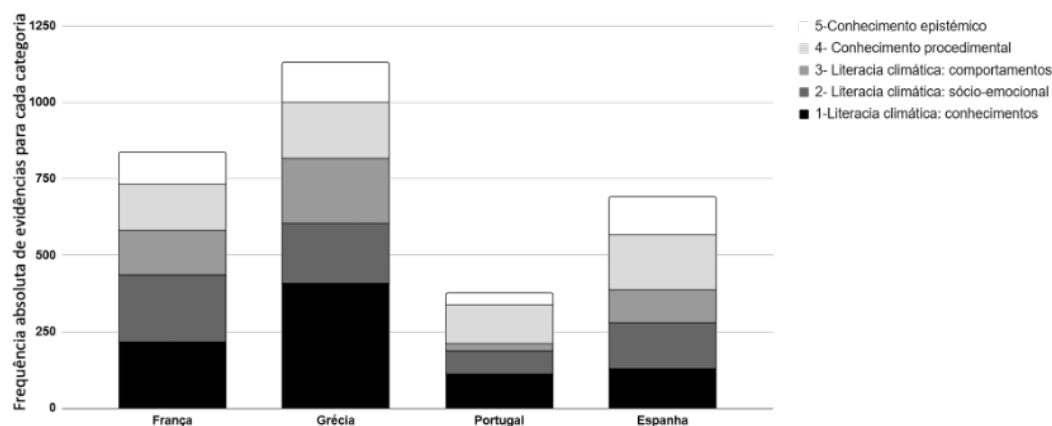
PISA 2025 (OECD, 2023) e DigiComp (Vuorikari et al., 2022) para os pontos sobre a inclusão de alterações climáticas e literacia digital nos currículos. Os métodos, e a recolha, gestão e armazenamento de dados foram aprovados pelas comissões de ética de duas instituições participantes.

RESULTADOS

Curriculos escolares de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia, do 9º ao 12º ano, de Espanha, França, Grécia e Portugal

Os currículos escolares foram analisados de modo a identificar pontos possíveis para o desenvolvimento do projeto SchoolFaN. A análise dos currículos nos quatro países revelou que, no geral, estes contêm uma forte representação de conhecimento de conteúdo climático, de conhecimento das práticas científicas, e de objetivos de aprendizagem socioemocional associadas ao clima. Nos currículos de Portugal há menos objetivos de aprendizagem relacionados com comportamentos associados às alterações climáticas e o conhecimento epistémico relacionado com a ciência é menos prevalente (Figura 1).

Figura 1. Análise dos currículos escolares de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia, do 9º ao 12º ano, de Espanha, França, Grécia e Portugal, de acordo com as cinco



categorias definidas. Frequência absoluta de evidências para cada uma das categorias de análise nos currículos de cada país analisados.

Os objetivos de aprendizagem mais frequentes em cada categoria tendem a ser comuns nos quatro países. Os conteúdos sobre alterações climáticas mais frequentes são as estratégias de prevenção, mitigação e adaptação (Figura 2). Os objetivos socioemocionais mais frequentes são: a dinâmica dos ecossistemas, e o impacto ambiental, social, económico e ético das alterações climáticas; e reconhecer que a proteção do clima global é uma tarefa que cabe a todos (Figura 3). A

meta de aprendizagem mais frequente associada ao comportamento foi: antecipar, estimar, e avaliar o impacto de decisões ou atividades pessoais, locais, e nacionais sobre outras pessoas e regiões do mundo (Figura 4).

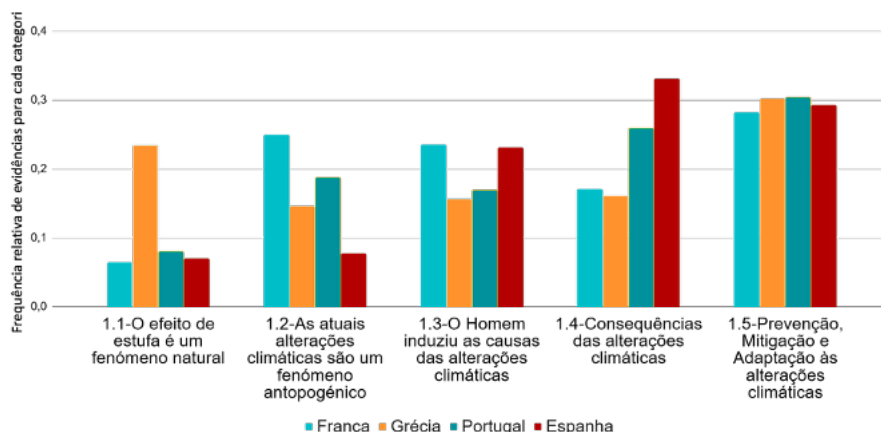


Figura 2. Objetivos de aprendizagem sobre conteúdos sobre alterações climáticas nos currículos escolares de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia, do 9º ao 12º ano, de Espanha, França, Grécia e Portugal. Frequência relativa de evidências para cada uma das categorias de análise nos currículos de cada país analisados.

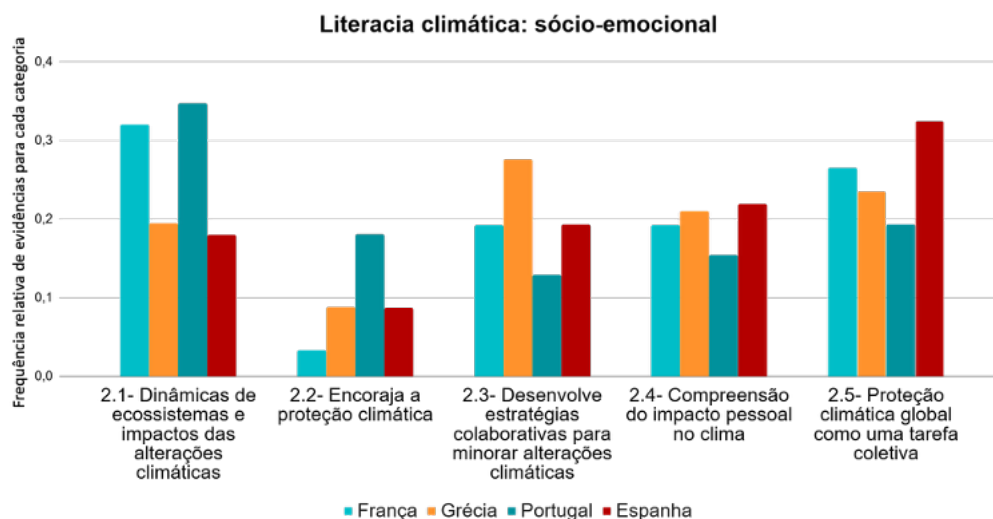


Figura 3. Objetivos de aprendizagem socioemocionais sobre alterações climáticas nos currículos escolares de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia, do 9º ao 12º ano, de Espanha, França, Grécia e Portugal. Frequência relativa de evidências para cada uma das categorias de análise nos currículos de cada país analisados.

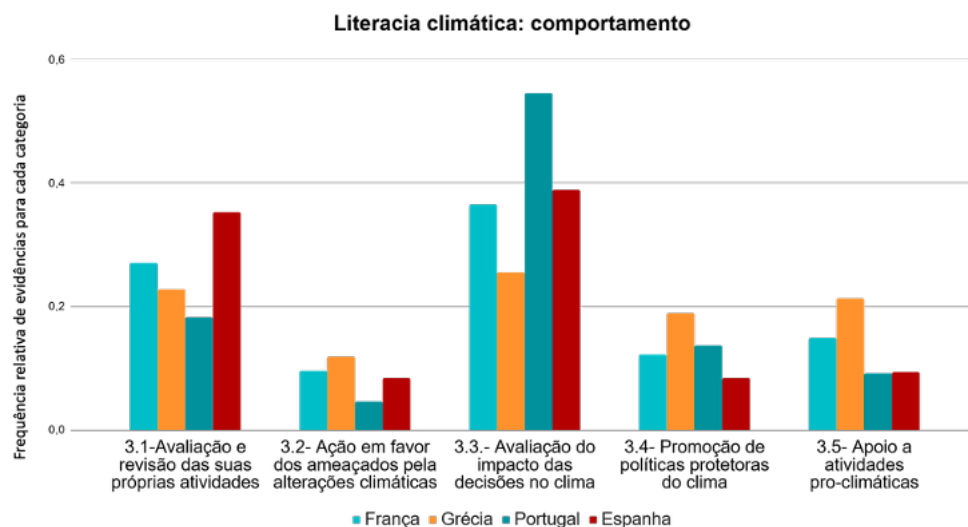


Figura 4. Objetivos de aprendizagem socioemocionais sobre alterações climáticas nos currículos escolares de Biologia, Geologia, Química, Física e Geografia, do 9º ao 12º ano, de Espanha, França, Grécia e Portugal. Frequência relativa de evidências para cada uma das categorias de análise nos currículos de cada país analisados.

Grupos focais com professores e formadores de Espanha, França, Grécia e Portugal

Através da análise de conteúdo dos grupos focais, identificámos as potencialidades, desafios, e necessidades sentidas pelos professores em relação à exploração destes temas e ao desenvolvimento do projeto. Como esperado, foi possível reconhecer semelhanças entre os diferentes contextos escolares e identificar particularidades de cada um deles.

Em relação ao contributo dos currículos escolares para o desenvolvimento do pensamento crítico, as respostas divergiram nos quatro países. Os professores de França sentiam que o sentido crítico era promovido nos currículos escolares do seu país, enquanto os professores de Espanha eram de opinião oposta. As respostas dos professores de Portugal e Grécia foram variadas.

A falta de tempo, a elevada carga horária, bem como a falta de recursos e formação sobre a deteção de notícias falsas foram as principais barreiras identificadas para a implementação do projeto em sala de aula. Como soluções, foi destacada a abordagem multidisciplinar e colaborativa dentro das escolas, e a necessidade de o projeto estar alinhado com os objetivos curriculares.

Apesar das limitações referidas, os participantes apresentaram várias sugestões para a implementação do projeto, em particular: i) implementar o projeto ao nível da escola e não individualmente; ii) desenvolver as atividades em disciplinas com maior autonomia; iii) desenvolver o projeto de um modo multidisciplinar e colaborativo; iv) criar de plataformas com as notícias analisadas para serem usadas pela comunidade, e v) alinhar o projeto com os currículos escolares. Em Portugal,

em particular, os professores salientaram que existe uma maior facilidade em implementar projetos nos anos em que não se realizem exames finais às disciplinas.

CONCLUSÕES

Um projeto de ciência cidadã que convida os alunos a identificar e desmascarar notícias falsas sobre alterações climáticas, como é o caso do SchoolFaN, pode promover o desenvolvimento de competências-chave em sustentabilidade, a compreensão e a ação sobre as alterações climáticas, e simultaneamente promover a literacia mediática.

As duas estratégias usadas neste trabalho — análise de currículo e grupos focais com professores — revelaram-se úteis e complementares para a planificação e implementação do projeto SchoolFaN em contexto escolar. Os resultados deste estudo permitirão ajustar o projeto SchoolFaN às realidades educativas de cada país, potenciando o seu impacto no desenvolvimento do pensamento crítico e da literacia digital dos alunos em relação às alterações climáticas. A diversidade de contextos curriculares e as necessidades evidenciadas pelos professores reforçam a importância de desenvolver projetos flexíveis, interdisciplinares e colaborativos.

AGRADECIMENTOS

O projeto SchoolFaN é um projeto ERASMUS+ financiado pela União Europeia (2023-1-PT01-KA220-SCH-000160782). Os autores agradecem aos professores e formadores pela sua participação e interesse e à investigadora Lúcia Marôpo pelas sugestões para a análise dos resultados.

REFERÊNCIAS

- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2–16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Brandt, M., Groom, Q., Magro, A., Misevic, D., Narraway, C. L., Bruckermann, T., Beniermann, A., Børsen, T., González, J., Meeus, S., Roy, H. E., Sá-Pinto, X., Torres, R. & Jenkins, T. (2022). Promoting scientific literacy in evolution through citizen science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289 180 (2022). <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1077>
- Camelo, J., Mayo, T. L., & Gutmann, E. D. (2020). Projected Climate Change Impacts on Hurricane Storm Surge Inundation in the Coastal United States. *Frontiers in Built Environment*, 6, Article 588049 <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.588049>
- Cohen L, Manion L, Morrison K. (2018) *Research methods in education*. (8th ed.). London New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>

- Constant, N. L. & Hughes, J. (2023). Diversifying citizen science through the inclusion of young people. *Journal of Science Communication*, 22(02), A07. <https://doi.org/10.22323/2.22020207>
- Eurobarometer (2021). *Special Eurobarometer 513. Climate Change*. European Union. <https://europa.eu/eurobarometer/api/deliverable/download/file?deliverableId=75838>
- Howard, P. N., Neudert, L.-M., Prakash, N., & Vosloo, S. (2021). *Digital misinformation/disinformation and children*. UNICEF Office of Global Insight and Policy. <https://www.unicef.org/innocenti/media/856/file/UNICEF-Global-Insight-Digital-Mis-Disinformation-and-Children-2021.pdf>
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2nd ed). Sage. <https://doi.org/10.1177/1094428108324513>
- Mavrikaki, E., Realdon, G., Aivelo, T., Bajrami, A., Bakanay, C.D., Beniermann, A., Blagojević, J., Butkeviciene, E., Cavadas, B., Cossu, C., Cvetković, D., Drobniak, S.M; Durmuş, Z.O, Dvořáková, R.M., Eens, M., Gazda, M.A., Georgiou, M., Gostling, N.J., Gregorčič, T., Janštová, V., Jenkins, T., Kervinen, A., Korfiatis, K., Kuschmierz, P., Lendvai, A.Z., de Lima, J., Miri, F., Nogueira, T., Panayides, A., Paolucci, S., Papadopoulou, P., Pessoa, P., Pinxten, R., Rocha, J.R., Sánchez, A.F., Siani, M., Sokoli, E., Sousa, B., Stasinakis, P.K., Torkar, G., Valackiene, A., Varga, M., Vázquez-Ben, L., Yarden, A., & Sá-Pinto, X. (2024). Evolution in European and Israeli school curricula – a comparative analysis. *International Journal of Science Education*, 46(15), 1623–1649. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2293090>
- McGrew, S., Ortega, T., Breakstone, J., & Wineburg, S. (2017). The challenge that's bigger than fake news: Civic Reasoning in a Social Media Environment. *American Educator*, 41(3), 4–9. <https://www.aft.org/ae/fall2017/colglazier>
- OECD. (2023). *PISA 2025 science framework (draft)*. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs//PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Pessoa, P., de Lima, J., Piacentini V., Realdon, G., Jeffries, A., Ometto, L., Lopes, J.B., Zeidler, D.L., Fonseca, M.J., Sousa B., Pinto, A., & Sá-Pinto, X. (2025). A Framework to Identify Opportunities to Address Socioscientific Issues in the Elementary School Curricula: A Case Study from England, Italy, and Portugal. *PLOS ONE*, 20(3), e0308901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308901>
- Rieckman, M. (2018). Key themes in Education for Sustainable Development In A. Leicht, J. Heiss and W. J. Byun (eds), *Issues and trends in Education for Sustainable Development*, (pp. 61-84). UNESCO. <https://doi.org/10.54675/YELO2332>
- Rocque, R.J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., et al. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ Open*; 11: e046333. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>

Sayedi, S.S., Abbott, B.W., Vanni re, B. et al. (2024) Assessing changes in global fire regimes. *Fire Ecology* 20, 18. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00237-9>

van der Linden, S., Leiserowitz, A., Rosenthal, S., & Maibach, E. (2017). Inoculating the public against misinformation about climate change. *Global Challenges*, 1(2), 1600008. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600008>

Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146–1151. <https://doi.org/10.1126/science.aap9559>

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens (EUR 31006 EN)*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>

RESHAPING PASSIVE LEARNING: A DIGITAL PEDAGOGICAL MODEL FOR TEACHING PSYCHROMETRICS IN ENGINEERING EDUCATION

Mário Loureiro¹ & Beatriz Mateus²

¹*Polytechnic University of Coimbra (Portugal)*

²*Faculty of Law, University of Coimbra (Portugal)*

mario.loureiro@isec.pt

Abstract

This contribution reports a digitally supported active-learning activity implemented in the Air Conditioning and Refrigeration unit of a Mechanical Engineering programme, designed to shift psychrometric-chart learning from passive exposition to structured, student-centred problem solving. The intervention integrates a real-time digital quiz with analogue work on printed charts, using immediate feedback to prompt peer explanation and instructor-led reflection. The design is informed by constructivist and connectivist principles, operationalised through the 5E learning cycle and framed at the modification level of the SAMR model, with a low-stakes leaderboard to support autonomy, competence and relatedness. The activity is reported through qualitative classroom evidence and learning artefacts, presented only in aggregated and anonymised form in line with GDPR data-minimisation requirements. The implementation suggests improved engagement and more explicit discussion of recurrent conceptual difficulties, indicating that a hybrid digital analogue format can strengthen formative interaction when teaching graphical analytical concepts such as the psychrometric chart.

Keywords: Active learning; Digital pedagogy; Engineering education; Formative feedback.

INTRODUCTION

This article presents a hybrid digital-analogue learning activity designer for the Air Conditioning and Refrigeration curricular unit in Mechanical Engineering. The activity addresses the challenge of understanding psychrometric concepts into practical, graphic and analytical calculations with real-time Mentimeter quiz. Grounded in constructivism and connectivism, it aligned with contemporary models of digital pedagogy, as SAMR at the modification level, TPACK, and the 5E learning cycle. The design of the activity promotes active learning through individual problem-solving, immediate feedback, digitally enhanced peer discussion and professor-student reflection. A gamified leaderboard, based on self-determination theory, further supports intrinsic motivation and sustained engagement. The 90-minute session integrates a brief guidance with interactive practice and discussion, aiming to strengthen conceptual understanding and operation use of the psychrometric chart and property reading, useful for further HVAC equipment project. The paper details the pedagogical design, activity structure, learning monitoring, expected learning gains and offers a scalable model for modernizing STEM instruction through digital-analogue combination pedagogical model.

The purpose of this activity is to provide students with technical knowledge to enable them to understand the concept of psychrometric state and represent it on the psychrometric chart. To define the psychrometric state of humid air on the psychrometric chart using combinations of different properties. Furthermore, read, interpret and calculate the psychrometric properties from the point marked on the chart (dry bulb temperature, wet bulb temperature, relative humidity, volume and specific enthalpy). As well as applying the definition of the state for the project of air conditioning systems.

METHODOLOGY

Digital learning theories

The emergence and rapid evolution of digital technologies have moulded the way we teach and learn, and they are now used by both professors and students. Digital platforms now support multimodal resources, real-time feedback and can enhance collaborative knowledge construction. However, digitalisation alone does not guarantee better learning outcomes. Without a proper planning and adjustment, the technology can merely replicate passive practices or introduce new forms of inequity.

To ensure that the technology enhances, and does not simply replace, pedagogical design must be grounded in robust learning theories and pragmatic design models. In this paper, we frame our activity through constructivism and connectivism, founded on the SAMR model and TPACK framework through the 5E cycle. Grounded in self-determination theory, the activity is designed to support self-determined motivation by addressing learners needs for autonomy, competence, and relatedness through structured choice, feedback, and peer interaction. By aligning interactive tasks with explicit intended learning outcomes and inclusive design principles (e.g., Universal Design for Learning), the activity enables the interactivity to be evaluated while maintaining accessibility and relevance for engineering education. The following subsections illustrate and frame the various theories and pragmatic models of pedagogical design.

Constructivism and Connectivism

Constructivism is a theory that sees learning as an active process through which students construct their own understanding based on experiences, interactions and reflection. This theory, when applied to digital learning, takes the form of discussion forums, simulations and collaborative projects. This means that applying this theory to digital learning emphasizes the importance of designing learning modes that are dynamic and interactive (Al Abri et al., 2024; Oxford, 1997).

Connectivism is a theory that extends the previous theory, constructivism, to the digital age, as it recognizes the relevance of networks and connections (Figure 1).

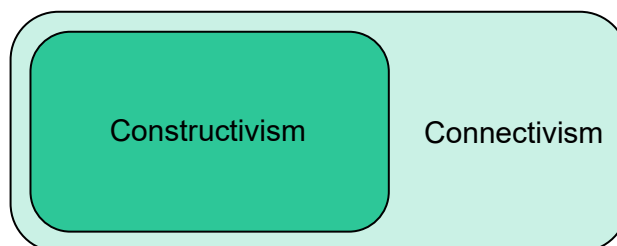


Figure 1. Connectivism encompassing Constructivism: a nested model showing constructivist learning situated within a broader networked paradigm.

This theory emphasizes the role of technology in increasing the potential for learning through connections. When it comes to online learning, social networks, online communities and collaboration tools are extremely important for engaging students in information sharing and networked learning (Dunaway, 2011).

The SAMR model

The SAMR model, which stands for Substitution, Augmentation, Modification and Redefinition, is a model that classifies the use of technologies into four levels, so that they can be integrated into teaching effectively and ensuring that technology improves learning (Figure 2).

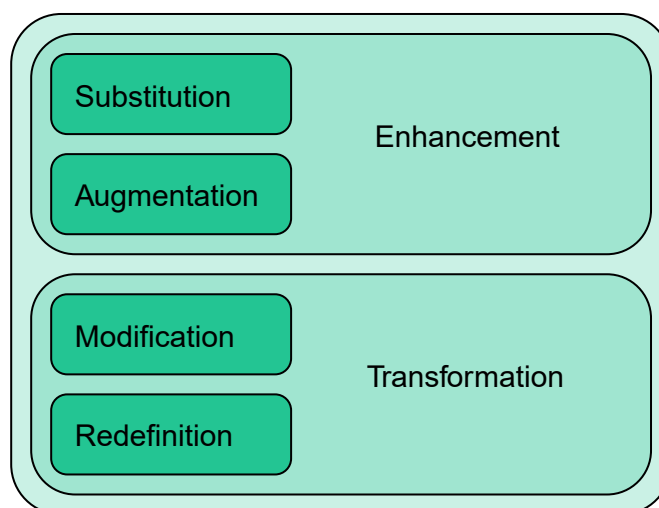


Figure 2. The four levels of SAMR mode (Blundell et al., 2022).

As mentioned above, the use of technology is classified into four levels, in particular, substitution, which corresponds to the replacement of traditional activities and materials with digital versions. The application of this first level can take the form of converting class support materials and worksheets into PDFs so that

they can then be uploaded to existing digital platforms for this purpose. It can also take the form of synchronous lessons or asynchronous lessons. The second level, augmentation, comprises the insertion of interactive digital elements such as multimedia, comments and hyperlinks. The functionalities of the digital elements improve lessons without having to change the content of the lesson. As examples, we have the Kahoot and Mentimeter platforms. The third level is modification, where technology has significantly reshaped the task of dealing with the logistical aspects of classroom management. At this level, professors use platforms such as Google Classroom, Moodle and Schoology to keep track of grades, send messages to students and publish assignments. The fourth and final level, redefinition, consists of using technology to create tasks that would not be possible or conceivable without the use of technology (Blundell et al., 2022).

Substitution and Augmentation represent enhancement, where technology serves to replace traditional tools with small functional changes or to improve an existing process by adding new features. In these stages, technology acts as a facilitator, streaming existing pedagogical practices. In contrast, Modification and Redefinition represent transformation where technology fundamentally changes the way students engage and learn. In essence, SAMR model encourages educator to progressively move from using technology to support traditional learning methods toward leveraging it to create innovative, transformative educational experiences (Hamilton et al., 2016).

The TPACK Framework

The TPACK - Technological Pedagogical Content Knowledge identifies three types of knowledge which, when combined, allow the integration of technologies in education. The types of knowledge identified in this method are technological knowledge, pedagogical knowledge and content knowledge. It is important to note that the aim of this method is to understand how to use technology so that the subject is taught in a way that improves student learning. The centre of the diagram in Figure 3 illustrates a complete understanding of how to teach with technology (Class, 2024; Pamuk et al., 2015).

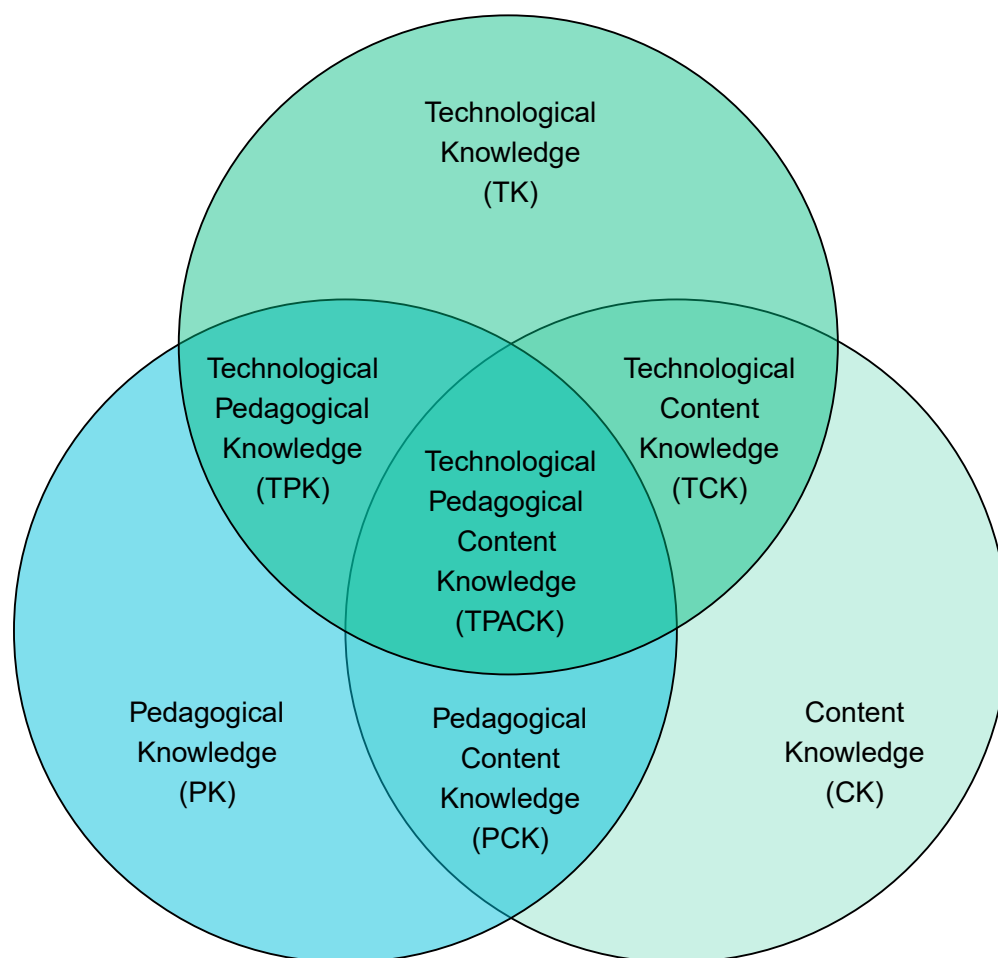


Figure 3. Technological Pedagogical Content Knowledge (Pamuk et al., 2015).

This theory is based on three primary forms of knowledge, including content knowledge (CK), which corresponds to the specific lesson being taught and the professor's knowledge of the subject. Then pedagogical knowledge (PK), which corresponds to understanding the best practices for teaching the subject, taking into consideration how students learn best and what strategies are needed to meet the students' learning needs and also the requirements of the lesson plan. And technological knowledge (TK), in which the professor has to take into account the digital tools at their disposal, their knowledge of these tools and which are the most appropriate for the lesson in question (Cibotto & Oliveira, 2017; Pamuk et al., 2015).

Thus, we have set out the primary forms of knowledge envisaged in this theory of digital teaching. The ultimate goal is the application of this theory (TPACK) in the classroom, but it is important to look at the individual relationships: pe-

pedagogical content knowledge (PCK) which involves understanding the best practices for teaching specific subjects to students; technological content knowledge (TCK) which consists of knowing how the digital tools available can improve or even enhance the content of lessons, how it is presented to students and how students can interact with the content of the lesson. And lastly, technological knowledge (TK) implies an understanding of how to use the digital tools available to the professor as a conduit for the learning results and educational experiences they want to achieve (Class, 2024).

The 5E Model

The 5E method, which states for Engage, Explore, Explain, Elaborate and Evaluate is based on the constructivist theory of digital learning, which offers a structured approach to designing learning experiences effectively. Based on several phases, the professor first explains the subject content and then, in the final phase, evaluates the learning outcomes.

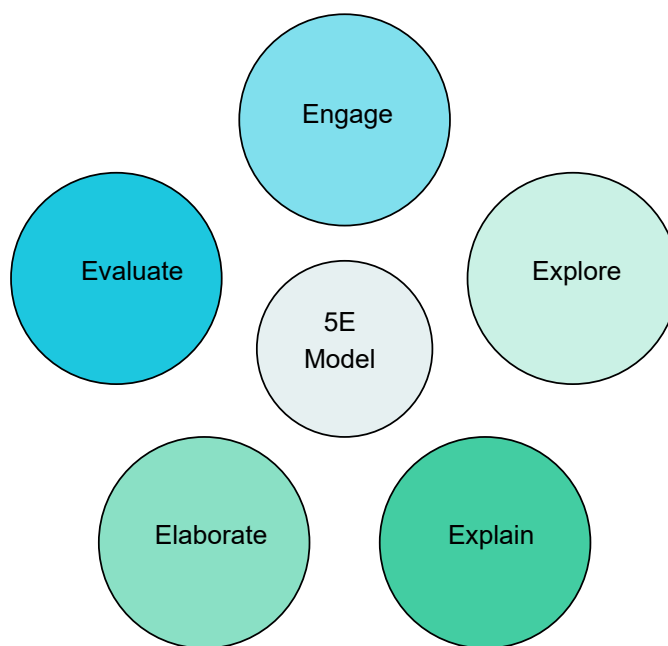


Figure 4. 5E model.

In the first phase of this method, engage, the professor introduces the topic to the students for the first time and tries to find out what the students already know about the subject. It's important to get the students interested right from this first stage, in order to encourage them to take an immediate interest in learning. The second phase, explore, provides for practical learning, in other words, it is a phase aimed at active exploration of the new concepts. This exploration can be done through concrete experiences, such as discussing the topics in groups in the classroom. The next phase, explain, consists of the technical introduction of the content by the professor, and is also a phase in which professors use videos and digital support materials as teaching. The fourth, elaborate phase involves the students

implementing what they have previously learnt, which allows them to comprehend the subject they have been taught. This can be done by creating digital presentations (for example, using Power Point) or carrying out research work. And the last phase, evaluate, is a formal and informal evaluation of the material taught. This allows professors to verify that students have understood the content they have been taught. This assessment can be carried out using digital platforms such as Moodle or Mentimeter (Koyunlu Ünlü & Dökme, 2022; Polanin et al., 2024).

Self-Determination Theory

Self-determination theory (SDT) analyses the relevance of intrinsic motivation and various types of extrinsic motivation and explains how these motivations impact on responses at various levels, particularly in terms of cognitive and social development, as well as personality development. Intrinsic motivation refers to engaging in an activity for the inherent enjoyment rather than for an external reward. The self-determination theory relates to three fundamental psychological needs that influence motivation: autonomy, competence and relatedness (Figure 5) (Van Lange et al., 2011).

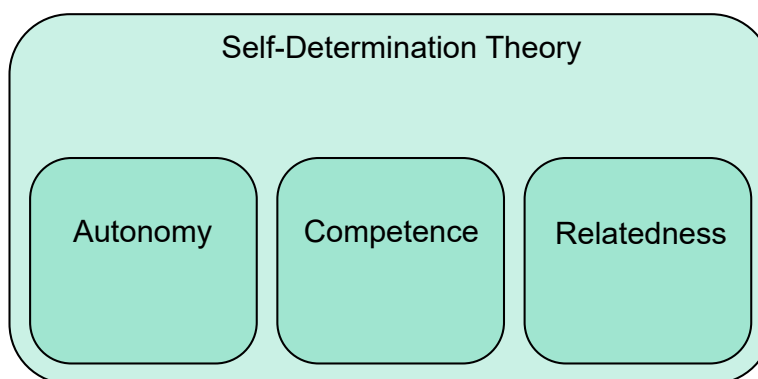


Figure 5. Self-determination theory.

Autonomy refers to the need to feel control behaviour and decisions, in the sense that actions are self-endorsed. When a student feels autonomous on an activity they are likely to engage in behaviour that are intrinsically motivated. Competence is the need to feel effective and capable of mastering tasks. Feeling competent is critical for fostering intrinsic motivation. Relatedness refers to the feeling of connection to other and to experience a sense of belonging within a social context. It is crucial for fostering intrinsic motivation engagement in activities (Gupta & Goyal, 2022; Thurston et al., 2021; Van Lange et al., 2011).

With particular reference to teaching, this theory focuses on the relevance of intrinsic motivation in the process of learning. As for the digital domain, platforms can be designed to provide students with choices, challenges and collaborative activities. Gamification elements and personalised learning programmes reinforce intrinsic motivation, which leads to more effective and rewarding digital learning

experiences (Luarn et al., 2023).

Activity design

The methodology applied aims to integrate theoretical concepts with interactive and collaborative practices, using the Mentimeter platform. The goal is to promote an active and engaging learning experience. The objective is to provide students with an opportunity to apply the knowledge acquired in a dynamic environment, encouraging individual and collective participation. The Platform allows the creation of interactive quizzes, in which students answer questions. The combination of questions and individual solving with moments of group discussion aims to encourage reflection, critical thinking and self-determination among students. The following sections detail the planning, implementation stages and evaluation strategies for the activity.

Description of planning and context

The digital activity uses the Mentimeter platform, which allows the creation of interactive presentations with integrated quizzes of various types: open-ended questions, multiple choice, marking points on figures, etc. It allows the names or other details of participants to be recorded and information about their answers to be collected (Mentimeter - Interactive presentation software, 2025). Participation is based on initially scanning a QR code projected in the classroom using each student's smartphone.

A leaderboard was created at the end to encourage students to participate. The use of this platform for this type of activity includes all students, even those who have more difficulty participating, since the response-student connection is not public. It helps everyone to be heard and to apply the concepts they have learned into practice.

Learning resources

The digital activity requires students to have a printed psychrometric chart as well as drawing materials: pencil, ruler and square. They will need access to the Mentimeter platform, which will be the basis for developing and presenting the interactive quiz. In order for students to access the questionnaire, they must all have mobile phones, tablets or computers. As well as access by QR code, it can also be done by entering a code into a link that is also designed.

Activity type and implementation timeframe

The activity combines individual elements, with each student answering the quizzes individually on their mobile phone. After answering each question, there is a time to discuss the results collaboratively, promoting learning, the revision of errors that led to incorrect answers and interaction between peers. The discussion, which is collaborative in nature, fosters social interaction and collaborative work. By combining an individual and collaborative aspect, it is possible to emphasise

the importance of active participation and the construction of each student's own knowledge, far beyond the sharing and exposition of knowledge. The anonymity of the responses allows students to contribute freely, without revealing the identity of those who made mistakes and avoiding feelings of shame or exposure in front of their peers.

Stages of the activity

The activity requires the prior creation of an exercise with the psychrometric chart and its conversion into a questionnaire on the Mentimeter platform and the respective testing of the questionnaire so that it works as desired. In the classroom, the development phases of the activity are as follows:

- *Phase 1: Introduction to the digital platform (20 minutes)*

This phase introduces the interconnection between the concepts of psychrometry (previous lesson) and the psychrometric chart. The activity, scope, objectives and platform that will support the digital activity are presented. The students have brought the psychrometric chart in physical format as well as drawing materials consisting of a pencil, an eraser, a ruler and a square.

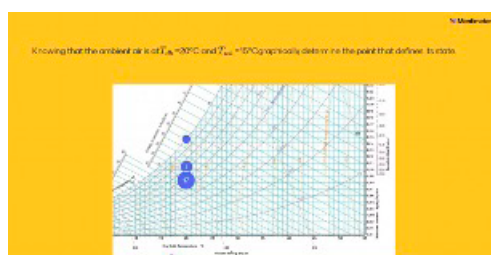
- *Phase 2: Introduction to the digital platform (10 minutes)*

Students are shown how to use their mobile phones to access the QR code to answer the questionnaire. During this time, students are asked to press an emoji button that counts the number of users in the projected presentation. This makes it possible to check that all the students are able to take part.

- *Phase 3: Completion of the questionnaire and discussion (55 minutes)*

Each question is given an appropriate amount of time to submit an answer. For example, the first question, which asks students to graphically indicate on their mobile phones the position of the point that defines the psychrometric state of the air, is given more time than the following questions, which ask students to plot and read variables (Figure 6).

Once all the answers have been recorded, there is a classroom discussion about the possible errors that led them to mark the point elsewhere or to indicate incorrect values.



(a)



(b)

Figure 6. Digital learning activity quiz: a) first question; b) second question.

- *Phase 4: Leaderboard (5 minutes)*

At the end of the presentation, a leaderboard is shown which organises the participants/students in descending order of the score obtained. The score considers the number of correct answers and the speed with which they were answered. The incorporation of the final leaderboard provides immediate feedback to the students on their performance, praising the knowledge that has been acquired and identifying any remaining doubts for later clarification. The ephemeral nature of the activity requires the teacher to pay extra attention to the real-time response process.

Learning assessment strategies

From a training perspective, the digital learning activity makes it possible for students to participate in real time, promoting the identification of difficulties and doubts. In terms of monitoring learning, the individual responses make it possible to assess the individual level of understanding of the psychrometric chart and the attached objectives.

From a summative perspective, the activity is presented as a way of assessing overall understanding of the theoretical and practical concepts covered. The approach inherent in the planned activity promotes student participation in the development of their assessment in dialogue with the teacher. The inherent ability to use the psychrometric chart is related to the real activities of the thermal engineering labour market and is a cognitive challenge. The assessment of the students takes a more qualitative form, when cognitive ability, response and scientific correctness are observed rather than an assessment reduced to a numerical scale.

RESULTS

Implementation of the hybrid digital analogue psychrometric learning activity was associated with higher levels of student participation and sustained classroom engagement. As no formal statistical analysis of performance indicators was undertaken, the results are reported descriptively, drawing on structured classroom observation and voluntary informal feedback, alongside the patterns observed during the in-class quiz and subsequent discussions.

The integration of an interactive quiz supported continuous involvement: students were required to submit an individual response before engaging in a facilitated group discussion. This sequence created repeated opportunities to externalise reasoning, compare approaches, and revisit underlying assumptions. Incorrect responses were used as learning prompts rather than endpoints; misconceptions were examined collectively and addressed immediately, reinforcing feedback as a central mechanism for conceptual clarification.

The anonymised response format and the gamified leaderboard appeared to increase willingness to participate, including among students who typically contribute less in whole-class settings. The absence of identifiable answers reduced the perceived social risk of error while maintaining a constructive level of challenge. In parallel, group discussion promoted peer explanation and collective sense-making, supporting a collaborative classroom climate.

From a pedagogical standpoint, the activity functioned as a viable alternative to a solely lecture-based approach. Students demonstrated greater autonomy during problem-solving tasks (e.g., selecting appropriate psychrometric variables and interpreting chart-based relationships). The use of digital platforms also contributed to digital proficiency relevant to technical scientific learning, as students became more familiar with structured online interaction and immediate-feedback workflows.

Overall, the descriptive evidence indicates a more dynamic learning environment and supports the conclusion that the activity met its intended learning objectives within the scope of qualitative evaluation.

CONCLUSION

This study presented a pedagogical hybrid digital-analogue learning activity for teaching psychrometrics within the Mechanical Engineering course. By combining digital quizzes with manipulation of printed psychrometric charts, the activity fosters conceptual-practical integration to achieve a higher degree of comprehension over the subject. Grounded in constructivism, connectivism and structures through the SAMR model, TPACK and the 5E learning cycle, the approach demonstrated that digital technologies could move beyond substitution to actively transform learning dynamics. The integration of the self-determination theory thought gamified experience improves the intrinsic motivation and student participation.

The positive feedback and reception revealed an improvement in student comprehension and engagement, suggests that the hybrid model is not only effective for teaching psychrometrics but also adaptable to other technical subjects in engineering and overall STEM education. The activity contributed to improving the ability to apply theoretical concepts to practical problems, as well as developing digital and social skills, which are essential for professional engineering practice.

Other applications should consider the systematic collection of quantitative data under the General Data Protection Regulation to validate learning gains and enable a more rigorous assessment of pedagogical impact. Nevertheless, current results already indicate that reformulating passive learning through active and digitally enhanced pedagogical models represents a promising direction for STEM education, as it equips students with skills aligned with academic and professional requirements, enhancing their learning.

REFERENCES

- Al Abri, M. H., Al Aamri, A. Y., & Elhaj, A. M. A. (2024). Enhancing student learning experiences through integrated constructivist pedagogical models. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(1), 130–149. [https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2\(1\).11](https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(1).11)
- Blundell, C. N., Mukherjee, M., & Nykvist, S. (2022). A scoping review of the application of the SAMR model in research. *Computers and Education Open*, 3, 100093. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100093>
- Cibotto, R. A. G., & Oliveira, R. M. M. A. (2017). TPACK – Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: Uma revisão teórica. *Imagens da Educação*, 7(2), 11–23. <https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v7i2.34615>
- Class, B. (2024). Teaching research methods in education: Using the TPACK framework to reflect on praxis. *International Journal of Research & Method in Education*, 47(3), 288–308. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2023.2270426>
- Dunaway, M. K. (2011). Connectivism: Learning theory and pedagogical practice for networked information landscapes. *Reference Services Review*, 39(4), 675–685. <https://doi.org/10.1108/00907321111186686>
- Gupta, P., & Goyal, P. (2022). Is game-based pedagogy just a fad? A self-determination theory approach to gamification in higher education. *International Journal of Educational Management*, 36(3), 341–356. <https://doi.org/10.1108/IJEM-04-2021-0126>
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M., & Akcaoglu, M. (2016). The substitution augmentation modification redefinition (SAMR) model: A critical review and suggestions for its use. *TechTrends*, 60(5), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Koyunlu Ünlü, Z., & Dökme, İ. (2022). A systematic review of 5E model in science education: Proposing a skill-based STEM instructional model within the 21st century skills. *International Journal of Science Education*, 44(13), 2110–2130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2114031>
- Luarn, P., Chen, C.-C., & Chiu, Y.-P. (2023). Enhancing intrinsic learning motivation through gamification: A self-determination theory perspective. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 40(5), 413–424. <https://doi.org/10.1108/IJILT-07-2022-0145>
- Mentimeter. (n.d.). *Interactive presentation & audience engagement tool*. Retrieved February 28, 2026, from <https://www.mentimeter.com/>
- Oxford, R. L. (1997). Constructivism: Shape-shifting, substance, and teacher education applications. *Peabody Journal of Education*, 72(1), 35–66. https://doi.org/10.1207/s15327930pje7201_3

- Pamuk, S., Ergun, M., Cakir, R., Yilmaz, H. B., & Ayas, C. (2015). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies*, 20(2), 241–263. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9278-4>
- Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., & Williams, R. (2024). Effects of the 5E instructional model: A systematic review and meta-analysis. *AERA Open*, 10, 23328584241269866. <https://doi.org/10.1177/23328584241269866>
- Thurston, T. N., Lundstrom, K., & González, C. (Eds.). (2021). *Resilient pedagogy: Practical teaching strategies to overcome distance, disruption, and distraction*. Utah State University. <https://doi.org/10.26079/A516-FB24>
- Van Lange, P. A., Kruglanski, A. W., & Higgins, E. T. (Eds.). (2012). *Handbook of theories of social psychology* (Vol. 1). SAGE Publications Ltd, <https://doi.org/10.4135/9781446249215>

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO NUM PROJETO STEM

Jorge Fonte^{1,4}, Paulo Simeão Carvalho^{2,3,4} & Jorge Gameiro^{1,3}

¹*Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (Portugal)*

²*Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto (Portugal)*

³*Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto (Portugal)*

⁴*Instituto de Física dos Materiais Avançados, Nanotecnologia e Fotónica da Universidade do Porto (Portugal)*

jorgefonte@gmail.com

RESUMO

A consciência do que é o processo científico é uma competência fundamental para cidadãos que vivem numa sociedade moldada pela ciência e tecnologia. Contudo, a ciência nem sempre chega a todos os alunos, quer através da educação científica formal, quer da não formal. Neste estudo, analisamos a participação de três alunos de um curso profissional (com idades entre 17 e 19 anos), que se envolveram num projeto orientado. Os alunos captaram e analisaram imagens de fenómenos solares e produziram um vídeo ilustrando processos dinâmicos na superfície do Sol, que apresentaram na Noite Europeia dos Investigadores (NEI). Após o evento, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os alunos envolvidos para avaliar a sua satisfação em participar e o significado que atribuem à exploração espacial. Os resultados indicam que o projeto motivou os alunos ao envolver as suas competências de multimédia num contexto científico e também despertou interesse em conteúdos relacionados com astronomia.

Palavras-chave: Análise qualitativa; Fenómenos solares; Noite Europeia dos Investigadores; STEM

INTRODUÇÃO

O Sol tem sido, ao longo da História, uma fonte central de curiosidade e investigação científica. Embora as manchas solares sejam observadas há milhares de anos (Lorensi & Pacini, 2016; Persson, 2013), foi com as observações de Galileu em 1612 que se confirmou a rotação solar, ao seguir o movimento dessas manchas à superfície (Zhou, 2023). As erupções solares e as ejeções de massa coronal (CMEs) libertam partículas carregadas que podem interferir com satélites (Shrivastava et al., 2020), provocando perturbações em diversos setores sociais e económicos (Cliver et al., 2022; Gafeira et al., 2023). Mais recentemente, Arsioli e Orlando (2024) descreveram emissões de raios gama inesperadas que desafiam os modelos atuais e abrem novas questões em astrofísica de altas energias. Em paralelo, a astrofísica solar começa a tirar partido de algoritmos de inteligência artificial, capazes de identificar padrões e características muitas vezes negligenciados por técnicas clássicas baseadas em modelos físicos, como o ajuste de linhas espectrais ou a análise de séries temporais (Asensio Ramos et al., 2023).

À medida que o conhecimento e a tecnologia avançam, a literacia científica da população torna-se ainda mais crucial. Como defendem Ribeiro e Vasconcelos (2024), uma maior consciência pública das dimensões sociais, económicas e políticas da ciência favorece decisões mais informadas, ao mesmo tempo que o apoio às atividades de investigação depende, em grande medida, do interesse e financiamento públicos (Ehrenfreund et al., 2010). Neste contexto, a observação solar diurna surge como uma oportunidade privilegiada para explorar conceitos centrais de astronomia (Costa & Maroja, 2017; Fonte et al., 2025a) e, através de experiências de aprendizagem diversificadas, contribui para o desenvolvimento da literacia científica (Anjos & Carvalho, 2020).

Ao promover abordagens de ensino contextualizadas que articulam ciência, tecnologia, engenharia e matemática em torno de problemas autênticos, a educação STEM tem sido amplamente reconhecida como uma resposta às exigências sociais, económicas e ambientais do século XXI (Kelley & Knowles, 2016). Associada a contextos reais, articulando as diferentes áreas de forma coerente, a educação STEM procura superar a simples justaposição de conteúdos disciplinares e promover aprendizagens mais contínuas, significativas e socialmente enraizadas (Kelley & Knowles, 2016; Ortiz-Revilla et al., 2022). Pode então dizer-se que esta abordagem procura envolver os estudantes em práticas científicas participativas e ligadas à comunidade, favorecendo o desenvolvimento de competências amplas e significativas, das quais as vocações científicas podem emergir de forma natural (Ortiz-Revilla et al., 2022). Num estudo com foco na integração STEM e nas características das atividades STEM em contextos informais, Hussim et al. (2024) destacam que estes contextos se distinguem pela flexibilidade organizacional, muitas vezes difíceis de concretizar no ensino formal. Xia et al. (2025) afirmam que os estudantes adquirem experiências STEM através da interação em ambientes formais (onde passam 20% do seu tempo a aprender) e informais de aprendizagem. Concluem, assim, que as aprendizagens informais representam um grande potencial para complementar e enriquecer a educação STEM escolar. A integração STEM no ensino e na aprendizagem nas escolas, devem ter em consideração três fatores essenciais: o reduzido envolvimento dos alunos, a necessidade de adotar práticas pedagógicas eficazes que reforcem o interesse, a motivação e as competências do século XXI, e a promoção de atitudes e motivações positivas (Rumjaun et al., 2024). O Ecossistema de Aprendizagem STEM é visto como um meio de apoiar o desenvolvimento da identidade científica de estudantes tradicionalmente excluídos da ciência, oferecendo múltiplas oportunidades para desempenharem identidades STEM em diversos contextos, receberem reconhecimento e desenvolverem, de forma sinérgica, competências e interesse sustentado pela ciência (Wade-Jaimes et al., 2023).

PROBLEMA

Muitos alunos desenvolvem uma atitude negativa face à ciência à medida que progridem nos seus estudos, impulsionados pelo medo do insucesso, pela pressão em manter boas classificações e pela falta de apoio—levando-os a escolher disciplinas em que acreditam ter melhores oportunidades de sucesso académico (Gopal, 2025). Com base num estudo realizado com alunos de quatro países

européus, Bekaert et al. (2022) verificaram que aqueles frequentemente aplicam conceitos solares de forma incorreta. Cyparsade & Adiapien (2012) abordam a reduzida literacia científica entre alunos em cursos profissionais, evidenciada por dificuldades iniciais em compreender conceitos astronómicos. Além disso, muitos alunos apresentam lacunas significativas de literacia científica, especialmente no que respeita à astronomia (Turmambekov et al., 2025). De acordo com estes autores, a reduzida literacia na astronomia tem fomentado a propagação de crenças pseudo-científicas, agravada pela cobertura limitada em disciplinas de Física obrigatórias no ensino secundário. Apesar da sua importância, o impacto do Sol no clima e os seus processos dinâmicos ainda não são totalmente compreendidos (Rosenberg et al., 2013), tornando a investigação contínua vital para o desenvolvimento de tecnologia e mitigação de riscos. Além disso, a crescente complexidade dos fenómenos solares e a sua relevância para a sociedade moderna—desde a previsão de meteorologia espacial (Temmer, 2021) até à proteção de tecnologias sensíveis (Gafeira et al., 2023)—reforçam a necessidade de promover maior consciência e compreensão do Sol e dos fenómenos solares entre todos os segmentos populacionais, incluindo aqueles não habitualmente envolvidos com as ciências físicas ou astronómicas. É crucial questionar se os jovens compreendem o papel do Sol na sustentação da vida e avaliar o impacto da sua participação em projetos científicos (Montalvan Castilla, 2025). A investigação mostra que um aumento da autoconfiança conduz a um melhor desempenho durante a aprendizagem informal em STEM (Hussim et al., 2024). Estes autores relacionam o aumento do interesse dos estudantes por carreiras em STEM à compreensão e à exposição que obtêm através das atividades STEM. Por outro lado, Perea et al. (2021) referem que o pensamento crítico e as competências cívicas, são essenciais para a sociedade atual. Quadros conceptuais de orientação humanista para a educação STEM integrada defendem que a sua finalidade vai além da mera preparação de capital humano, abrangendo também o desenvolvimento de competências para enfrentar problemas socialmente relevantes, com especial atenção à cidadania e à justiça social (Ortiz-Revilla et al., 2020). A participação dos alunos em atividades relacionadas com a ciência, tem sido entendida como uma forma de envolvimento, igualmente associado ao prazer e ao interesse pela ciência, à motivação para aprender ciência e até a orientações futuras relacionadas com a área científica (Hadzigeorgiou & Schulz, 2019). O prazer associado à experiência — entendido como satisfação emocional positiva — funciona como um catalisador que aprofunda e consolida o interesse (Holstermann et al., 2010). Num estudo sobre o interesse e satisfação na participação em atividades STEM, Fonte et al. (2025b) referem o tema das atividades, a interação entre pares, a tipologia das tarefas propostas e a aprendizagem de novos conteúdos como fatores que contribuem para a satisfação dos participantes. Assim, este estudo visa analisar como a participação num projeto STEM contextualizado em física solar promove o desenvolvimento de atitudes positivas face à astronomia. Mais concretamente, aferir a satisfação dos participantes e o interesse suscitado pela astronomia, bem como a compreensão da ciência e dos seus métodos e confrontar os inquiridos com situações particulares de modo a avaliar a formação de opiniões sustentadas.

METODOLOGIA

Para aferir o conhecimento dos alunos sobre as características do Sol e os fenômenos energéticos da superfície, foi passado um questionário diagnóstico antes do projeto de observação solar. A primeira parte do questionário contém três questões de escolha múltipla e duas questões de verdadeiro ou falso. Na segunda parte, os respondentes identificam quais de seis fenômenos solares energéticos tinham ouvido falar anteriormente. Este questionário deu-nos uma imagem prévia dos conhecimentos dos alunos sobre o tema da atividade.

A atividade desenvolvida foi apresentada pelos alunos na Noite Europeia dos Investigadores (NEI). Após o evento de divulgação da NEI, realizaram-se entrevistas semiestruturadas, para proporcionar uma visão holística do caso. O objetivo principal foi analisar as suas atitudes face à ciência, o impacto na compreensão da dinâmica do Sol e no reconhecimento da sua importância para a vida na Terra e a consciencialização com que ficaram do processo científico, após a sua participação. Assim, trata-se de uma investigação qualitativa utilizando análise temática para identificar padrões nas entrevistas, reflexões e interações (Nowell et al., 2017), que permite identificar temas recorrentes relacionados com envolvimento, colaboração e aprendizagem, oferecendo uma compreensão profunda sobre as experiências dos alunos na educação STEM (Tang et al., 2024). Tal abordagem permite uma exploração aprofundada das experiências vividas pelos alunos, destacando não apenas o que estes fazem, mas também como e por que se envolvem de formas específicas nas atividades STEM (Mateos-Núñez et al., 2020). Este método qualitativo é particularmente valioso para pequenas amostras, pois oferece compreensão rica e contextualizada da participação individual e coletiva (Kiger & Varpio, 2020; Lochmiller, 2021).

O material analisado resultou das gravações áudio das entrevistas realizadas por videoconferência. Numa primeira fase foram extraídos os temas principais das entrevistas que são apresentados nos resultados. Para garantir a credibilidade da análise optamos pelo processo designado por member checks ou revisão pelos participantes (Coutinho, 2022). Neste processo, os resultados da análise são devolvidos aos participantes para que possam confirmar se as interpretações do investigador refletem fielmente as suas experiências. Por fim, como forma de conseguir uma análise de maior alcance e riqueza foi realizada uma triangulação dos dados com a literatura.

O PROJETO

O Projeto combinou a observação solar direta com a comunicação de ciência, procurando desenvolver competências técnicas e científicas, que abrangem duas dimensões complementares: (1) foca-se no desenvolvimento de competências de investigação e conhecimento científico, levando à produção de um produto final; (2) examina o envolvimento dos participantes ao longo do processo, a divulgação do seu trabalho e a sua perceção das ciências espaciais. Vale a pena salientar que, para Ribeiro e Vasconcelos, (2024), as atividades não formais complementam os currículos, abordando tópicos relevantes, que poderão aumentar a

compreensão dos alunos. O Projeto de observação solar foi apresentado na NEI, um evento europeu anual concebido para despertar o interesse dos jovens pela ciência e para destacar o impacto dos investigadores na vida quotidiana. O evento também promove o envolvimento de alunos, aproximando-os da comunidade científica. A apresentação na NEI consistiu na divulgação de um vídeo documental das suas observações. Este foi elaborado após um período de recolha e processamento de imagens do Sol. No vídeo mostraram o movimento das manchas solares e gráficos de análise da luminosidade da superfície do Sol (https://www.youtube.com/watch?v=qyTtKNez_So).

Durante o projeto, os alunos mobilizaram competências que tinham desenvolvido ao longo do seu curso profissional, aplicando-as na criação do vídeo. Os alunos colaboraram na recolha de dados, montagem do telescópio e captura de imagens. No desenvolvimento do trabalho, de natureza colaborativa, cada participante assumiu um papel específico no projeto: P1 (19 anos) foi responsável por alinhar o equador solar com o eixo horizontal no Photoshop, P2 (17 anos) criou a introdução e os créditos de encerramento do vídeo, e P3 (17 anos) registou a narração do vídeo.

CARATERIZAÇÃO DO GRUPO DE ESTUDO

O grupo de estudo é composto por três alunos do curso profissional de multimédia (designados por P1, P2 e P3). Eles haviam previamente criado um vídeo para a cerimónia de inauguração de um espaço astronómico na sua escola, e foram convidados para colaborar no projeto solar devido às suas competências em multimédia. Numa análise preliminar, identificamos que os alunos tinham alguns conhecimentos sobre a temperatura da superfície do Sol, mas manifestavam maior incerteza noutros aspetos. Por exemplo, dois acreditavam que o Sol é maior do que qualquer estrela visível. Relativamente à produção de energia, atribuíram-na à combustão na superfície ou simplesmente ao brilho natural do Sol. Apenas um aluno reconheceu a existência de rotação solar. Em geral, o seu conhecimento prévio sobre o Sol era reduzido, com todos os três alunos a terem ouvido apenas falar em manchas solares, mas nenhum a demonstrar uma compreensão mais profunda da estrutura solar, processos físicos ou produção de energia. Com base nestas respostas, deduzimos que os alunos do grupo de estudo não possuíam, à partida, um conhecimento aprofundado de fenómenos solares. Através de conversas informais com eles, descobrimos também que não estavam particularmente motivados ou interessados em astronomia antes de participarem no projeto. Esta estava relacionada apenas com o seu trabalho no curso de multimédia, e não com um interesse pré-existente em ciência.

RESULTADOS

De acordo com o questionário preliminar, os alunos do grupo de estudo desconheciam fenómenos solares, exceto pela existência de manchas solares e, de certa forma, pela temperatura elevada da superfície do Sol. O que descobrimos ao entrevistar estes alunos é que a participação no projeto abriu um novo mundo para

eles, uma vez que fizeram as suas primeiras observações. Numa primeira fase foram levantados os temas mais relevantes através de uma análise global das entrevistas, como se mostra na tabela 1.

Tabela 1. Categorias temáticas resultantes da análise com indicação das ações indicadas pelos participantes

Temas	P1	P2	P3
Exploração Espacial	Procura uma alternativa à vida na Terra.	Estuda meteoros perigosos e outros planetas.	Explora novos planetas.
Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia	Aumenta o conhecimento científico através da contribuição da tecnologia.		Cria novos instrumentos para observação espacial.
Benefícios da Exploração Espacial	Melhora o conhecimento do cosmos.	Analisa materiais produzidos a partir de recursos espaciais.	
Educação em Astronomia	Participa e divulgar projetos.	Participa de grupos de observação astronómica.	Promove o interesse e a compreensão da astronomia entre os jovens.

A análise das entrevistas revelou que:

P1 ficou satisfeito com a experiência de processar imagens e interagir com o público.

“O que eu gostei mais foi a parte do tratamento de imagens e a segunda coisa foi participar na NEI, na Noite europeia dos Investigadores...”

Expressou um interesse acrescido em astronomia, destacando particularmente a sua compreensão recém-adquirida das manchas solares como um ponto-chave. Também mencionou o desenvolvimento de novas competências na utilização de software de edição de imagens, particularmente o Photoshop. Durante a entrevista, enfatizou a exploração espacial como vital para compreender o futuro da Terra, as condições noutros planetas e o papel da humanidade no cosmos.

P2 partilhou a sua experiência, afirmando que inicialmente tinha pouco interesse em astronomia, mas desenvolveu apreciação pelo tópico através do projeto.

“Agora gosto de observar, assim, como disse, um bocado as estrelas, o Sol...”

Enfatizou a importância de compreender o método científico e a relevância da exploração espacial, sublinhando que essa investigação poderia ajudar a detectar meteoros perigosos e revelar novas ideias sobre outros planetas.

“Sim, muito importante, porque cada vez pode haver mais meteoros perigosos, e assim, se estudarmos melhor, dá para ver quando é que vai cair um, e se é muito perigoso ou não...”

Argumentou também que, apesar dos problemas existentes na Terra, o investimento em exploração espacial permanece vital, pois pode trazer benefícios para o nosso planeta. Concluiu ao apontar que muitos materiais e tecnologias em uso atualmente têm origem em investigação espacial, sublinhando o seu impacto positivo na humanidade. Também referiu a interação com o público como motivo de satisfação.

P3 afirmou que aprendeu novos factos sobre telescópios e o Sol, o que aumentou o seu interesse em astronomia. Indicou ainda que participar no projeto melhorou a sua consciência dos processos científicos e reforçou a importância da exploração espacial. Argumentou ainda que a expansão do conhecimento sobre o espaço poderá ajudar a humanidade a encontrar habitats alternativos, caso a Terra se torne inabitável. Além disso, destacou o desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas que melhoram a nossa capacidade de observar e estudar o universo.

“...novos utensílios que foram usados para observar o espaço...”

CONCLUSÕES

Com base nas observações efetuadas pelos alunos durante o projeto e nas entrevistas realizadas com eles após a sua realização, é possível tirar várias conclusões:

a) Os três participantes destacaram a sua satisfação geral e apreciação pela oportunidade de aplicar as suas competências de multimédia existentes num novo contexto.

b) Reportaram interesse em astronomia, embora não tenham especificado as razões para esta mudança, e reconheceram que o seu conhecimento nesta área científica tinha aumentado.

c) No que diz respeito à compreensão da ciência e dos seus métodos, apenas um participante mostrou ter adquirido conhecimento mais profundo sobre o Sol, enquanto os outros não indicaram qualquer melhoria significativa.

d) Todos os entrevistados enfatizaram a importância do investimento em exploração espacial, conectando-a à ideia de que, em caso de desastre maior, a humanidade poderia um dia necessitar de se mudar para outro planeta. Esta ideia de preparação para uma possível fuga da Terra surgiu quando se pedia aos participantes que avaliassem o equilíbrio entre investir na resolução dos problemas da Terra e explorar o espaço.

e) Relativamente aos benefícios da exploração espacial, destacaram princi-

palmente a geração de conhecimento—tanto como um meio para desenvolver novos materiais como como um objetivo valioso em si mesmo.

Claramente, os alunos pareceram motivados ao mobilizarem as suas competências de multimédia no Projeto STEM, dando realce à importância da tipologia das atividades como fator de satisfação, o que está de acordo com resultados da literatura (Fonte et al., 2025b). Embora não tenha havido referências ao tema e a envolvimento com os colegas, a aprendizagem também foi referida como fonte de satisfação e interesse. Verificou-se, igualmente, um vínculo entre a satisfação e o interesse, já reportado em estudos por Holstermann et al. (2010) e Hadzigeorgiou e Schulz (2019).

Os alunos também deram crédito à astronomia e à exploração espacial como áreas potenciais de investimento, revelando interesse em conteúdos relacionados com astronomia. Contudo, os benefícios da aprendizagem científica não foram tão bons como esperámos. As entrevistas revelaram as mesmas ideias limitadas entre eles: veem a exploração espacial principalmente como uma forma de escapar da Terra, mostrando algum desconhecimento sobre os seus objetivos mais amplos.

Reconhecemos, com este estudo, que o incremento do interesse dos estudantes por carreiras em STEM não tem de ser o foco principal deste tipo de atividades. A explicação que obtêm através das atividades STEM nem sempre se correlaciona com a compreensão da ciência como alvitado por Hussim et al. (2024). É, contudo, necessário promover, nos participantes, o desenvolvimento ou a mobilização de competências essenciais para enfrentar problemas relevantes para a sociedade atual (Ortiz-Revilla et al., 2020; Perea et al., 2021). Na nossa opinião, a existência regular de projetos interdisciplinares que promovam a mobilização de competências específicas em novos contextos podem ser uma boa estratégia para possibilitar a motivação e o interesse em ciência.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Astrofísica da Universidade do Porto pela disponibilização dos equipamentos utilizados nas observações solares, bem como o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e IFIMUP, projeto UIDP/04968/2025, pelo financiamento do trabalho. Este trabalho foi também cofinanciado pela União Europeia sob o projeto 2023-1PT01-KA220-SCH-000166387. As opiniões e pontos de vista expressos são da exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da Agência Nacional Portuguesa. Nem a União Europeia nem a Agência Nacional podem ser responsabilizadas por estas opiniões.

REFERÊNCIAS

- Anjos, S., & Carvalho, A. (2020). Jovens, ciência e media: Percepções sobre a Astronomia e Ciências do Espaço em contextos formais e informais. *Comunicação e Sociedade*, 37, 109–126. [https://doi.org/10.17231/comsoc.37\(2020\).2428](https://doi.org/10.17231/comsoc.37(2020).2428)
- Arsioli, B., & Orlando, E. (2024). Yet Another Sunshine Mystery: Unexpected Asymmetry in GeV Emission from the Solar Disk. *The Astrophysical Journal*, 962, 52. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad1bd2>
- Asensio Ramos, A., Cheung, M. C. M., Chifu, I., & Gafeira, R. (2023). Machine learning in solar physics. *Living Reviews in Solar Physics*, 20(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s41116-023-00038-x>
- Bekaert, H., Steegen, A., Van Winckel, H., Van Dooren, W., Nicolini, M., Sippel, A. C., Staikidis, C., Thiering, I., & De Cock, M. (2022). Comparing students' knowledge of the apparent motion of the Sun and stars across four European countries. *Astronomy Education Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.32374/AEJ.2022.2.1.038ra>
- Cliver, E. W., Schrijver, C. J., Shibata, K., & Usoskin, I. G. (2022). Extreme solar events. *Living Reviews in Solar Physics*, 19(1), 2. <https://doi.org/10.1007/s41116-022-00033-8>
- Costa, I. F. D., & Maroja, A. D. M. (2017). Astronomia diurna: Medida da abertura angular do Sol e da latitude local. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0301>
- Coutinho, C. P. (2022). Metodologia de investigação em ciencias sociais e humanas: Teoria e prática (2a ed). Almedina.
- Cyparsade, M., & Adiopen, V. (2012). Multiple Representations in the Teaching and Learning of Basic Astronomy in PreVocational Schools in the Republic of Mauritius. <https://uir.unisa.ac.za/items/28ffe7d7-58e1-4aeb-9204-2d4c32e8a90a>
- Ehrenfreund, P., Peter, N., & Billings, L. (2010). Building long-term constituencies for space exploration: The challenge of raising public awareness and engagement in the United States and in Europe. *Acta Astronautica*, 67(3–4), 502–512. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2010.03.002>
- Fonte, J., Gameiro, J. F., Carvalho, P. S., & Pires, F. (2025a). Observação astronômica do Sol como recurso didático. *A Física na Escola*, 23, e240228. <https://doi.org/10.59727/fne.v23i1.228>
- Fonte, J., Simeão Carvalho, P., & Gameiro, J. (2025b). UM ESTUDO SOBRE O INTERESSE E SATISFAÇÃO DO PÚBLICO EM ASTRONOMIA. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 39, 68–92. <https://doi.org/10.14244/RELEA/2025.39.68-92>

- Gafeira, R., Barata, T., & Peixinho, N. (2023, maio 19). Astronomia: O lado negro do Sol. National Geographic Portugal. https://www.nationalgeographic.pt/ciencia/o-lado-negro-do-sol_3810
- Gopal, A. (2025). An Analysis of Effective Secondary STEM Learning and Teaching Methods that Encourage Student Participation and Success in Secondary School and Beyond. *Journal of Student Research*, 14. <https://doi.org/10.47611/jsrhs.v14i1.8736>
- Hadzigeorgiou, Y., & Schulz, R. M. (2019). Engaging Students in Science: The Potential Role of “Narrative Thinking” and “Romantic Understanding”. *Frontiers in Education*, 4, 38. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00038>
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on Activities and Their Influence on Students’ Interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743–757. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9142-0>
- Hussim, H., Rosli, R., Mohd Nor, N. A. Z., Maat, S. M., Mahmud, M. S., Iksan, Z., Rambely, A. S., Mahmud, S. N., Halim, L., Osman, K., & Lay, A. N. (2024). A Systematic Literature Review of Informal STEM Learning. *European Journal of STEM Education*, 9(1), 07. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/14609>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kiger, M. E., & Varpio, L. (2020). Thematic analysis of qualitative data: AMEE Guide No. 131. *Medical Teacher*, 42(8), 846–854. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1755030>
- Lochmiller, C. (2021). Conducting Thematic Analysis with Qualitative Data. *The Qualitative Report*. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2021.5008>
- Lorensi, C., & Pacini, A. (2016). Observações das manchas solares – Uma história antiga. *Revista Univap*, 22, 116. <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i39.422>
- Mateos-Núñez, M., Martínez-Borreguero, G., & Naranjo-Correa, F. L. (2020). Learning Science in Primary Education with STEM Workshops: Analysis of Teaching Effectiveness from a Cognitive and Emotional Perspective. *Sustainability*, 12(8), 3095. <https://doi.org/10.3390/su12083095>
- Montalvan Castilla, J. E. (2025). Children’s understanding and STEM-related experiences of solar energy and technologies in a smart kindergarten in Norway. *European Early Childhood Education Research Journal*, 33(2), 194–210. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2024.2413861>

- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1609406917733847. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*, 29(4), 857–880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriasecq, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science & Education*, 31(2), 383–404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Perea, J. D., Gasca, D. C., Echeverry-Prieto, G., Quiroga-Fonseca, V., Orozco-Donneys, C., Díaz-Montealegre, L. C., Ortiz, A., Molina, G., Cruz, D., Persad, A., Redd-Kantareddy, S. N., Wachsmuth, J., Heumueller, T., Brabec, C., Rodriguez-Toro, V. A., & Salguero, C. (2021). Last Generation Solar Cells in Outer Space: A STEM Outreach Project with Middle and High School Students in Colombia. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11353>
- Persson, J. (2013). Sunspots and solar rotation. *Physics Education*, 48(1), 14–16. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/48/1/F04>
- Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2024). Non-formal secondary students' education to develop environmental insight. *Episodes*, 47(4), 753–765. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2024/02404s01>
- Rosenberg, M., Russo, P., Bladon, G., & Christensen, L. L. (2013). Why is Astronomy Important? <https://arxiv.org/abs/1311.0508>
- Rumjaun, A., Atchia, M. C. S., Bholah, R., & Molefe, L. (2024). Broadening Perspectives of STEM education: A new Conceptual Framework. *Journal of Research in STEM Education*, 10(1–2), 60–88. <https://doi.org/10.51355/j-stem.2024.170>
- Shrivastava, K., Chia, K. W. K., Wong, K. J., Liang Tan, A. Y., & Ning, H. T. (2020). Closing up onto our sun: Solar imaging. *EPJ Web of Conferences*, 240, 07011. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024007011>
- Tang, K.-S., McLure, F., Williams, P. J., & Donnelly, C. (2024). Investigating the role of self-selected STEM projects in fostering student autonomy and self-directed learning. *The Australian Educational Researcher*, 51. <https://doi.org/10.1007/s13384-024-00696-2>
- Temmer, M. (2021). Space weather: The solar perspective -- an update to Schwenn (2006). *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2104.04261>

- Turmambekov, T., Baktybaeva, A., Ualihanova, A., & Tursinbaev, A. (2025). Development of Methods for the Formation of Astronomical Knowledge Among Students. *Qubahan Academic Journal*, 5(1), 530–542. <https://doi.org/10.48161/qaj.v5n1a1330>
- Wade-Jaimes, K., Ayers, K., & Pennella, R. A. (2023). Identity across the STEM ecosystem: Perspectives of youth, informal educators, and classroom teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(4), 885–914. <https://doi.org/10.1002/tea.21820>
- Xia, X., Bentley, L. R., Fan, X., & Tai, R. H. (2025). STEM Outside of School: A Meta-Analysis of the Effects of Informal Science Education on Students' Interests and Attitudes for STEM. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(4), 1153–1181. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10504-z>
- Zhou, Z. (2023). A Study of Solar Rotation and Differential Rotation. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 11(11), 3782–3788. <https://doi.org/10.4236/jamp.2023.1111239>

DA CIÊNCIA À CIDADANIA: UM ESTUDO SOBRE A APRENDIZAGEM DE BIOÉTICA E DE GEOÉTICA NO ENSINO NÃO FORMAL

Marta Paz^{1,2} & Clara Vasconcelos^{1,2}

¹Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (Portugal)

²Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), Universidade do Porto (Portugal)

marta.paz@fc.up.pt

RESUMO

Promover a literacia científica é fundamental para formar cidadãos capazes de responder aos desafios ambientais e sociais contemporâneos. A bioética e a geoética constituem domínios complementares que integram valores humanos nas ciências da vida e da Terra, reforçando a responsabilidade e a sustentabilidade. Este estudo pré-experimental, com pré e pós-teste, analisou o impacto de uma intervenção educativa não formal dirigida a 17 jovens entre os 12 e os 16 anos. A intervenção integrou seis recursos originais, três de bioética e três de geoética, concebidos segundo uma abordagem pluriestratégica orientada para o desenvolvimento do conhecimento, da reflexão ética e da consciência ambiental. Os resultados indicaram melhorias significativas nos conhecimentos, bem como progressos na tomada de decisão ética e nas atitudes pró-ambientais, observando-se um impacto mais discreto nos comportamentos. Estes dados sublinham o potencial da educação não formal para promover competências científicas e cidadãs e destacam a importância de alargar estas abordagens a outros contextos educativos, formais e não formais.

Palavras-chave: Bioética, Cidadania, Educação não formal, Geoética, Sustentabilidade

INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos desafios ambientais e sociais exige uma educação em ciências que articule conhecimento sustentado por valores (McCorry & Reiss, 2019; OCDE, 2021). Questões como a emergência climática, a degradação da biodiversidade, a sobre-exploração dos recursos naturais ou as implicações éticas dos avanços tecnológicos evidenciam que a formação dos jovens deve ir além da transmissão de conteúdos científicos, envolvendo também capacidades de análise crítica, de tomada de decisão informada e de participação na sociedade (Garrecht et al., 2023). É neste enquadramento que a bioética e a geoética assumem particular relevância, ao oferecerem princípios orientadores para compreender e refletir sobre a relação entre o ser humano, a vida e o sistema Terra.

A bioética tem origem na reflexão moral sobre os dilemas emergentes nas ciências da vida e da saúde, analisando as implicações éticas do desenvolvimento científico e tecnológico em áreas como a medicina, a biotecnologia ou a genética. Tradicionalmente centrada em problemas biomédicos, a bioética expandiu-se para

incluir questões relacionadas com o bem-estar animal, a integridade dos ecossistemas e as responsabilidades humanas decorrentes do progresso científico (Moorthy et al., 2021; Neves & Osswald, 2014). Na sua essência, permanece o objetivo de avaliar moralmente práticas e decisões científicas que envolvem a vida humana e não humana, promovendo valores como responsabilidade, respeito e justiça (Samuelsson & Lindström, 2022).

A geoética, por sua vez, centra-se na reflexão ética sobre o comportamento humano sempre que ocorre interação com o Sistema Terra. Este domínio estuda e analisa os valores e deveres associados ao uso de recursos naturais, à gestão de riscos geológicos, à atuação em contextos ambientais sensíveis e às decisões que têm impacto na estabilidade e resiliência dos sistemas terrestres (Peppoloni & Di Capua, 2020). A geoética promove, assim, uma compreensão crítica das consequências das ações humanas, incentivando práticas prudentes, informadas e sustentáveis (Vasconcelos & Orion, 2021; Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Embora possuam objetos de estudo distintos, a bioética focalizada na vida e nas ciências que a investigam, e a geoética centrada na totalidade dos impactos das interações humanas com o sistema Terra, ambas convergem no propósito de desenvolver cidadãos capazes de articular literacia científica, reflexão ética e responsabilidade social e ambiental. Ao integrarem conhecimentos científicos com valores, que, por sua vez, orientam atitudes e comportamentos (OCDE, 2021), a bioética e a geoética constituem pilares essenciais para promover o bem comum, a justiça e a sustentabilidade em sociedades contemporâneas.

Esta perspetiva alinha-se com o modelo *Education for Human Flourishing* da OCDE (2025), que defende que a educação do século XXI deve promover três capacidades fundamentais: compreender o mundo de forma informada, agir com responsabilidade e tomar decisões orientadas por princípios éticos robustos. Segundo este enquadramento, a educação deve privilegiar o propósito, a capacidade de participação ativa e a sustentabilidade, contribuindo para desenvolver competências indispensáveis à construção de sociedades mais justas, resilientes e orientadas para o bem comum.

A educação não formal surge como um contexto particularmente adequado para aprofundar estas dimensões. A sua flexibilidade metodológica, a proximidade às experiências dos jovens e a natureza participativa das atividades permitem integrar, de forma mais direta, questões simultaneamente científicas e éticas. Este potencial torna-se especialmente relevante face às limitações frequentemente observadas no ensino formal, onde a abordagem de temas complexos é dificultada pela falta de tempo, pela extensão dos programas, pela perceção de insuficiente preparação dos docentes e pelo receio de gerar controvérsia em sala de aula (Chen & Xiao, 2021; Zeidler & Sadler, 2023). Os ambientes não formais, menos constrangidos por pressões avaliativas e por ritmos programáticos rígidos, oferecem condições mais favoráveis para explorar estes tópicos com profundidade, promovendo o diálogo, a reflexão crítica e envolvimento ativo dos estudantes. Estudos recentes evidenciam que estes ambientes favorecem o envolvimento emocional, a construção de sentido e o desenvolvimento de competências críticas e cidadãs (Eshach, 2007; Johnson & Majewska, 2022), essenciais para a abordagem de te-

mas sociocientíficos complexos (Zeidler & Sadler, 2023) e para a promoção da sustentabilidade (Essomba et al., 2022; Ribeiro & Vasconcelos, 2024; Wals et al., 2017). Adicionalmente, os ambientes de ensino não formal são ainda reconhecidos como promotores da inclusão (Guralp et al., 2024).

Neste enquadramento, o presente estudo analisa os efeitos de uma intervenção educativa não formal focada na aprendizagem de bioética e geoética. Através da aplicação de seis recursos originais, três dedicados a cada área, procurou-se avaliar a evolução dos participantes em três dimensões: conhecimentos, tomada de decisão ética e atitudes e comportamentos pró-ambientais.

O estudo foi orientado pela seguinte questão de investigação: Em que medida uma intervenção educativa não formal centrada na bioética e na geoética influencia os conhecimentos, a tomada de decisão ética e as atitudes e comportamentos pró-ambientais de adolescentes?

Nesse âmbito, foram delineados os seguintes objetivos: (i) analisar a evolução dos conhecimentos em bioética e em geoética; (ii) examinar mudanças na capacidade de tomada de decisão ética; (iii) avaliar variações nas atitudes e comportamentos pró-ambientais dos participantes.

Para além da avaliação da intervenção, pretendeu-se ainda contribuir para o alargamento do corpo de investigação sobre o ensino e a aprendizagem de bioética e de geoética em contextos não formais, explorar possibilidades de articulação com o ensino formal e desenvolver recursos educativos transferíveis para outros públicos e ambientes educativos.

METODOLOGIA

A intervenção decorreu em contexto de educação não formal, fora do currículo escolar obrigatório, sem integração em disciplinas formais nem avaliação classificativa. Os participantes frequentavam uma instituição de carácter social localizada numa zona urbana socioeconomicamente desfavorecida do norte de Portugal, no período pós-escolar. A amostra de conveniência integrou 17 adolescentes, cuja caracterização sociodemográfica é apresentada na Tabela 1. A sua participação foi voluntária, precedida do assentimento informado dos participantes, do consentimento informado dos tutores e do parecer favorável da instituição cooperante. O estudo obteve igualmente aprovação pela Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Tabela 1. Caracterização Demográfica da Amostra Participante (n=17).

Tabela 1. Caracterização Demográfica da Amostra Participante (n=17).

Dados sociodemográficos		Participantes (n=17)	
		n	%
Gênero	Feminino	11	64,7
	Masculino	6	35,3
Nível de ensino	3º Ciclo do Ensino Básico	13	76,5
	Ensino secundário	4	23,5
Idade	Média	13,6	
	Desvio padrão	1,42	

A maioria dos adolescentes era do sexo feminino (n= 11; 64,7%), com idades entre os 12 e os 16 anos (média de 13,6). Treze alunos frequentavam o 3.º ciclo do ensino básico (n= 13; 76,5%) e quatro o ensino secundário (n=4; 23,5%). Apesar da dimensão reduzida, o grupo representava cerca de 85% dos jovens da mesma faixa etária presentes na instituição à data, constituindo, por isso, uma amostra representativa do contexto específico analisado. (Cohen et al., 2018).

O estudo seguiu um desenho pré-experimental, com pré e pós-teste (Coutinho, 2021), adequado para avaliar mudanças após a intervenção, sendo constituído por três fases sucessivas com uma duração total de seis meses:

I.Fase 1 - aplicação do pré-teste de bioética e geoética (20 a 30 minutos para cada teste, com um intervalo de uma semana entre ambos);

II.Fase 2 - implementação da intervenção através da aplicação dos recursos educativos (sessões semanais de 50 a 60 minutos, durante cerca de cinco meses);

III.Fase 3 – aplicação dos pós-testes com os mesmos instrumentos (20 a 30 minutos para cada teste, com um intervalo de uma semana entre ambos).

Cada um dos seis recursos foi desenvolvido segundo uma abordagem pluriestratégica, integrando atividades como *roleplay*, modelação, análise de casos e exercícios de tomada de decisão ética. A intervenção decorreu em sessões semanais de 50 a 60 minutos, com cada recurso distribuído por duas a quatro sessões consecutivas, ajustadas à complexidade das tarefas propostas, e totalizando cerca de 15 sessões no total dos seis recursos. As atividades foram concebidas para favorecer o envolvimento cognitivo, emocional e social dos participantes. A investigadora atuou como facilitadora, garantindo um ambiente inclusivo e dialógico, em linha com as recomendações de Brown (2017).

A Figura 1 apresenta uma síntese dos temas e das estratégias pedagógicas desenvolvidas nos seis recursos educativos.

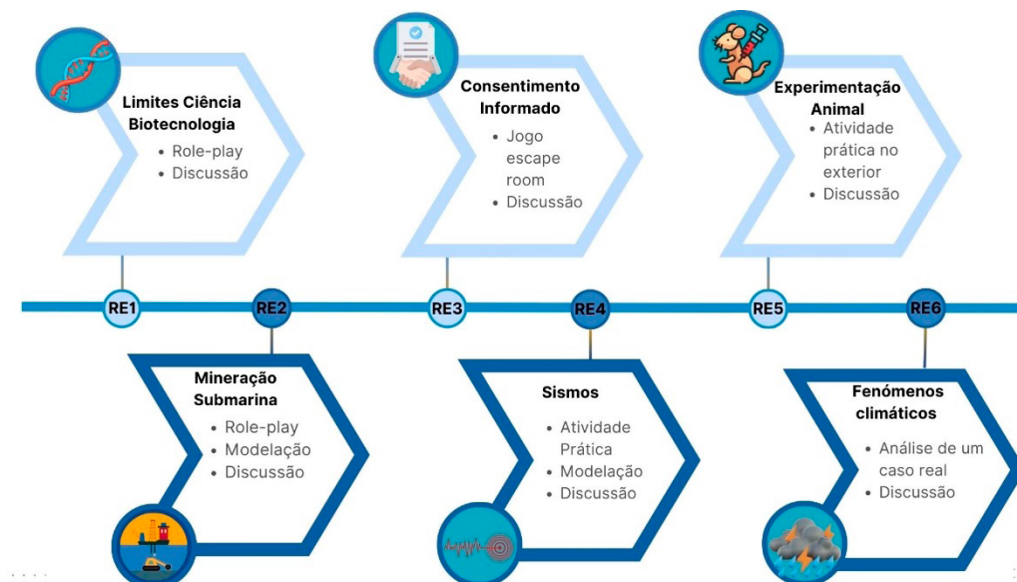


Figura 1. Esquema dos Recursos Educativos Construídos na Intervenção e Principais Estratégias Educativas.

Relativamente ao instrumento de recolha de dados, teste de bioética e de geoética, ambos eram compostos por questões de escolha múltipla e um item aberto ou de resposta curta, sendo cotados para 100 pontos percentuais.

O teste de geoética era composto por 9 questões:

- Q1 de resposta aberta;
- Q2 a Q9 de escolha múltipla;
- os itens Q6 e Q7 pretendiam medir atitudes e comportamentos, pelo que não foram contabilizados para a classificação final.

Por sua vez, o teste de bioética era constituído por 8 questões:

- Q1, Q2 e Q4 a Q8 de escolha múltipla;
- Q3 de resposta curta;
- as questões Q4 a Q6 pretendiam averiguar competências de tomada de decisão bioética, pelo que não contribuíram para a classificação final.

Ambos os testes foram elaborados a partir de uma revisão bibliográfica aprofundada e alinhados com os objetivos definidos para esta investigação. Posteriormente, foram submetidos à validação de conteúdo por três especialistas, das áreas da educação em ciências, da medicina e da psicopedagogia, cujos contributos foram integrados nas versões finais. A estrutura e extensão dos instrumentos foram propositadamente concebidas para garantir clareza, acessibilidade e adequação à faixa etária, evitando níveis de dificuldade ou complexidade que pudes-

sem desencorajar a participação dos adolescentes, tal como indicado na literatura da especialidade (Cohen et al., 2018; Mills & Gay, 2019).

A análise de dados quantitativa recorreu à estatística descritiva (médias, desvios-padrão, mínimos e máximos) e ao teste de Wilcoxon (dada a dimensão da amostra e a natureza não paramétrica dos dados), sendo efetuada através do software SPSS, versão 29. As questões abertas e atitudinais foram analisadas de forma descritiva, com base na categorização das respostas e na identificação de padrões de posicionamento ético e atitudinal, não tendo sido realizada uma análise qualitativa aprofundada, opção decorrente do foco pré-experimental do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intervenção permitiu analisar a evolução dos participantes em quatro dimensões: conhecimentos em bioética, conhecimentos em geoética, capacidade de tomada de decisão ética e atitudes e comportamentos pró-ambientais.

Apresentam-se, na Tabela 2, os resultados dos testes sobre bioética e geoética, aplicados antes e após a intervenção educativa.

Tabela 2. Resultados de Estatística Descritiva dos Pré e Pós-testes de Bioética e Geoética.

	Bioética		Geoética	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste
média	41,2	88,8	44,7	87,5
Desvio padrão	32,76	10,25	27,13	14,83
Mínimo	0	80	0	60
Máximo	100	100	90	100

Os dados quantitativos revelam uma melhoria acentuada entre o pré-teste e o pós-teste, quer de bioética, quer de geoética. Em ambos os domínios, a pontuação média aumentou significativamente após a intervenção. No caso da bioética, após a intervenção, a classificação média atingiu 88,8 pontos percentuais, contra 41,2 antes da intervenção. Relativamente ao teste de geoética, a classificação média obtida no pós-teste foi igual a 87,5 pontos percentuais, contra 44,7 pontos percentuais no pré-teste. Este aumento no desempenho dos participantes foi igualmente acompanhado por uma redução considerável da dispersão dos resultados, o que se traduziu numa diminuição do desvio padrão em ambos os testes. O teste de Wilcoxon confirmou diferenças estatisticamente significativas, tanto no que diz respeito aos resultados obtidos no teste de bioética ($Z = -3,203$; $p = 0,001$), quanto nos de geoética ($Z = -3,239$; $p = 0,001$), sugerindo a eficácia dos recursos educativos na aquisição de conhecimentos em bioética e em geoética.

Em seguida, apresentam-se os resultados das questões não cotadas de ambos os testes. Relativamente ao teste de bioética, as questões Q4 a Q6 pre-

tendiam analisar a forma como os participantes se posicionavam relativamente a temas de âmbito bioético atuais, nomeadamente, a utilização de embriões humanos para fins de investigação científica, o uso de animais como cobaias na investigação e a utilização da inteligência artificial na tomada de decisões médicas. No pré-teste, a maioria dos adolescentes não foi capaz de tomar uma posição em relação às questões apresentadas, com 45,1% a responder: “Não sei responder/Não tenho opinião formada”. No pós-teste, apenas 9,8% dos participantes indicou a mesma resposta. Estes resultados corroboram outros trabalhos que sugerem o uso de estratégias centradas no aluno como promotoras da sua capacidade de tomar decisões face a questões sociocientíficas complexas. (Paz & Vasconcelos, 2025).

No que concerne às questões não cotadas no teste de geoética, as questões Q6 (compras sustentáveis) e Q7 (consumo de água e energia) permitiram avaliar duas dimensões distintas: (i) atitudes, ou seja, a predisposição dos participantes para agir de forma ambientalmente responsável; e (ii) comportamentos, isto é, ações concretas adotadas no quotidiano (OCDE, 2021). Nas respostas à Q6 observou-se uma melhoria nas atitudes pró-ambientais, com um aumento de 58,8% para 87,5% de respostas que revelavam preferência por escolhas sustentáveis nas compras. Esta diferença foi estatisticamente significativa ($Z = -2,236$; $p = 0,025$), indicando que a intervenção contribuiu para reforçar a consciência dos jovens sobre o impacto das decisões de consumo. Já ao nível dos comportamentos efetivos, verificou-se apenas uma subida moderada, de 41,2% para 56,3%, e sem significado estatístico ($Z = -0,707$; $p = 0,480$). Este resultado sugere que, embora os participantes tenham desenvolvido maior sensibilidade ética, a transição da intenção para a prática revelou-se menos linear. Relativamente às respostas à questão Q7, as atitudes pró-ambientais já eram muito elevadas antes do início da intervenção (82,5%), tendo aumentado ligeiramente para 93,8%, mas sem alcançar significância estatística ($Z = -1,000$; $p = 0,317$). Este padrão sugere a presença de um efeito de teto, que limitou a margem de progressão possível. Quanto aos comportamentos quotidianos associados ao consumo de água e energia, os valores foram mais baixos: apenas 35,3% referiam práticas sustentáveis antes da intervenção, aumentando para 43,8% no pós-teste ($Z = 0,378$; $p = 0,705$). Tal como observado em Q6, a evolução comportamental foi discreta, revelando a dificuldade de alterar hábitos consolidados que dependem frequentemente de condições estruturais externas, como rotinas familiares, acesso a recursos e autonomia nas decisões.

Em síntese, a intervenção teve um impacto positivo nas atitudes, mas menos expressivo nos comportamentos concretos. Esta dificuldade de transformar predisposições em hábitos consolidados encontra-se documentada por alguns autores (Khazen, et al., 2025; Kollmuss & Agyeman, 2002), possivelmente refletindo também constrangimentos externos, como contexto familiar ou condições materiais. Os dados obtidos são compatíveis com a perspetiva de Brown (2017), para quem a transformação ética em contextos não formais ocorre de forma gradual, emergindo primeiro ao nível individual antes de se materializar em ações coletivas.

Estes resultados reforçam a importância de abordagens educativas continuadas que fortaleçam o ensino de bioética (Chowning et al., 2012; Moorthy et al., 2021; Paz & Vasconcelos, 2024) e de geoética (Mendonça et al., 2025; Paz & Vasconcelos, 2021; Peppoloni & DiCapua, 2020; Ribeiro & Vasconcelos, 2024),

realçando o seu cruzamento com o alcance da sustentabilidade planetária (Biedenweg et al., 2013).

Globalmente, os resultados indicam que a educação não formal, ao articular a aprendizagem de bioética e geoética, com recurso a múltiplas estratégias centradas no aluno, funcionou como um ambiente propício ao desenvolvimento da literacia científica e cidadã. A experiência envolveu os jovens cognitivamente, emocionalmente e socialmente, alinhando-se com orientações recentes (OCDE, 2025; Singh et al., 2025) que defendem a necessidade de um ensino que promova o desenvolvimento de competências integradas de compreensão e ação alinhadas com o alcance da sustentabilidade planetária.

CONCLUSÕES

A intervenção educativa evidenciou o potencial da educação não formal para integrar conhecimentos científicos, reflexão ética e consciencialização ambiental entre jovens em contextos vulneráveis. Os participantes revelaram progressos significativos nos conhecimentos de bioética e geoética e demonstraram melhoria na capacidade de tomar decisões éticas. Observou-se ainda um reforço das atitudes pró-ambientais, embora a sua tradução em comportamentos efetivos tenha sido mais limitada. Os resultados sugerem que a articulação da bioética e da geoética em ambientes educativos não formais constitui uma estratégia relevante para promover competências científicas e cidadãs. Apesar das limitações associadas ao tamanho da amostra e à duração da intervenção, o estudo aponta para a pertinência de ampliar e adaptar estas experiências, incluindo a sua integração em contextos formais. De forma geral, os dados reforçam a importância de uma educação científica orientada para a responsabilidade ética e a sustentabilidade. Em trabalhos futuros, será pertinente desenvolver intervenções educativas de maior duração e continuidade, envolvendo a família e a comunidade, bem como replicar esta abordagem com amostras mais alargadas e diversificadas, de modo a aprofundar o potencial da integração entre a bioética e a geoética na promoção de competências científicas, éticas e cidadãs em contextos de educação não formal.

AGRADECIMENTOS

Esta investigação foi financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no âmbito: (i) da bolsa de doutoramento com a referência 2021.06518.BD; (ii) de fundos nacionais com as referências UID/04423/2025, UID/PRR/04423/2025 e LA/P/0101/2020.

REFERÊNCIAS

Biedenweg, K., Monroe, M. C., & Oxarart, A. (2013). *The importance of teaching ethics of sustainability. International Journal of Sustainability in Higher Education*, 14(1), 6–14. <https://doi.org/10.1108/14676371311288912>

- Brown, E. J. (2017). *Practitioner perspectives on learning for social change through non-formal global citizenship education*. *Education, Citizenship and Social Justice*, 13(1), 81–97. <https://doi.org/10.1177/1746197917723629>
- Chen, J., & Xiao, Y. (2021). Teaching controversial socioscientific issues in formal and informal settings. *International Journal of Science Education*, 43(12), 1954–1973. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1922179>
- Chowning, J., Griswold, J., Kovarik, D., & Collins, L. (2012). Fostering Critical Thinking, Reasoning, and Argumentation Skills through Bioethics Education. *PLoS ONE*, 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036791>.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Coutinho, C. P. (2018). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Edições Almedina.
- Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171–190. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9027-1>
- Essomba, M. À., Lleonart, P., Alfonso, L., & Bin, H. (2022). Education for Sustainable Development in Educating Cities: Towards a Transformative Approach from Informal and Non-Formal Education. *Sustainability*, 14(7), 4005. <https://doi.org/10.3390/su14074005>
- Garrecht, C., Czinczel, B., Kretschmann, M., & Reiss, M. J. (2023). ‘Should We Be Doing It, Should We Not Be Doing It, Who Could Be Harmed?’ Addressing Ethical Issues in Science Education. *Science & Education*, 32(6), 1761-1793.
- Gresch, H., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students’ competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 35, 2587 - 2607. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>
- Guralp, G., McHugh, M., & Hayes, S. (2024). Non-formal Science Education: Moving Towards More Inclusive Pedagogies for Diverse Classrooms. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 14(1), 105–142. <https://doi.org/10.26529/cepsj.1707>
- Johnson, J., & Majewska, M. (2022). Informal and non-formal science education: Emerging opportunities for citizenship learning. *Studies in Science Education*, 58(3), 239–265. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1969523>
- Khazen, M., Asli, S., Basheer, A., & Hugerat, M. (2025). The Impact of a Sustainability Education Initiative on Pre-Service Teachers: Changes in Environmental Attitudes, Willingness to Act, and Ecological Footprint. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17125621>

- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- McCrorry, A., & Reiss, M. J. (2023). *The place of ethics in science education: Implications for practice*. Bloomsbury Publishing.
- Mendonça, S., Piovesana, G., & Pissolito, V. (2025). Geoethics and Sustainability: Addressing Challenges in Environmental Education for Achieving the SDGs. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17020574>.
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (12th ed.). Pearson.
- Moorthy, K., Ramaswamy, S., & Sundram, D. (2021). Sustainable societal peace through the integration of bioethics principles and value-based education. *Sustainability*, 13(3266), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13063266>
- Neves, M., & Osswald, W. (2014). *Bioética: Uma introdução crítica*. Almedina.
- Nolan, E., & Zeidler, D. (2025). Transformational Learning for Complex Socioscientific Issues. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10264-y>.
- OECD (2021). *Embedding Values and Attitudes in Curriculum: Shaping a Better Future*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/aee2adcd-en>.
- OECD. (2025). *Education for Human Flourishing: A conceptual framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/73d7cb96-en>.
- Paz, M., Abrunhosa, M.L., Vasconcelos, C. (2021). Teaching Geoethics and Groundwater Sustainability Through a Project-Based Approach. In: Abrunhosa, M., Chambel, A., Peppoloni, S., Chaminé, H.I. (eds) *Advances in Geoethics and Groundwater Management: Theory and Practice for a Sustainable Development. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_76
- Paz, M., & Vasconcelos, C. (2024). Beyond the classroom: Empowering learners in bio and geoethics with engaging non-formal resources. *SWS International Scientific Conferences on Social Sciences – ISCSS*. <https://doi.org/10.35603/sws.iscss.2024/s08/50>
- Paz, M., & Vasconcelos, C. (2025). Scientific literacy to address sustainability: A study on deep-sea mining education with adolescents from a social care institution. *Sustainability*, 17(1), 688. <https://doi.org/10.3390/su17010688>

- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2020). Geoethics as global ethics: Implications for geoscience education. *Geoethics Forum*, 4(1), 15–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3741432>
- Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2024). Non-formal secondary students' education to develop environmental insight. *Episodes Journal of International Geoscience*, 47(4), 753–765. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2024/02404s01>
- Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2025). Earth System Science and Education: From Foundational Thoughts to Geoethical Engagement in the Anthropocene. *Geosciences*, 15(6), 224. <https://doi.org/10.3390/geosciences15060224>
- Samuelsson, L., & Lindström, N. (2022). Ethics teaching in education for sustainable development. *Athens Journal of Education*, 9(2), 211–224. <https://doi.org/10.30958/aje.9-2-2>
- Singh, N., Gilead, T., Chakraborty, A., Van Herwegen, J., Van Atteveldt, N., Borst, G., Bugden, S., Jasińska, K., Kay, J., Pugh, K., & Duraiappah, A. (2025). A new education agenda based on The International Science and Evidence Based Education Assessment. *NPJ Science of Learning*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41539-024-00288-w>
- Vasconcelos, C., & Orion, N. (2021). Earth science education as a key component of education for sustainability. *Geosciences*, 11(6), 252. <https://doi.org/10.3390/geosciences11060252>
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2017). Environmental education and ESD: A critical review. *Environmental Education Research*, 23(7), 1049–1065. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1343286>
- Wals, A.E.J., Mochizuki, Y. & Leicht, A. Critical case-studies of non-formal and community learning for sustainable development. *International Review of Education* 63, 783–792 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11159-017-9691-9>
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2023). Exploring and expanding the frontiers of socioscientific issues. In Lederman, G., Zeidler, D.L. & Lederman, J.S. (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 899-929). Routledge.

DOMÍNIO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS SOBRE A ÁGUA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 1.º CICLO

António Almeida^{1,2} & Isilda Rodrigues^{3,4}

¹*Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)*

²*EDUNOVA.ISPA – Centro de Investigação Interdisciplinar em Educação (Portugal)*

³*Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real (Portugal)*

⁴*Centro de Investigação e Intervenção Educativas (CIEE) (Portugal)*

aalmeida@esexl.ipl.pt

RESUMO

A água é um tema central no currículo escolar, exigindo que os professores dominem diferentes conceitos científicos e os adaptem à idade dos alunos. No 1.º Ciclo abordam-se, por exemplo, o ciclo da água, a distribuição da água no planeta, a água potável, a sua importância para os seres vivos e os impactos humanos na sua qualidade. Num estudo exploratório com 57 professores do 1.º Ciclo, foi administrado um questionário sobre os conceitos de aquífero, eutrofização, salinização e poluição da água. Os resultados revelaram lacunas significativas: apenas dois docentes identificaram corretamente a ideia errada sobre aquíferos presente numa imagem; apenas um conseguiu designar corretamente o fenómeno de eutrofização presente numa imagem; nenhum explicou a salinização dos aquíferos de água doce; todos indicaram fontes de poluição, mas confundiram-nas com tipos de poluição. Apesar das limitações que se reconhecem associadas ao estudo realizado, estes resultados reforçam a importância da formação contínua de professores, recorrendo a recursos digitais e não digitais sobre o tema.

Palavras-chave: Conceitos científicos sobre a água; Formação de Professores; Professores do 1.º Ciclo.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para toda a vida na Terra. Todos os organismos e ecossistemas dependem dela. É a substância mais abundante no planeta, cobrindo cerca de 70% da sua superfície e representando entre 65% e 90% da biomassa dos organismos (Dargaville & Hutmacher, 2022). Todos os seres vivos necessitam de água para sobreviver, mesmo aqueles adaptados a condições de escassez.

Em termos biológicos, a água, além de constituir a maior parte da composição corporal dos seres vivos, participa em reações bioquímicas vitais e permite o transporte de nutrientes e resíduos. Nos animais, regula a temperatura corporal e assegura o bom funcionamento dos sistemas orgânicos; nas plantas, é indispensável à fotossíntese e ao transporte de seiva. Assim, a presença de água é fundamental para a existência e manutenção da vida em todas as suas formas.

A água é também o elemento essencial de diversos ecossistemas aquáticos, como rios, lagos, pântanos e oceanos, que apresentam uma imensa biodiversidade, estando igualmente presente numa grande variedade de ecossistemas

terrestres. Alguns destes, particularmente os áridos, dependem da água subterrânea, embora esta seja crucial em todos os ecossistemas terrestres (UNESCO, 2022). De facto, as zonas húmidas e os aquíferos funcionam como filtros naturais, purificando a água e garantindo a sua qualidade, enquanto armazenam reservas que alimentam rios e solos durante os períodos de seca.

O ciclo da água, composto pelos processos de evaporação, condensação, precipitação e infiltração, é responsável pela renovação dos recursos hídricos e pela ligação entre os diferentes ambientes naturais. Além disso, as grandes massas de água, como os oceanos, contribuem para a regulação do clima, absorvendo e libertando calor, o que ajuda a equilibrar as temperaturas e a atenuar os extremos climáticos (Schmitt, 2018).

A importância da água para o ser humano é, portanto, indiscutível e estende-se às mais diversas atividades humanas. É essencial para a agricultura, sendo utilizada na irrigação e no cultivo de alimentos, e para a indústria, onde participa em inúmeros processos produtivos e na geração de energia, especialmente nas centrais hidroelétricas. Para além disso, o acesso à água potável e ao saneamento básico é determinante para a saúde pública e para o bem-estar das populações, contribuindo para a redução de doenças e para a melhoria das condições de vida. Sem água em quantidade e qualidade adequadas, o desenvolvimento económico e social torna-se inviável.

Contudo, apesar de a Terra possuir vastas quantidades de água, apenas uma pequena fração é doce e está disponível para consumo humano. Atualmente, este recurso encontra-se sob crescente pressão devido à poluição, à sobreexploração e aos efeitos das alterações climáticas, que alteram os padrões de precipitação, aumentam a frequência de secas e inundações e comprometem a estabilidade do ciclo hidrológico. De acordo com o Global Water Security and Sanitation Partnership (World Bank, 2023), 2,2 mil milhões de pessoas não têm acesso a serviços de abastecimento de água potável geridos de forma segura, 3,5 mil milhões carecem de saneamento adequado e 2 mil milhões não dispõem de serviços básicos de higiene.

Perante esta realidade, é urgente agir, pois, se o problema não for resolvido com brevidade, poderá conduzir a conflitos à escala global, nacional e regional. Investir na gestão sustentável da água traduz-se em populações mais saudáveis, economias mais resilientes e ecossistemas mais equilibrados.

Face a este cenário, a gestão sustentável da água tornou-se um dos maiores desafios do século XXI. É fundamental equilibrar o uso humano com a preservação ambiental, protegendo rios, lagos e aquíferos, e promovendo práticas responsáveis de consumo, reutilização e conservação. A água não é apenas um recurso natural: é o elo que une todos os sistemas vitais do planeta, sustentando a biodiversidade, a economia e a própria sobrevivência da humanidade. Garantir o seu uso racional e a sua preservação é, por conseguinte, essencial para assegurar um futuro sustentável às gerações vindouras.

A água e os objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Reconhecendo a importância da água, as Nações Unidas incluíram o acesso à água potável e ao saneamento como um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, concretamente o ODS 6 – Água Potável e Saneamento. Este objetivo visa “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos”, sublinhando que o acesso universal a este recurso é uma condição básica para a saúde, a dignidade e o desenvolvimento económico (Nações Unidas, s.d.).



Figura 1. O Objetivo 6 dos ODS centrado na água potável e saneamento.

No entanto, este objetivo é transversal a todos os outros, como evidencia o esquema da Figura 2 presente no Portal da Água (2022). Não se procurando ser exaustivo na enumeração desta transversalidade, opta-se por apresentar alguns exemplos.



Figura 2. O Objetivo 6 dos ODS centrado na água potável e saneamento e a sua relação com todos os outros.

A água está intimamente ligada à erradicação da pobreza (ODS 1), uma vez que as populações mais vulneráveis são as que mais sofrem com a falta de acesso a este bem essencial. Está igualmente relacionada com a saúde e o bem-estar (ODS 3), dado que a ausência de água segura e de saneamento básico está na origem de inúmeras doenças de transmissão hídrica, como a cólera e a diarreia. Além disso, a educação de qualidade (ODS 4) é também afetada, pois milhões de crianças, especialmente raparigas, deixam de frequentar a escola devido à necessidade de recolher água ou à inexistência de condições sanitárias adequadas.

No domínio económico, o uso eficiente da água é crucial para promover o trabalho digno e o crescimento económico (ODS 8), bem como para garantir padrões de produção e consumo sustentáveis (ODS 12). Sectores como a agricultura, a indústria e a energia dependem fortemente dos recursos hídricos, o que torna indispensável uma gestão sustentável e integrada das bacias hidrográficas. Paralelamente, o ODS 13, ação climática, reconhece que a água desempenha um papel central na adaptação às alterações climáticas, quer através da regulação do ciclo hidrológico, quer enquanto elemento essencial para reduzir os impactos de secas, cheias e outros fenómenos extremos.

A proteção dos ecossistemas aquáticos (ODS 14 e 15) é igualmente fundamental. Rios, lagos e zonas húmidas são reservatórios de biodiversidade e prestam serviços ecológicos vitais, como a purificação natural da água e a recarga de aquíferos.

A água é, simultaneamente, um bem comum e um direito humano fundamental, mas também um fator estratégico para a estabilidade social e económica. Sem uma gestão responsável deste recurso, será impossível alcançar os restantes objetivos da Agenda 2030. Garantir água para todos é garantir vida, equidade e sustentabilidade para o planeta.

A água como tema curricular

A água revela-se essencial em termos biológicos, ecológicos, económicos e sociais, nomeadamente em termos de saúde pública. Revela-se ainda importante em termos geopolíticos, podendo gerar cooperação ou conflitos entre países. Por isso, no contexto curricular português surge como tema relevante a abordar logo no 1.º Ciclo de escolaridade.

Neste contexto, o tema da água assume uma grande relevância, sendo frequente a abordagem do ciclo da água, ponto de partida para outros temas tão diversos como: os estados físicos em que se encontra, a sua distribuição pelo planeta, a disponibilidade de água potável, a sua importância para o ser humano e para os outros seres vivos e também o impacto das atividades humanas na sua qualidade, nomeadamente em termos das diferentes fontes de contaminação e tipos de poluição que a afetam (Direção-Geral da Educação, 2018).

A Tabela 1 sistematiza alguns dos conhecimentos que os alunos de diferentes anos de escolaridade deste ciclo devem atingir.

Tabela 1. Conhecimentos a adquirir pelos alunos sobre o tema da água (exemplificação) presentes nas Aprendizagens Essenciais para o 1.º Ciclo contemplados em três anos de escolaridade.

Ano de Esc.	Conhecimentos
2.º ano	Estabelecer a correspondência entre as mudanças de estado físico (evaporação, condensação, solidificação, fusão) e as condições que as originam, com o ciclo da água. Reconhecer a existência de bens comuns à humanidade (água, ar, solo, etc.) e a necessidade da sua preservação. Identificar problemas ambientais relacionados com a água.
3.º ano	Relacionar fatores do ambiente (ar, luz, temperatura, água, solo) com condições indispensáveis a diferentes etapas da vida das plantas e dos animais, a partir da realização de atividades experimentais. Conhecer recursos hídricos (cursos de água, oceano, lagos, lagoas, etc.) do meio local, localizando-os em plantas ou mapas de grande escala.
4.º ano	Reconhecer de que forma a atividade humana interfere no oceano (poluição, alterações nas zonas costeiras e rios, etc.).

Simultaneamente a Direção-Geral de Educação tem vindo a desenvolver um conjunto de referenciais focadas na promoção da Educação para a Cidadania, como vem referido no Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade (Câmara et al., 2018). O objetivo é que os alunos desenvolvam competências para agir de forma responsável e sustentável, compreendendo as interações entre sociedade, economia e ambiente, algo que se atinge melhor quando todos os professores contribuem dentro das suas áreas disciplinares.

Ora, no referido referencial, o Tema VII centra-se precisamente na importância da água como recurso essencial à vida, abordando o seu valor ecológico, social e económico, bem como os desafios inerentes à sua gestão sustentável. Este tema apresenta, assim, um elevado potencial interdisciplinar, uma vez que a água pode ser explorada nas mais diversas disciplinas e/ou áreas curriculares. No caso do 1.º Ciclo do ensino básico, essa abordagem pode ser desenvolvida por um único professor, dado tratar-se de um ciclo lecionado em regime de monodocência, o que facilita a integração de conteúdos e não depende da articulação entre vários docentes.

Vários conceitos relacionados com a água podem ser alvo de concepções erróneas. Como destacam Unterbruner, Hilberg e Schiffel (2016), estudos internacionais com estudantes de diferentes faixas etárias demonstram que o conceito de água subterrânea — definido como água presente em rochas porosas e permeáveis — não é uma noção plenamente interiorizada. Estima-se que tal possa ocorrer igualmente entre alguns professores. Também a distinção entre fonte de poluição e tipo de poluição é, por vezes, motivo de confusão. Por esse motivo, importa tomar como referência a diferenciação proposta por García (2004), considerada pertinente: fonte de poluição, entendida como a origem ou local de emissão da substância poluente; e tipo de poluição, correspondendo à natureza ou categoria da substância poluente.

Algumas destas ideias erradas ou incompletas podem ser induzidas por imagens presentes em manuais escolares, como salientam Martins et al. (2007). Daí que a análise de algumas imagens que muitos deles apresentam, pode ser uma via para explorar várias dessas ideias.

O presente estudo

Reconhecendo a relevância do tema da água, foi desenvolvido um estudo exploratório com professores do 1.º Ciclo do ensino básico e que o seguinte objetivo: i) avaliar o seu domínio científico relativamente a um conjunto de conceitos associados à temática da água; ii) analisar eventuais dificuldades detetadas de forma a melhor preparar os professores em futuros cursos de formação.

A escolha do 1.º Ciclo do ensino básico fundamentou-se na convicção de que a abordagem precoce deste tema é essencial para a formação de uma consciência ambiental sólida desde os primeiros anos de escolaridade. Acresce-se que, no âmbito de umas jornadas de formação contínua promovidas por uma instituição de ensino superior, não especificamente dedicadas a esta temática, se proporcionou a oportunidade de acesso a um grupo de docentes disponíveis para participar no estudo.

METODOLOGIA

No presente estudo, e para responder à finalidade expressa, foram auscultados 57 professores do 1.º Ciclo, com idades compreendidas entre os 32 e os 62 anos (média de idades 45,3) com a finalidade de verificar se se justificaria em próximos encontros formativos incluir a abordagem do tema da Água de um ponto de vista não meramente didático, mas também científico. Para tal foi delineado um questionário que continha um conjunto de perguntas abertas.

As perguntas foram selecionadas por se considerar que as respostas dadas poderiam revelar ideias menos corretas acerca de determinados conceitos científicos ou até gerar algum desconhecimento. A seleção das perguntas foi enviada a uma equipa de dois peritos com os objetivos do estudo. As perguntas foram consideradas relevantes e a sua formulação foi considerada adequada.

Na Tabela 2 apresentam-se as perguntas analisadas para o presente trabalho, com as imagens associadas a duas delas. De facto, o questionário incluía mais perguntas relacionadas com o tema em discussão, mas optou-se por não apresentar todos os resultados por limitações de extensão e de foco do presente documento, priorizando-se a análise dos dados mais significativos para os objetivos aqui delineados.

Tabela 2. Perguntas do questionário analisadas para o presente trabalho.

Nº	Teor da pergunta
1	Observe a figura e indique que ideia errada ela transmite acerca do conceito de aquífero /lençol de água? 
2	A imagem retrata um fenómeno frequente que afeta a qualidade da água. Diga o nome deste fenómeno e em que consiste. 
3	Em regiões próximas do mar pode acontecer a salinização de um aquífero. Explique por que razão pode acontecer este fenómeno devido à ação humana.
4	Indique uma fonte de poluição que considere particularmente grave.
5	Indique um tipo de poluição da água que considere particularmente grave.

Na pergunta 1, o desafio proposto foi colocar os docentes a analisar a imagem presente num manual, a qual induz a conceção errada de lençol de água como se fosse uma espécie de lago subterrâneo. No caso da pergunta 2, procurou verificar-se se o conceito de eutrofização era do conhecimento dos professores, dado que é um fenómeno que ocorre em cursos de água em Portugal. A pergunta 3 tinha como objetivo avaliar o conhecimento dos professores relativamente à possibilidade de intrusão de água do mar em aquíferos terrestres como consequência da sua sobreexploração. Por último as questões 4 e 5 tinham como objetivo avaliar a diferenciação entre fonte de poluição e tipo de poluição, distinção que se considera relevante para uma apropriação correta de conceitos relacionados com a água, tal como referido na introdução.

As respostas obtidas foram categorizadas em corretas, parcialmente corretas e incorretas, tendo-se procedido à contabilização da sua frequência absoluta e relativa. Também se analisou o teor das respostas, na procura de identificar conceções alternativas ou outras ideias que ajudam a explicar possíveis dificuldades manifestadas.

A administração do questionário foi proposta e realizada antes do início de uma sessão do curso de formação em que os professores participavam. Foram explicados os objetivos do questionário e solicitada a participação dos docentes.

Requeru-se o seu consentimento informado e assegurou-se a confidencialidade dos resultados, garantindo que as respostas não estariam associadas a qualquer endereço de email. A receptividade dos docentes foi elevada, não se registando recusas ao preenchimento do questionário.

RESULTADOS

No que se refere aos resultados obtidos, importa salientar que os docentes revelaram grandes dificuldades em identificar a ideia errónea subjacente à imagem representativa do conceito de aquífero/lençol de água, tendo apenas dois conseguido fazê-lo corretamente. Como referiu um desses docentes: “O aquífero terá de ter rochas. Sem elas, a figura dá a ideia de uma ‘zona’ só com água, o que não corresponde à realidade.” O número de docentes que não conseguiu sequer responder foi considerável, correspondendo a quase metade da amostra (27 – 47,4%). Este resultado constitui um exemplo paradigmático de como a iconografia dos manuais pode induzir em erro e de como tais imprecisões são, frequentemente, assimiladas sem o devido escrutínio científico.

Entre os docentes que não identificaram a ideia incorreta, alguns destacaram outros aspetos presentes na imagem, sendo que determinadas respostas revelam também concepções alternativas. Por exemplo, nove docentes assinalaram corretamente que a infiltração não ocorre apenas no local indicado, embora não tenham considerado que a questão se encontrava orientada especificamente para o conceito de lençol de água. Outros cinco referiram que o lençol de água não se encontra à superfície, evidenciando dificuldades em compreender que a imagem representa um corte transversal do terreno, retratando as suas características desde a superfície até determinada profundidade.

Na segunda questão, metade dos inquiridos identificou a proliferação de algas na água, mas apenas um docente nomeou corretamente o fenómeno. A resposta mais frequente foi a referência genérica à poluição, mencionada por 16 docentes (28,1%). Foram ainda registadas algumas respostas menos adequadas, embora em número reduzido, como a referência à presença de líquenes ou à evaporação. O número de docentes que respondeu “não sei” diminuiu para 16 (21,1%).

Relativamente ao processo de salinização de um aquífero, nenhum docente conseguiu explicá-lo corretamente. Alguns mencionaram ações humanas potencialmente associadas ao problema, como a construção/urbanização, a impermeabilização do solo ou a mistura de águas por ação antrópica, sem, contudo, evidenciar uma compreensão clara do fenómeno. Também nesta questão se verificou um número elevado de respostas “não sei” (24 – 42,1%).

No que diz respeito à identificação de fontes de poluição das águas, todos os docentes (57-100%) conseguiram apresentar exemplos, embora a maioria tenha referido fontes específicas em vez de categorias mais amplas de poluição. As respostas foram diversificadas, incluindo referências a indústrias, resíduos, petróleo, esgotos, entre outros. Entre os docentes que identificaram corretamente tipos de poluição apenas 13 (22,8%) o conseguiram, destacaram-se menções à poluição química, nomeadamente por metais pesados, plásticos e microplásticos, bem

como à contaminação orgânica associada a efluentes domésticos. Nesta questão apenas dois docentes responderam “não sei”.

Não foram encontrados outros estudos semelhantes ao desenvolvido, realizados com professores em exercício, relativamente a lacunas de conhecimento associadas aos conceitos analisados neste estudo. Todavia, investigações conduzidas com outras amostras evidenciam dificuldades de natureza semelhante. Por exemplo, um estudo de Arthurs & Elwonger (2018) identificou fragilidades na compreensão do conceito de lençol de água entre estudantes universitários norte-americanos. De forma análoga, Baños-González et al. (2022) observaram dificuldades em alunos do 5.º e 6.º anos de escolaridade na compreensão das causas e consequências do fenómeno de eutrofização. Assim, parece evidente a necessidade de melhorar a preparação científica dos docentes, para que possam com confiança abordar estes e outros conceitos relacionados com a água com os seus alunos.

Embora o presente estudo forneça resultados que podem ter relevância sobre o conhecimento científico dos docentes, o estudo teve várias limitações que importa assinalar. Primeiramente, foi utilizada uma amostra por conveniência, constituída por professores que participavam voluntariamente numa jornada de formação. Este tipo de grupos pode apresentar um perfil mais motivado do que a generalidade da população docente, o que limita a generalização dos resultados (validade externa) para todos os profissionais do 1.º Ciclo. Ainda assim, os resultados evidenciam lacunas científicas que importa não ignorar.

A recolha de dados sem um foco temático prévio pode ter afetado a profundidade ou o rigor das respostas obtidas, ou seja, os professores podem ter um domínio superior de alguns conceitos e não o ter manifestado face ao contexto em que o questionário foi administrado. Por último, importa reforçar a natureza exploratória da investigação. Devido às características particulares da amostra e às condições em que os dados foram recolhidos, os resultados oferecem apenas uma visão preliminar de possíveis lacunas, não podendo constituir um retrato fiel ou estatisticamente representativo do conhecimento científico de todos os professores do 1.º Ciclo nesta temática.

CONCLUSÕES

A água é um recurso essencial para a vida, e compreender o seu ciclo, a sua qualidade e os impactos das atividades humanas sobre ela é fundamental para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis. Nesse sentido, o tema da água assume um papel central no ensino formal, devendo ser abordado desde os primeiros anos do ensino básico. Ensinar conceitos relacionados com a água, desde o ciclo hidrológico até fenómenos como eutrofização, poluição e aquíferos (água subterrânea), permite aos alunos desenvolverem uma visão mais global do ambiente e da interdependência entre os recursos naturais e as atividades humanas. Além disso, o conhecimento sobre a água está diretamente ligado a objetivos globais de sustentabilidade, incluindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, tornando a sua inclusão no currículo uma necessidade educativa atual.

No entanto, o presente estudo evidencia lacunas dos professores no domínio de conceitos relacionados com a água, apesar das limitações já elencadas ao estudo realizado. Muitas vezes, estas lacunas decorrem na falta de preparação decorrente da formação inicial, que se debate com a impossibilidade de incluir todos os temas considerados relevantes. Consequentemente, as abordagens são muitas vezes limitadas e superficiais, o que no caso da água pode impedir o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda do tema em discussão.

De facto, a formação de professores generalistas no ensino básico é, por natureza, muito exigente, pois implica a aquisição de saberes em diversas áreas científicas e o domínio de práticas didáticas relevantes para o domínio de diferentes formas de ensinar. Nesse contexto, torna-se evidente a importância da formação contínua, que permite aos docentes atualizar os seus conhecimentos, refletir sobre suas práticas de ensino e incorporar novas metodologias. A formação contínua não apenas ajuda a colmatar lacunas conceituais, mas também contribui para o desenvolvimento de competências pedagógicas mais eficazes, permitindo que o professor generalista transforme conteúdos complexos sobre a água em aprendizagens significativas para os alunos.

Felizmente, a disponibilidade de recursos educativos, muitos em formato digital, oferece um suporte valioso para os professores no ensino de conceitos relacionados com a água. Plataformas online, simulações interativas, vídeos educativos e jogos pedagógicos permitem ilustrar fenómenos complexos como o ciclo hidrológico, a poluição por nutrientes e a dinâmica dos aquíferos de forma visual e prática. Dá-se o exemplo de recursos disponibilizados pela Casa das Ciências, Ciência Viva ou Águas do Tejo Atlântico. Esses e outros recursos não apenas auxiliam o professor a abordar conceitos abstratos, mas também incentivam o envolvimento ativo dos alunos, promovendo aprendizagens mais consistentes.

Em síntese, o ensino da água no contexto escolar é fundamental para a formação de cidadãos conscientes, mas enfrenta desafios significativos devido às lacunas de conhecimento dos professores e à complexidade do tema. A formação contínua, aliada ao uso de recursos educativos digitais, e outros mais tradicionais, é fundamental para que os professores generalistas consigam dominar conhecimentos sobre a água de forma sólida, estimulando nos alunos uma compreensão crítica e responsável sobre a gestão dos recursos hídricos e a proteção ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer a todos os professores que gentilmente participaram neste estudo, pela sua disponibilidade, interesse e colaboração.

REFERÊNCIAS

- Archer, Arthurs, L. A., & Elwonger, J. M. (2018). Mental models of groundwater residence: A deeper understanding of students' preconceptions as a resource for teaching and learning about groundwater and aquifers. *Journal of Astro-nomy & Earth Sciences Education*, 5(1), 53–66. <https://doi.org/10.19030/jae-se.v5i1.10192>
- Baños-González, I., Esteve-Guirao, P., Valverde-Pérez, M., & Ruiz-Navarro, A. (2022). Why has the water turned green? A problem of eutrophication in primary school. *Sustainability*, 14(20), 13651. <https://doi.org/10.3390/su142013651>
- Câmara, A. C., Proença, A., Teixeira, F., Freitas, H., Gil, H. I., Vieira, I., Ramos Pinto, J., Soares, L., Gomes, M., Gomes, M., Amaral, M. L., & Tavares de Castro, S. (2018). *Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade: Para a Educação Pré-Escolar, o Ensino Básico e o Ensino Secundário*. Ministério da Educação / Direção-Geral da Educação. <https://www.dge.mec.pt/referencial-de-educacao-ambiental-para-sustentabilidade>
- Dargaville, B. L., & Hutmacher, D. W. (2022). Water as the often neglected medium at the interface between materials and biology. *Nature Reviews Materials*, 7(11), 913–933. <https://doi.org/10.1038/s41578-022-00483-1>
- Direção-Geral da Educação. (2018). *Aprendizagens essenciais: Estudo do meio – 1.º ciclo do ensino básico*. Ministério da Educação. <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais>
- Garcia, R. (2004). Sobre a Terra: *Um guia para quem lê e escreve sobre ambiente*. Público, Comunicação Social, SA.
- Martins, I., Veiga, M. L., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R. M., Rodrigues, A., & Couceiro, F. (2007). *Educação em ciências e ensino experimental: Formação de professores*. Ministério da Educação. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Basico/Documentos/explorando_formacao_professores.pdf
- Nações Unidas. (s.d.). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://sdgs.un.org/goals>
- Portal da Água. (2022). *Portal da Água*. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://portaldagua.pt/>
- Schmitt, R. W. (2018). The ocean's role in climate. *Oceanography*, 31(2), 32–40. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.225>
- UNESCO. (2022). *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2022: Águas Subterrâneas – Tornando o Invisível Visível*. Paris: UNESCO.

Unterbruner, U., Hilberg, S., & Schiffel, I. (2016). Understanding groundwater – students' pre-conceptions and conceptual change by means of a theory-guided multimedia learning program. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 2251–2266. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2251-2016>

World Bank. (2023). *Global Water Security and Sanitation Partnership: Annual Report 2023*. World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/global-water-security-and-sanitation-partnership-annual-report-2023>

AFETIVIDADE E HABILIDADES SOCIOEMOCIONAIS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA: UM ESTUDO SOBRE SUA INTEGRAÇÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA

Consuelo de Castro Teixeira^{1,2}, Aparecida de Fátima Andrade da Silva^{2,3}

¹Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

²Programa de Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática (Brasil)

³Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

aparecida.silva@ufv.br

RESUMO

Este artigo analisa a importância da afetividade na formação inicial de professores de Ciências da Natureza, considerando a indissociabilidade entre emoção e cognição no processo educativo e sua relação com habilidades e competências socioemocionais. Trata-se de pesquisa qualitativa, desenvolvida no âmbito do Programa de Residência Pedagógica de uma universidade pública brasileira. Foram utilizados questionários e entrevistas semiestruturadas, analisados por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), além da realização de minicurso formativo voltado ao desenvolvimento intencional de habilidades socioemocionais. Os dados evidenciam reconhecimento consistente da relevância da dimensão afetiva na prática docente e da necessidade de sua inserção sistemática nos currículos de licenciatura. Conclui-se que a integração estruturada entre afetividade, habilidades socioemocionais e competências socioemocionais constitui eixo estratégico para a qualificação da formação docente.

Palavras-chave: Afetividade; Habilidades socioemocionais; Competências socioemocionais; Formação de professores.

INTRODUÇÃO

No contexto educacional contemporâneo, a afetividade assume papel estruturante na mediação entre professor e estudante, influenciando a construção do conhecimento e o desenvolvimento integral do sujeito. Compreendida como o conjunto de emoções, sentimentos e vínculos que permeiam as relações humanas, constitui dimensão indissociável dos processos cognitivos, sendo fundamental para a consolidação de ambientes de aprendizagem significativos (Wallon, 1999; Vygotsky, 1984).

Apesar do reconhecimento teórico dessa indissociabilidade, a formação inicial de professores — especialmente na área de Ciências da Natureza — ainda privilegia abordagens técnico-conceituais, relegando a segundo plano a incorporação sistemática das habilidades e competências socioemocionais nos currículos de licenciatura. Tal lacuna formativa pode repercutir na qualidade das interações pedagógicas e na efetividade das práticas de ensino (Damásio, 2010; Brackett et al., 2012).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo investigar as concepções de futuros docentes acerca da integração da afetividade e das habilidades socioemocionais na prática pedagógica, com base em dados produzidos no Programa de Residência Pedagógica de Química de uma universidade pública brasileira. Especificamente, busca-se: (1) identificar as concepções dos residentes sobre afetividade e habilidades socioemocionais; (2) compreender suas percepções acerca da implementação de minicursos formativos; e (3) analisar desafios e possibilidades da integração intencional da dimensão afetiva na docência.

Pretende-se, assim, contribuir para o aprofundamento do debate sobre a centralidade da afetividade na formação docente, compreendendo-a como eixo estruturante de um ensino científico comprometido com o desenvolvimento integral e socialmente situado dos estudantes.

Afetividade, Cognição e Competências Socioemocionais na Formação Docente

No campo da formação docente, a compreensão da articulação entre afetividade, cognição e competências socioemocionais constitui eixo estruturante para pensar os processos de ensinar e aprender em sua complexidade. O referencial teórico fundamenta-se na compreensão da indissociabilidade entre afetividade e cognição, perspectiva sustentada por contribuições clássicas e contemporâneas da psicologia e da neurociência. Wallon (1999) concebe a afetividade como elemento constitutivo do desenvolvimento humano, articulada dinamicamente às funções cognitivas e motoras. De modo convergente, Vygotsky (1984) afirma que a aprendizagem ocorre em contextos sociais permeados por emoções e interações simbólicas, sendo a mediação docente central no desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

A neurociência reforça essa compreensão. Damásio (2010) demonstra que processos cognitivos e decisórios estão intrinsecamente relacionados aos sistemas emocionais, enquanto Immordino-Yang (2016) evidencia que as emoções desempenham papel estruturante na aprendizagem significativa. Tais contribuições sustentam a necessidade de incorporar intencionalmente o desenvolvimento de habilidades e competências socioemocionais na formação inicial docente.

No campo educacional, distinguem-se habilidades socioemocionais — capacidades específicas e observáveis, como empatia, autorregulação e resolução de conflitos — de competências socioemocionais, entendidas como a mobilização integrada de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores diante de situações complexas (CASEL, 2020; OECD, 2015; Perrenoud, 1999). Assim, as habilidades compõem o repertório individual, enquanto as competências expressam a capacidade de aplicação contextualizada desses recursos.

A Base Nacional Comum Curricular (MEC, 2018) reforça essa centralidade ao incorporar competências socioemocionais entre as competências gerais da Educação Básica, orientando sua integração transversal ao percurso formativo.

Nesse sentido, a articulação entre afetividade e competências socioemocionais na licenciatura em Ciências da Natureza configura-se como exigência alinhada às diretrizes curriculares e às evidências da literatura internacional.

Panorama da produção científica sobre afetividade na formação em Ciências

O panorama da produção científica sobre afetividade na formação em Ciências revela uma produção ainda incipiente, com concentrações temáticas e lacunas que apontam para a necessidade de aprofundamento no campo. A revisão de literatura foi realizada nas bases Periódicos CAPES, SciELO e Google Acadêmico. Inicialmente delimitada aos últimos cinco anos, a busca foi ampliada para dez anos em razão da escassez de estudos específicos sobre afetividade na formação docente em Ciências da Natureza.

Os estudos selecionados foram analisados com base no método MAECC® (Mapeamento, Análise, Extração, Comparação, Consolidação e Relato), que possibilita uma revisão sistemática orientada por critérios de relevância e qualidade. Tal abordagem permite não apenas descrever a produção científica existente, mas interpretá-la criticamente, identificando lacunas e tendências investigativas.

Os resultados evidenciam fragilidades na incorporação prática da dimensão afetiva na formação inicial, especialmente no que se refere à aplicação e avaliação intencional de competências socioemocionais. Esse diagnóstico fundamenta a presente pesquisa, que busca contribuir para o fortalecimento da integração entre afetividade e formação docente em Ciências da Natureza.

METODOLOGIA

A investigação caracteriza-se como qualitativa, de natureza descritivo-interpretativa, orientada à apreensão dos sentidos e significados produzidos por licenciandos no contexto da formação inicial (Minayo, 2014; Gatti, 2002). Participaram do estudo 17 residentes do Programa de Residência Pedagógica em Ciências da Natureza, vinculados a uma universidade pública brasileira.

A produção dos dados estruturou-se em duas etapas articuladas. Na primeira, aplicou-se questionário composto por (i) caracterização sociodemográfica e (ii) escala Likert de cinco pontos (1 = discordo totalmente; 5 = concordo totalmente), elaborada a partir das categorias teóricas que fundamentam o estudo — afetividade nas relações pedagógicas, indissociabilidade entre cognição e emoção, implicações da dimensão afetiva para o rendimento escolar e inserção das competências socioemocionais na formação inicial. A construção do instrumento observou critérios de validade de conteúdo, coerência interna, clareza semântica e alinhamento entre constructos teóricos e indicadores empíricos (Gil, 2008).

Os dados quantitativos foram tratados por meio de estatística descritiva (frequências absolutas e relativas), procedimento adequado a investigações exploratórias com amostras reduzidas (Gatti, 2004), possibilitando identificar padrões de concordância, dispersões e tendências interpretativas iniciais que subsidiaram a etapa qualitativa subsequente.

Na segunda etapa, realizaram-se entrevistas semiestruturadas individuais, orientadas por dois eixos analíticos: (1) a relevância da afetividade nas práticas pedagógicas no ensino de Ciências; e (2) as possibilidades de desenvolvimento da dimensão afetiva na formação inicial docente. As entrevistas foram gravadas, transcritas integralmente e constituíram o corpus empírico submetido à análise de conteúdo, conforme sistematização de Laurence Bardin (2011). O processo analítico compreendeu as fases de pré-análise (leitura flutuante e definição de unidades de registro), exploração do material (codificação e categorização temática) e tratamento dos resultados (inferência e interpretação), assegurando rigor, sistematicidade e articulação com o referencial teórico adotado. A construção das categorias ocorreu por procedimento híbrido, combinando referenciação teórica prévia e emergência empírica.

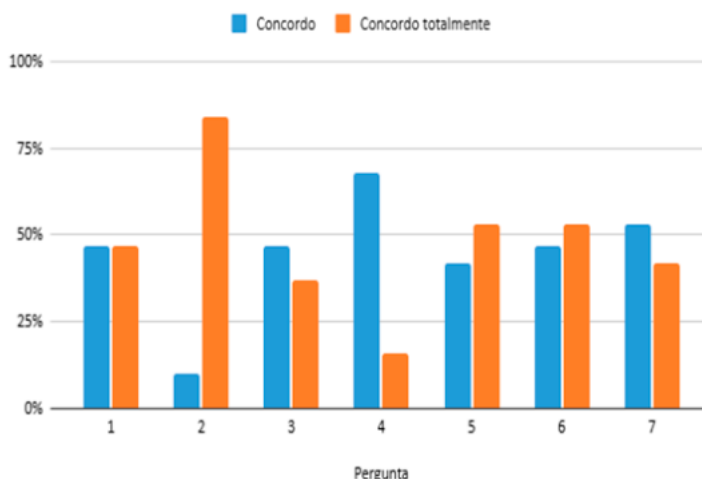
No que concerne aos aspectos éticos, a pesquisa observou os princípios estabelecidos na Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, garantindo consentimento livre e esclarecido, anonimato, confidencialidade e participação voluntária.

RESULTADOS

Na etapa inicial, os dados do questionário permitiram delinear o perfil do grupo e identificar tendências nas concepções dos residentes acerca da afetividade e das habilidades socioemocionais na docência em Ciências. As assertivas abordaram dimensões relativas à relação afetiva professor–aluno, à indissociabilidade entre cognição e emoção, à influência dos fatores afetivos no rendimento escolar e à inserção das habilidades socioemocionais na formação inicial.

A análise descritiva evidenciou elevado nível de concordância em todas as proposições. Conforme apresentado no Gráfico 1, a maioria dos participantes posicionou-se entre “concordo” e “concordo totalmente”, com maior incidência nas afirmações que relacionam afetividade ao desempenho discente e à necessidade de sua incorporação sistemática nos currículos de formação docente.

Gráfico 1. Nível de concordância dos participantes



Esses resultados indicam que os residentes reconhecem a dimensão afetiva como componente estruturante do processo de ensino-aprendizagem, revelando alinhamento entre suas concepções e os pressupostos teóricos que fundamentam o estudo.

Os achados indicam que, ainda na formação inicial, os residentes reconhecem a afetividade como dimensão constitutiva do processo de ensino-aprendizagem, evidenciando disposição para integrar competências socioemocionais à prática pedagógica. Tal posicionamento reforça a pertinência de propostas formativas que articulem cognição, emoção e interação social no âmbito da docência em Ciências.

Na etapa subsequente, realizou-se o minicurso sobre Habilidades Socioemocionais (HSE), com o propósito de aprofundar conceitualmente a temática e promover o desenvolvimento intencional dessas habilidades no contexto formativo. Após essa experiência, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas, visando analisar possíveis deslocamentos, aprofundamentos ou reconfigurações nas concepções anteriormente identificadas. Essa estratégia permitiu articular os dados quantitativos e qualitativos em consonância com o objetivo central do estudo: investigar as concepções de futuros professores de Ciências da Natureza acerca da afetividade e de sua integração às práticas pedagógicas por meio das HSE.

O minicurso organizou-se em quatro eixos temáticos

Tabela 1. Eixos temáticos do minicurso Habilidades Socioemocionais

Seminários	Tema
Seminário 1	Emoções e aprendizagem: uma aproximação
Seminário 2	Autogestão e abertura ao novo
Seminário 3	Resiliência emocional e engajamento com os outros
Seminário 4	Amabilidade

A Importância das Emoções e Competências Socioemocionais na Prática Pedagógica de Professores em Formação

A análise dos seminários evidenciou que as emoções desempenham papel central no processo de ensino-aprendizagem, impactando o engajamento e o desempenho dos estudantes. Tanto a literatura (Vygotsky, 1978; Wallon, 1971) quanto os relatos dos participantes destacaram a afetividade como elemento fundamental para a criação de vínculos de confiança, condição essencial para o envolvimento em atividades de Ciências (Calabrez, 2016).

A distinção entre emoções e sentimentos (Damásio, 2007) mostrou-se relevante para compreender a regulação emocional na prática docente, evidenciando que o manejo das próprias emoções contribui para ambientes mais harmoniosos e para a superação de situações de indisciplina (Dehaene, 2020). Historicamente, observa-se que a educação contemporânea integra dimensões afetivas como parte inseparável da prática pedagógica, reforçando a necessidade de docentes empáticos e sensíveis às demandas emocionais dos estudantes (Amado et al., 2009; Nóvoa, 2009; Weissberg, 2020).

Os seminários também destacaram a relevância das CSE na formação inicial docente. Estratégias de autogestão emocional, como *mindfulness* e auto-avaliação, mostraram-se essenciais para lidar com ansiedade e desmotivação, promovendo práticas pedagógicas mais colaborativas (Santos & Primi, 2014). A resiliência emocional foi identificada como competência crucial para enfrentar adversidades e ajustar metodologias (Dias & Del Prette, 2022; Guimarães & Lopes da Costa, 2023), enquanto a amabilidade contribui para a construção de um clima escolar inclusivo, fortalecendo relações interpessoais e ampliando o significado do aprendizado (Azevedo & Lopes, 2023; Weissberg, 2020).

De forma convergente, os relatos indicam que afetividade, empatia e CSE são dimensões indissociáveis da prática pedagógica. Sua integração na formação inicial de professores de Ciências potencializa tanto o desenvolvimento cognitivo quanto socioemocional dos alunos, confirmando que o investimento em competências emocionais e relacionais, aliado ao domínio dos conteúdos específicos, é essencial para práticas docentes inovadoras, inclusivas e transformadoras.

Para compreender as concepções de futuros professores acerca da afetividade na Educação em Ciências, foram realizadas entrevistas semiestruturadas após a experiência formativa, permitindo comparar suas respostas com dados previamente levantados. Essa abordagem buscou aproximar-se do objetivo central do estudo: investigar como os estudantes percebem a integração da dimensão afetiva às práticas pedagógicas por meio das competências socioemocionais (CSE).

Nesta questão, voltada a compreender o lugar da afetividade na Educação em Ciências, as respostas revelaram múltiplas dimensões. Uma parte significativa dos participantes reconheceu a afetividade como essencial para o ensino atual, destacando seu papel na construção de ambientes de aprendizagem mais acolhedores e no estímulo ao interesse e à participação dos alunos. Como exemplificado, um participante afirmou que “a afetividade é importante na Educação em Ciências assim como em outras disciplinas, já que o ambiente escolar é repleto de questões socioemocionais” (Aluno 5), enquanto outro destacou que ela pode ser “precursor do interesse dos discentes na matéria/conteúdo” (Aluno 2).

Além disso, emergiu a percepção da afetividade como facilitadora da relação professor-aluno, principalmente na promoção de vínculos que favorecem o engajamento e a aprendizagem. Um participante observou que “os afetos dos alunos pelo professor favorecem o processo de ensino e aprendizagem” (Aluno 3), evidenciando a importância das interações emocionais no cotidiano escolar, especialmente em contextos pós-pandemia, nos quais a carência afetiva dos estudantes se tornou mais evidente (Aluno 4). Ao mesmo tempo, surgiram reflexões sobre os

desafios e limites na implementação da afetividade, incluindo a necessidade de o professor gerenciar expectativas e evitar projeções sobre os alunos (Aluno 10; Aluno 14). Diversos participantes ressaltaram a contribuição da afetividade para a aprendizagem, compreendendo-a como base para o desenvolvimento do conhecimento e das competências dos alunos (Aluno 7; Aluno 17).

Tabela 2. Respostas da primeira questão da entrevista: “Diante da importância da afetividade nas relações pedagógicas, como você entende o lugar da afetividade na Educação em Ciências?”

Categoria	Exemplos de falas
Desenvolvimento e Importância da Afetividade no Ensino Atual	“Essencial, não só no campo da educação em Ciências, mas considerando todos os ambientes de aprendizagem...” (Aluno 1) “A afetividade é importante na Educação em Ciências assim como em outras disciplinas, já que o ambiente escolar é repleto de questões socioemocionais...” (Aluno 5)
Afetividade como Estímulo ao Interesse, Participação e Compreensão Mútua dos Alunos	“A afetividade, a construção de vínculo e das relações pode ser o caminho ou precursor do interesse dos discentes na matéria/conteúdo...” (Aluno 2) “No meu ponto de vista, a afetividade se dá quando o professor demonstra que ama o que faz...” (Aluno 8)
Afetividade como Facilitadora da Relação Professor-Aluno	“É possível perceber isso em cada turma do estágio/Pibid, os afetos dos alunos pelo professor favorecem o processo de ensino e aprendizagem...” (Aluno 3) “Diante do cenário em que vivemos, pós-pandemia, percebemos que a geração de estudantes da educação básica é uma geração carente de afeto...” (Aluno 4)
Contribuição da Afetividade para a Aprendizagem	“Ensinar Ciências não é uma tarefa fácil. Requer do professor inúmeras rotas de ensino e metodologias que possam auxiliar na aprendizagem dos alunos...” (Aluno 7) “Inicialmente, eu pensava que o afeto e as emoções estavam sim ligados ao conhecimento, sua construção e ao aprendizado em geral. No entanto, após leituras recentes, passei a enxergá-los como base constituinte...” (Aluno 17)

Nota. Fonte: As autoras

A segunda questão explorou como desenvolver a dimensão afetiva na formação inicial de professores.

As respostas indicaram três eixos principais: formação integral e interdisciplinar, articulando saberes disciplinares e socioemocionais; prática reflexiva e respeito à individualidade dos alunos, enfatizando o autoconhecimento e a reflexão crítica do professor; e críticas e desafios, apontando barreiras institucionais e culturais à incorporação da afetividade na formação docente.

A análise das respostas revela que a afetividade é compreendida não apenas como um elemento de apoio emocional, mas como componente estruturante da prática pedagógica, capaz de influenciar a motivação, o engajamento e a aprendizagem dos estudantes. Ao mesmo tempo, os participantes indicam a necessidade de estratégias formativas que promovam o desenvolvimento de competências socioemocionais, equilibrando a construção de vínculos afetivos com a manutenção de limites pedagógicos claros.

Tabela 3. Respostas da primeira questão da entrevista: “Para você, como desenvolver a dimensão afetiva da docência na formação inicial dos professores?”

Categoria	Exemplos de falas
Formação Integral	“Acredito que aprender a lidar com as emoções é tão importante quanto entender os conteúdos de Ciências.” (Aluno 1) “Seria interessante que nossa formação incluísse práticas que trabalhassem tanto o conhecimento científico quanto a capacidade de entender e lidar com os alunos.” (Aluno 12)
Prática Reflexiva	“Percebo que cada estudante aprende de uma maneira diferente, e é importante que eu reflita sobre como posso respeitar isso em minhas aulas.” (Aluno 13) “Sempre tento me questionar sobre minhas atitudes e como elas impactam a aprendizagem e o bem-estar dos alunos.” (Aluno 4)
Críticas e Desafios	“Às vezes sinto que não temos tempo suficiente para criar vínculos afetivos com todos os alunos devido à carga de conteúdo.” (Aluno 5) “Algumas escolas não valorizam a dimensão afetiva, e isso dificulta colocar em prática o que aprendemos sobre competências socioemocionais.” (Aluno 16)

Nota. Fonte: As autoras

Em síntese, os dados das entrevistas evidenciam que a integração da dimensão afetiva na formação inicial de professores de Ciências da Natureza deve ser intencional e articulada, considerando tanto a importância das relações humanas no processo de ensino-aprendizagem quanto os desafios e limitações que permeiam o contexto escolar contemporâneo. Esse entendimento reforça a relevância de abordagens formativas que considerem o afeto como parte integrante do desenvolvimento profissional docente, contribuindo para práticas pedagógicas mais sensíveis e efetivas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação evidenciou a centralidade atribuída à afetividade e às habilidades socioemocionais (HSE) pelos residentes na formação inicial, compreendidas como dimensões constitutivas do ensino-aprendizagem e passíveis de inserção sistemática nos currículos formativos. Os participantes reconhecem a articulação entre cognição e afetividade como eixo estruturante da prática pedagógica em Ciências da Natureza.

Cumpramos ressaltar que os achados expressam concepções dos futuros docentes, não permitindo inferências causais sobre impactos na aprendizagem discente. O caráter exploratório e o número reduzido de participantes igualmente delimitam o alcance das conclusões.

Como implicações formativas, destacam-se: (i) valorização da singularidade discente e de seus saberes prévios; (ii) inserção transversal e interdisciplinar das HSE na formação inicial; (iii) ênfase no desenvolvimento pessoal e profissional, com foco em autorregulação emocional, mediação de conflitos e reflexão crítica sobre a prática; (iv) articulação entre Psicologia, Pedagogia e Ensino de Ciências; e (v) acompanhamento reflexivo das demandas contemporâneas da docência.

O estudo reafirma, assim, a necessidade de conceber a formação docente para além do domínio técnico-científico, incorporando dimensões relacionais e socioemocionais como constitutivas da profissionalidade. Como agenda investigativa, recomenda-se o desenvolvimento de estudos empíricos que examinem efeitos de intervenções formativas em HSE sobre práticas pedagógicas e indicadores de engajamento e aprendizagem, ampliando a robustez da base empírica para análises de impacto.

REFERÊNCIAS

- Abed, A. L. Z. (2016). *Defesa da inclusão de práticas pedagógicas socioemocionais*. Editora ABC.
- Amado, J. M., Freire, T., & André, M. (2009). As competências socioemocionais e a formação do professor. *Educação & Sociedade*, 30(106), 297–313. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302009000100014>
- Azevedo, R. S., & Lopes, M. T. (2023). *Eficácia dos cursos online de formação em habilidades socioemocionais*. Editora Educação.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Brackett, M. A., Bailey, C. S., Hoffmann, J. D., & Simmons, D. N. (2019). RULER: A theory-driven, systemic approach to social, emotional, and academic learning. *Educational Psychologist*, 54(3), 144–161. <https://doi.org/10.1080/00461520.2019.1614447>
- Brasil. (1996). Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Brasil. (2016). *Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016*. Conselho Nacional de Saúde. Diário Oficial da União. <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>

- Câmara, A. A., Ribeiro, C. L. S., Azevedo, R. O. M., & Mendonça, A. P. (2020). Elaboração de projetos formativos por meio da metodologia da aprendizagem baseada em projetos. *Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, 6(ed. especial), e106420. <https://doi.org/10.31417/educitec.v6ied.especial.1064>
- Canettiéri, M. K., Paranaíba, J. C. B., & Santos, S. V. (2021). Habilidades socioemocionais: Da BNCC às salas de aula. *Educação & Formação*, 6(2), e2021.
- Carneiro, R. (2020). *Formação de professores e competências socioemocionais*. Editora Educação.
- Casuso-Holgado, M. J., Fernández-Cabrera, J., & Fernández-Rodríguez, M. (2020). Social and emotional learning in primary education: A systematic review. *International Journal of Educational Research*, 99, 101596. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2019.101596>
- Collaborative for Academic, Social, and Emotional Learning. (2015). *The importance of social and emotional learning*. CASEL. <https://casel.org>
- Dehaene, S. (2020). *Como aprendemos: Por que o cérebro funciona melhor do que qualquer máquina (ainda)*. Intrínseca.
- Dias, M., & Del Prette, Z. A. P. (2022). Formação inicial e habilidades socioemocionais: Capacitação para desafios educacionais. *Revista de Educação*, 28(3), 234–251.
- Dias, T. P., & Del Prette, Z. A. P. (2022). *Programa de formação para desenvolvimento socioemocional na educação infantil: Avaliação das professoras*. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 22(3), 1223–1244.
- Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., & Schellinger, K. B. (2011). The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta-analysis of school-based universal interventions. *Child Development*, 82(1), 405–432. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01564.x>
- Fonseca, V. (2016). Importância das emoções na aprendizagem: Uma abordagem neuropsicopedagógica. *Revista Psicopedagogia*, 33(102), 365–384. <https://doi.org/10.1590/0103-8486-2016-102-365>
- Freire, P. (2019). *Pedagogia da liberdade*. Instituto Paulo Freire.
- Gatti, B. A. (2002). *Formação de professores e pesquisa educacional*. Autores Associados.
- Goleman, D. (2012). *Inteligência emocional: A teoria revolucionária que redefine o que é ser inteligente*. Objetiva.
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10.

Justo, A. R., Andretta, I., & Abs, D. (2018). Treinamento de habilidades em terapia comportamental dialética como programa de desenvolvimento socioemocional para professores. *Inovações Práticas*, 3(3), 168–182.

Minayo, M. C. S. (2014). *O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde*. Hucitec.

Muto, J. H. D., & Galvani, M. D. (2023). O ensino das habilidades socioemocionais na escola: Uma revisão de literatura. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, e023156. <https://doi.org/10.21874/riaee.2023.23.156>

ATIVIDADES INTERDISCIPLINARES DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: CONTRIBUTOS DO ESTUDO DE AULA COMO PROCESSO FORMATIVO

Helena Simões¹, Sílvia Ferreira^{1,2}, Catarina Delgado^{1,3} & Fátima Mendes^{1,3}

¹In Helena Simões¹, Sílvia Ferreira^{1,2}, Catarina Delgado^{1,3} & Fátima Mendes^{1,3}

¹Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Educação (Portugal)

²UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa (Portugal)

³CIEQV, Centro de Investigação em Qualidade de Vida (Portugal)

helenasimoes@ese.ips.pt

RESUMO

Ao longo da sua formação, os futuros professores devem ser capazes de estabelecer ligações entre diferentes disciplinas e de concretizar essa relação quando planificam aulas. A investigação evidencia que o uso de práticas interdisciplinares é complexo e desafiante e o Estudo de Aula, enquanto processo de formação colaborativo, pode contribuir para a planificação, implementação e reflexão de aulas interdisciplinares. O estudo aqui apresentado pretende compreender qual o contributo do Estudo de Aula para o desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar dos futuros professores, no âmbito de um estágio em turmas do 5.º ano de escolaridade. Os dados foram recolhidos através de inquérito por questionário, observação participante e análise documental (documentos produzidos pelos estudantes) e entrevistas. Os resultados evidenciam que a participação no Estudo de Aula contribuiu para uma evolução do conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar dos futuros professores.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Estudo de Aula; Formação inicial de professores

INTRODUÇÃO

O ensino interdisciplinar é um desafio nas escolas e, consequentemente, na formação inicial dos professores. Pressupõe o estabelecimento de relações entre conteúdos de diferentes disciplinas e uma planificação detalhada de como e quando é que esses conteúdos serão explorados de forma a se estabelecerem relações significativas entre eles e que contribuam para uma aprendizagem centrada em contextos reais. Uma abordagem interdisciplinar proporciona uma compreensão mais profunda e ao longo do tempo, interrelacionando diferentes tópicos ou assuntos (OECD, 2019). Os desafios que se colocam aos professores são diversificados (e.g., Johnson & Czerniak, 2023), entre eles encontram-se a mobilização dos conhecimentos disciplinares de Ciências Naturais e de Matemática e o seu conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK) (Ríordáin et al., 2015) e das suas possíveis interseções, designado por conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar

(IPCK – Interdisciplinary Pedagogical Content knowledge) (An, 2017). Colocado na interseção do PCK de cada disciplina, o IPCK corresponde a uma visão integrada de conceitos e processos de cada disciplina e respetivas metodologias e estratégias de ensino e aprendizagem (Figura 1).

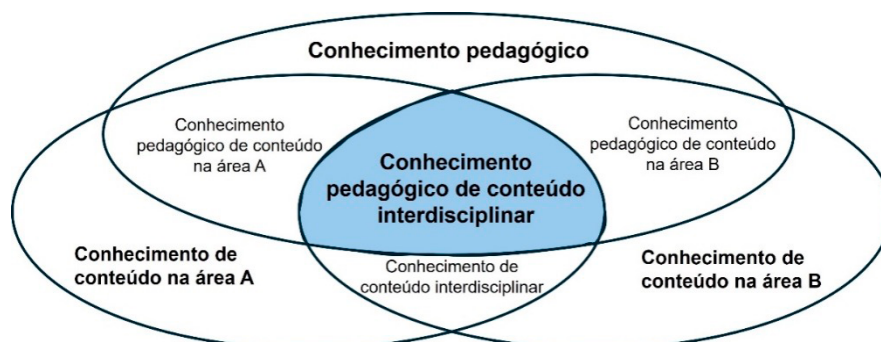


Figura 1. Representação gráfica do IPCK (Adaptado de An, 2017, p. 239)

O ensino explícito sobre o IPCK é um fator fundamental para a abordagem interdisciplinar (Johnson & Czerniak, 2023; Ríordáin et al., 2016; Weinberg & McMeeking, 2017) e, por isso, deve ser considerado na formação de professores. Neste contexto, o estudo de aula (EA), enquanto processo colaborativo e reflexivo, oferece uma oportunidade única para aprofundar a compreensão de conteúdos, pedagogia e aprendizagem dos alunos, especialmente em áreas como educação científica e matemática. Pensado inicialmente para a formação contínua dos professores, os EA têm sido utilizados na formação inicial, com resultados promissores. Por exemplo, Martins et al. (2023) envolveram futuros professores de matemática num estudo de aula e concluíram que este processo melhorou as suas estratégias de ensino, levando a uma prática mais eficaz e a uma maior compreensão de como promover o raciocínio matemático dos alunos. Kraft et al. (2024), numa extensa revisão da literatura sobre estudos de aula em programas de formação de professores de ciências, concluíram que o estudo de aula é um processo transformador que enriquece tanto o conhecimento pedagógico como o de conteúdo.

A organização do EA compreende quatro fases: i) caracterização do contexto e definição de um objetivo para o desenvolvimento da aula de investigação; ii) planeamento, ou seja, conceção colaborativa de uma aula sobre um tópico curricular específico através de várias sessões com um grupo de professores; iii) aula de investigação, que corresponde à implementação da aula planeada numa sala de aula; e iv) reflexão pós-aula, quando o grupo de professores se reúne para discutir e refletir sobre as ações dos alunos na aula de investigação, com base nas observações registadas (e.g., Murata, 2011; Tomkelski et al., 2022).

Com a presente investigação pretendeu-se compreender qual o contributo do EA para o desenvolvimento do conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar dos futuros professores. Este estudo insere-se num projeto mais amplo que envolve docentes da Escola Superior de Educação de Lisboa e da Escola Superior de Educação de Setúbal que tem como objetivo compreender as dinâmicas de

implementação, por futuros professores, de atividades interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais, no contexto de EA.

METODOLOGIA

O estudo seguiu uma metodologia qualitativa enquanto abordagem que permitiu explorar e compreender a evolução do conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar dos futuros professores, ao longo do EA. Neste sentido, os dados foram recolhidos no contexto dos participantes, a análise dos dados foi realizada de forma indutiva e os investigadores interpretaram o significado dos dados (Creswell & Creswell, 2018).

Participaram no estudo 11 estudantes (8 mulheres e 3 homens, com idades compreendidas entre os 22 e os 35 anos), que correspondem à totalidade de estudantes de uma turma do segundo ano do curso de Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais do 2.º Ciclo do Ensino Básico, da Escola Superior de Educação de Setúbal, inscritos nas unidades curriculares (UC) de «Didática de Ciências Naturais», «Didática da Matemática do 2.º Ciclo» e «Estágio no 1.º e 2.º Ciclo». As UC de Didática em ambas as áreas envolveram a exploração de diferentes estratégias para o ensino de ciências e matemática e foram utilizadas para apoiar o planeamento e a reflexão da aula de investigação, que foi implementada durante um estágio de sete semanas numa turma do 5.º ano. Os dados foram recolhidos através de inquérito por questionário, observação e recolha documental (planificações do par de estágio e reflexões escritas, com uma componente conjunta do par de estágio e uma componente individual de cada estudante) e entrevistas a quatro estudantes.

A metodologia de intervenção seguiu a estrutura do EA e os dados de observação e recolha documental foram recolhidos ao longo das quatro fases (Figura 2). O inquérito por questionário foi aplicado antes e depois da implementação do estudo de aula e pretendia avaliar o conhecimento dos estudantes, futuros professores, sobre temas e conteúdos, assim como atividades e metodologias passíveis de estabelecer a integração entre Matemática e Ciências Naturais.

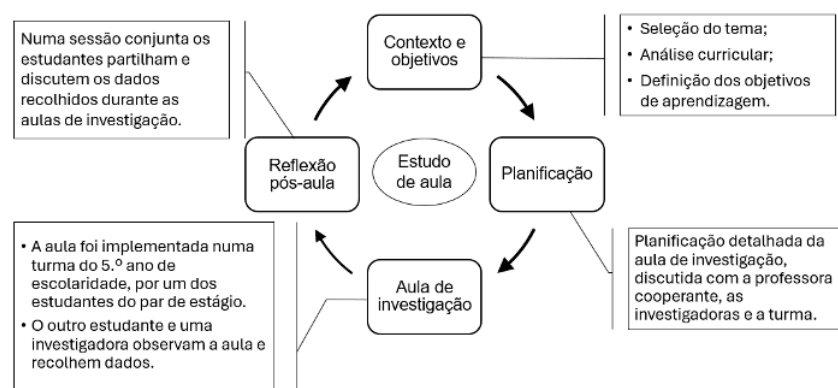


Figura 2. Ciclo do estudo de aula adotado na investigação

O ciclo de EA decorreu de 6/11/24 a 19/12/24 e incluiu seis sessões com a participação de duas docentes de Matemática e duas docentes de Ciências Naturais, autoras deste artigo e que desempenharam, simultaneamente, a função de docentes e de investigadoras: quatro sessões e respetivas tutorias de apoio à planificação; uma aula de investigação dinamizada por um dos estudantes do par de estágio; e uma sessão de reflexão pós-aula. Na totalidade ocorreram seis EA. Neste artigo apresenta-se e analisa-se o percurso de dois estudantes que estagiaram em conjunto, isto é, um EA, que se considera que melhor responderam ao desafio de planejar, implementar e refletir sobre uma aula interdisciplinar.

RESULTADOS

A fase de planificação do EA constituiu uma oportunidade para os estudantes efetuarem uma planificação de forma detalhada com discussão coletiva nas aulas conjuntas das UC de «Didática de Ciências Naturais», «Didática da Matemática do 2.º Ciclo» e sessões de tutoria. Esta discussão e partilha, com os contributos de toda a turma sobre cada proposta de planificação, foi essencial para aprofundar o conhecimento sobre o currículo e a gestão curricular das duas áreas (IPCK). O maior desafio foi a conceção da tarefa integradora, com a presença equilibrada de conceitos e processos das duas disciplinas, Matemática e Ciências Naturais, proporcionando aos alunos do 5.º ano oportunidades únicas de aprendizagem, resultantes das sinergias criadas. No total foram elaboradas seis planificações e a Tabela 1 apresenta os tópicos curriculares e a tipologia das tarefas planeadas.

Tabela 1. Síntese dos seis estudos de aula

Par de Estágio	Tópico curricular		Tarefa
	Matemática	Ciências Naturais	
E1/E6	Números na representação decimal	Materiais terrestres - Constituição e propriedades da água	Análise de dados - Rótulos de água engarrafada
E3/	Números na representação decimal	Materiais terrestres - Constituição e propriedades da água	Análise de dados - Rótulos de água engarrafada
E4/E9	Frações, números na representação decimal e percentagens	Materiais terrestres – Disponibilidade e circulação da água na Terra	Análise de dados – A água disponível no planeta Terra
E5/E10	Geometria e medida - Volume	Materiais terrestres - Propriedades do solo	Atividade experimental – A porosidade dos solos
E7/E11	Números naturais - Potências de base 10	Materiais terrestres - Propriedades do solo	Resolução de problemas – Os solos e a agricultura
E2/E8	Frações, números na representação decimal e percentagens	Materiais terrestres – Disponibilidade e circulação da água na Terra	Análise de dados – A água disponível no planeta Terra

O EA que a seguir se analisa corresponde ao par de estágio constituído pelos estudantes E1 e E6 que estagiaram numa escola do concelho de Almada, tendo na sua planificação e intervenção abordado os tópicos curriculares dos números na representação decimal e da composição e propriedades da água. A tarefa interdisciplinar proposta, intitulada “Recomendação Médica: A importância de saber ler rótulos”, partiu da análise um *concept cartoon* criado pelos estudantes e que simula, num primeiro momento, um diálogo em que um médico aconselha a sua paciente sobre as características da água que ela deve consumir, seguido por uma cena num supermercado onde a paciente, acompanhada por um amigo e uma

amiga, analisa os rótulos de diferentes garrafas de água (Figura 3). Nesta fase de apresentação da tarefa, o desafio é assim escolher a água engarrafada mais adequada.

Na elaboração da planificação os estudantes E1 e E6 identificaram explicitamente a presença das duas disciplinas, tal como evidencia o seguinte excerto (negritos das autoras):

“Num instante inicial, ao analisar o Cartoon e os rótulos disponibilizados, **são abordados diversos conceitos de Ciências Naturais**, uma vez que os alunos para além de identificarem diversos elementos presentes nos rótulos das garrafas, com os sais minerais dissolvidos na água, ainda compreendem a importância que estes podem ter para o corpo humano. Ainda nesta etapa da atividade, podemos identificar que **a Matemática se encontra presente, uma vez que as quantidades dos sais minerais são expressas em números decimais**, exigindo uma interpretação e compreensão desses números.” (Planificação E1 e E6)

A opção pela criação de um *concept cartoon* para apresentação da tarefa foi justificada pelo estudante E6, durante a entrevista, pelo seu lado lúdico e pela simulação de uma situação real que gera interesse e estimula a discussão e o pensamento crítico dos alunos. A análise do cartoon foi apoiada por um conjunto de questões, previamente definidas na planificação, que pretendia guiar os alunos da observação à análise crítica, promovendo uma leitura funcional dos rótulos. Esta preocupação é reconhecida na planificação, onde antecipam potenciais dificuldades de interpretação: “Os alunos poderão rapidamente identificar o rótulo como o “revestimento” das garrafas, mas poderão não compreender, imediatamente, a sua função ou os elementos obrigatórios que ele deve conter. [...] O professor, ao longo desta etapa, deverá fornecer exemplos concretos e guiar a discussão com perguntas direcionadas para estimular a observação” (Planificação E1 e E6). No entanto, os estudantes reconhecem que a exploração do *concept cartoon* poderia ter sido menos orientada, afirmando que: «A discussão poderia ter sido menos direcionada, incentivando uma maior participação e troca espontânea de ideias» (Reflexão E1 e E6).



Figura 3. Apresentação da tarefa - Concept Cartoon

Na fase da exploração da tarefa, os alunos trabalharam em grupo e analisaram três rótulos reais de água engarrafada, identificaram os elementos comuns e pesquisaram sobre os sais minerais presentes. As suas conclusões foram partilhadas numa discussão coletiva que terminou na elaboração de um mapa de conceitos sobre as informações disponíveis nos rótulos, integrando principalmente aprendizagens na área das Ciências Naturais. Numa fase seguinte “será então pedido aos alunos que escolham um dos rótulos disponibilizados e que ordenem as quantidades de cada sal mineral, por ordem crescente” (Planificação E1 e E6). Cada grupo comparou e ordenou os números racionais decimais de acordo com o teor de sais minerais (Figura 4) e criou uma reta numérica (Figura 5).

Na discussão final, as várias águas engarrafadas foram analisadas e comparadas e uma decisão informada foi feita pelos alunos da turma de 5.º ano em relação à escolha da água a comprar.

Na reflexão escrita elaborada em conjunto, os dois estudantes reconheceram que a abordagem interdisciplinar esteve presente ao longo da aula, como ilustra o excerto seguinte (negritos das autoras):

A interação entre Matemática e Ciências foi promovida de **forma consciente e integrada durante a aula**, sendo evidente na análise dos rótulos. Nesta etapa, os alunos aplicaram competências matemáticas para interpretar os dados numéricos apresentados, como as quantidades de cada sal mineral dissolvido, e **relacionaram essas informações** com o papel desses minerais no corpo humano. Além disso, foram desafiados a refletir sobre a escolha mais adequada de água para consumo, considerando as indicações de um médico, o que reforçou a **aplicabilidade prática** dos conhecimentos adquiridos. (Reflexão conjunta E1 e E6)

No entanto, reconhecem igualmente que a exploração dos conceitos e processos das duas disciplinas nem sempre ocorreu de forma equilibrada: “existiu interdisciplinaridade, existiu alguma naturalidade no que estávamos a fazer (...) [mas também existiu] compartimentalização” (Entrevista– E6). A escolha de dados reais foi identificada como um desafio, por um lado, face a aprendizagens específicas que se pretendiam promover e, por outro lado, face à riqueza e diversidade de informação, nem sempre enquadrada no currículo, e que exige domínio conceptual por parte do professor - “[por vezes] falta o domínio de determinados conceitos e conteúdos científicos” (Reflexão E1).

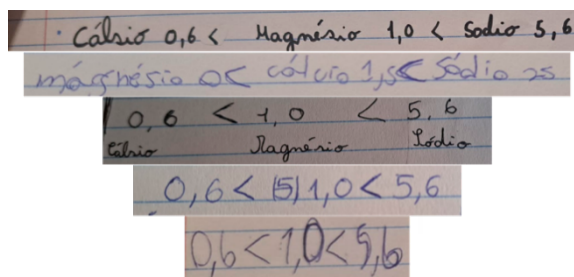


Figura 4. Ordenação dos números naturais decimais que representam o teor de sais minerais na água engarrafada

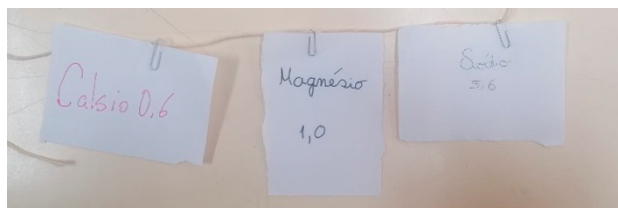


Figura 5. Exemplo de reta numérica construída por um grupo de alunos do 5.º ano

Comparando as respostas ao questionário inicial e final, o estudante E1 manifestou uma clara evolução no seu conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar, tendo o EA permitido concretizar uma atividade interdisciplinar e reconhecer alguns desafios que se colocam ao professor, tal como revela o seguinte excerto (negritos das autoras):

Contudo, enquanto futuro professor pretendo continuar a planificar aulas cujas atividades fomentem a integração entre estas duas áreas, **uma vez que permite o desenvolvimento de um saber vasto e integrado** e que os alunos desenvolvam o pensamento crítico e criativo. (Reflexão E1)

No que diz respeito ao estudante E6, evidenciou logo no questionário inicial uma visão abrangente de interdisciplinaridade, mas o EA permitiu-lhe concretizar uma atividade interdisciplinar e refletir de forma aprofundada sobre os desafios que se colocam, conforme se observa no excerto seguinte (negritos das autoras):

Esta abordagem prática facilita ainda **a perceção de que as diversas áreas do conhecimento estão interconectadas e são aplicáveis à vida real**, o que pode aumentar o envolvimento e a compreensão dos alunos. Portanto, a interdisciplinaridade não deve ser apenas uma técnica de ensino, mas uma filosofia subjacente que permeia toda a prática pedagógica, **permitindo aos alunos perceberem que o conhecimento não se restringe a compartimentos separados, mas é parte de um processo global e integrado de aprendizagem**. (Reflexão E6)

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam uma mudança do IPCK dos dois futuros professores para uma perspetiva mais abrangente sobre interdisciplinaridade. Esta evolução manifestou-se, nomeadamente, no aprofundamento do conhecimento de como integrar Ciências e Matemática (Johnson & Czerniak, 2023; Ríordáin et al., 2016; Weinberg & McMeeking, 2017) e de como levar os alunos a interligar o conhecimento destas áreas curriculares, no âmbito da planificação e implementação de tarefas interdisciplinares. Do ponto de vista das várias dimensões do IPCK (An, 2017), isto é, do conhecimento de temas integradores e conteúdos específicos e de atividades e metodologias integradoras, consideramos que a natureza colaborativa e reflexiva dos EA potencia e facilita esse processo de mudança. No entanto, das diferentes etapas do EA, os estudantes destacaram deste processo formativo a importância da reflexão sobre a aula implementada, reconhecendo-a como um momento fundamental para a consolidação de práticas interdisciplinares.

O EA permitiu a concretização de uma atividade interdisciplinar e refletir, de forma aprofundada, sobre os desafios que se colocam ao professor, nomeadamente a dificuldade de operacionalização de uma perspetiva integradora de ambas as áreas disciplinares ao longo da aula, articulando não só conceitos e processos, mas também estratégias e atividades da área da Matemática e da área das Ciências Naturais.

No que se refere às implicações destes resultados para a formação inicial de professores destacamos a necessidade de reforçar a valorização do trabalho colaborativo, inerente ao processo de estudo de aula e que ocorre em todas as suas fases, envolvendo diferentes participantes. O EA, como processo formativo, apresenta muitas potencialidades para abordagem de práticas complexas como a abordagem interdisciplinar. Sublinhamos igualmente a relevância de promover uma interdisciplinaridade entre UC na formação inicial e a sua articulação com o estágio, uma vez que se revelou fundamental para dar visibilidade às conexões interdisciplinares no plano de estudos dos estudantes.

Essas conclusões devem ser interpretadas à luz das limitações do estudo, nomeadamente o reduzido número de participantes e o foco num único ciclo de EA. No entanto, os resultados oferecem evidências relevantes sobre o potencial do EA para apoiar o desenvolvimento da IPCK na formação inicial de professores.

AGRADECIMENTOS

Esta comunicação insere-se no âmbito do Projeto InterMatCN - Estudos de aula interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais na formação inicial de professores financiado pela Escola Superior de Educação de Lisboa (IPL/ESELX/PICA_1_2024_InterMatCN). A equipa agradece aos estudantes que participaram neste estudo de aula.

REFERÊNCIAS

- An, S. A. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. *ZDM - Mathematics Education*, 49(2), 237–248. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0821-9>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (5th ed.)*. Sage Publications.
- Huntley, M. A. (1998). Design and Implementation of a framework for defining integrated mathematics and science education. *School Science and Mathematics*, 98(6), 320–327. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17427.x>

- Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary Approaches and Integrated STEM in Science Teaching. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (pp. 559–585 of chapter 18). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Kraft, T., & Hernández Rodríguez, O. (2024). Lesson study in science teacher preparation programs: a literature review. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 13(2), 116-129. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-12-2023-0181>
- Martins, M., Ponte, J.P., & Mata-Pereira, J. (2023). Learning to promote students' mathematical reasoning: Lesson study contributions in initial teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13127>
- Murata, A. (2011). Introduction: Conceptual overview of lesson study. In L. C. Hart, A. Alston & A. Murata (Eds.), *Lesson study research and practice in mathematics education* (pp.1-12). Springer.
- OECD (2019). *Knowledge for 2030*. OECD.
- Ríordáin, M. N., Johnston, J., & Walshe, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233–255. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001>
- Tomkelski, M. L., Baptista, M., & Richit, A. (2023). Physics Teachers' Learning on the Use of Multiple Representations in Lesson Study about Ohm's Law. European. *Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 427-444. <https://doi.org/10.30935/scimath/12906>
- Weinberg, A. E., & Sample McMeeking, L. B. (2017). Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration. *School Science and Mathematics*, 117(5), 204–213. <https://doi.org/10.1111/ssm.12224>

DESAFIOS DA INTEGRAÇÃO CURRICULAR ENTRE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA

Margarida Rodrigues^{1,2}, Bianor Valente^{1,2}, Paulo Maurício^{1,2} & Renata Carvalho^{1,3}

¹*Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)*

²*Centro de Estudos em Educação e Inovação (Ci&DEI) (Portugal)*

³*Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Educação e Formação (UIDEF) (Portugal)*

margaridar@esex.ipl.pt

RESUMO

Este estudo analisa os desafios associados à planificação e implementação de atividades interdisciplinares envolvendo Ciências Naturais e Matemática, em turmas de 2.º Ciclo do Ensino Básico, no contexto de Estudos de Aula que decorreram no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada numa Escola Superior de Educação. O estudo de aula, modelo colaborativo de desenvolvimento profissional, envolve planeamento, implementação e reflexão coletiva sobre uma “aula de investigação”. A metodologia qualitativa incluiu observação participante, entrevistas e recolha documental, envolvendo quatro estagiárias, cinco professoras cooperantes e quatro supervisores. Os resultados indicam que os desafios residem na definição e articulação de conteúdos, planeamento de atividades interdisciplinares, conciliação de horários e limitação de tempo, equilíbrio da participação de estagiárias e cooperantes, execução prática das tarefas e equilíbrio entre áreas disciplinares. Incidentes microdidáticos e problemas logísticos também afetaram a implementação. Estes desafios relacionam-se tanto com a metodologia do Estudo de Aula quanto com a complexidade da interdisciplinaridade procurada nas tarefas desenvolvidas.

Palavras-chave: Integração curricular, estudos de aula, Ciências Naturais, Matemática

INTRODUÇÃO

Uma abordagem interdisciplinar promove uma compreensão mais profunda e duradoura, interrelacionando diferentes tópicos ou disciplinas (OCDE, 2019). Por isso, a sua promoção na educação em Ciências Naturais e Matemática na formação de professores é essencial (Ríordáin et al., 2016). A interdisciplinaridade exige um planeamento cuidadoso de como, quando e quais os tópicos de cada disciplina devem ser explorados, para promover ligações significativas entre as áreas. Tal como referem Pombo et al. (1993), implica “alguma reorganização do processo de ensino/aprendizagem” pressupondo, na pluridocência, “um trabalho continuado de cooperação dos professores envolvidos” (p. 13). Assim, importa investigar as condições que dificultam a interdisciplinaridade, como por exemplo a rigidez dos currículos ou a escassez de tempo para o planeamento colaborativo (Johnson & Czerniak, 2023; Ríordáin et al., 2016). Segundo Tytler et al. (2021), numa abordagem interdisciplinar entre Ciências Naturais e Matemática, os fenómenos são explorados em contextos autênticos, com recurso frequente a práticas de modelação, e as duas disciplinas reforçam-se mutuamente, de modo a que o desenvolvimento

de ideias numa delas leve a questões que guiam e informam a aprendizagem na outra. As práticas de modelação, que envolvem a construção, uso e refinamento de representações matemáticas de fenómenos naturais (equações, gráficos, diagramas, simulações), facilitam a interdisciplinaridade porque permitem que a matemática seja mobilizada não apenas como ferramenta de cálculo, mas como linguagem para descrever, explicar e prever comportamentos científicos. Tytler et al. (2021) consideraram facilitador do desenho interdisciplinar partirem dos conceitos de Ciências Naturais, incorporando depois os conceitos matemáticos.

O trabalho interdisciplinar em Ciências Naturais e Matemática envolve a mobilização de conhecimentos disciplinares de, pelo menos, estas duas áreas disciplinares e depende do conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK, na sigla em inglês) dos professores de cada disciplina (Ríordáin et al., 2016) e das suas possíveis interseções, expresso pelo conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar (IPCK, na sigla em inglês) (An, 2017).

Este estudo pretende analisar os principais desafios que emergiram no desenvolvimento de dois Estudos de Aula centrados na planificação e implementação de atividades interdisciplinares envolvendo Ciências Naturais e Matemática, em turmas de 2.º Ciclo do Ensino Básico, no contexto da Prática de Ensino Supervisionada numa Escola Superior de Educação. Acresce que as estagiárias envolvidas neste estudo frequentavam um Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico, profissionalizando-se precisamente nestas duas áreas disciplinares no 2.º ciclo. O estudo faz parte de um projeto mais amplo, com início em 2024 e duração de dois anos, que visa compreender as dinâmicas de implementação, por futuros professores, de atividades interdisciplinares em Ciências Naturais e Matemática, no contexto de Estudos de Aula.

Estudo de Aula

O Estudo de Aula (EA) é um modelo colaborativo e reflexivo de desenvolvimento profissional de professores, com origem no Japão, no qual vários docentes se envolvem num processo que inclui a planificação detalhada, a implementação e a análise/reflexão de uma aula designada “aula de investigação” (Fernandez, 2002; Fujii, 2014; Lewis et al., 2006; Murata et al., 2012).

O EA desenrola-se através de uma sequência de etapas distintas (Figura 1). Inicialmente os participantes selecionam um tópico ou objetivo curricular, que se torna o foco da aula de investigação. Seguidamente, a segunda etapa envolve o planeamento minucioso dessa aula, tirando partido do conhecimento e da experiência de todos os participantes, num ambiente colaborativo. Esta fase de planeamento inclui a tarefa de determinar que aspetos das atividades e que dificuldades dos alunos deverão ser observados, em estreita ligação com o tópico ou objetivo curricular previamente definido. vírgula.

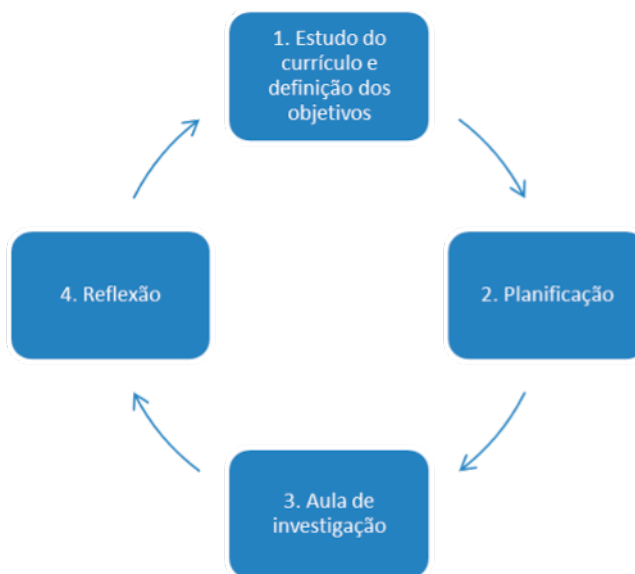


Figura 1. O ciclo do Estudo de Aula. Adaptado de Lewis et al. (2006).

A terceira etapa abrange a implementação efetiva da “aula de investigação” por um dos participantes. Em simultâneo, os restantes participantes assumem o papel de observadores, focando-se no trabalho e nas dificuldades dos alunos e recolhendo dados de forma sistemática com recurso a instrumentos previamente definidos. Após a aula de investigação, a quarta etapa consiste numa discussão colaborativa e reflexiva centrada na aula realizada. Os participantes refletem sobre os objetivos previamente estabelecidos e os dados recolhidos sobre as aprendizagens dos alunos. Esta fase pode assinalar a conclusão do EA para o grupo e tópico em questão, particularmente na maioria dos modelos não japoneses de EA. Em alternativa, pode marcar o início de um novo ciclo, no qual a preparação e implementação de uma nova “aula de investigação” integram os conhecimentos e as perceções obtidos no ciclo anterior (Lewis et al., 2006).

METODOLOGIA

O estudo adotou uma metodologia qualitativa de natureza interpretativa (Hesse-Biber & Leavy, 2011), em que os dados foram recolhidos através de observação participante, entrevistas e recolha documental (documentos como planificações e reflexões). Foram realizados dois Estudos de Aula (EA) em duas escolas públicas nas regiões de Lisboa (Escola L) e Setúbal (Escola S), durante a prática de ensino supervisionada no 2.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) de uma Escola Superior de Educação.

Os participantes foram quatro estagiárias, cinco professoras cooperantes (3 na Escola S e duas na L) e quatro supervisores institucionais (um da área de Matemática e outro da área das Ciências Naturais em cada escola), autores do presente estudo.

Cada EA (Figura 2) incluiu sete sessões: cinco sessões de planificação

onde se definiu o objetivo da aula de investigação, se construíram tarefas e se anteciparam resoluções dos alunos e ações docentes, uma aula de investigação e uma sessão de reflexão.

Mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB

Estudo de Aula da Escola S A matemática das hemácias	Estudo de Aula da Escola L Função de filtração do rim e proporcionalidade direta
2 supervisoras 2 estagiárias 3 professoras cooperantes	2 supervisores 2 estagiárias 2 cooperantes
	
	
7 sessões 3h zoom 5 sessões de planificação 1 aula de investigação 1 sessão reflexão pós aula	

Figura 2. Estudos de Aula realizados.

No caso da Escola S cada sessão teve a duração de três horas, enquanto na Escola L as sessões de planificação e de reflexão foram divididas em dois momentos de 1h30, de acordo com a disponibilidade das professoras cooperantes. Em ambas as escolas estas sessões foram realizadas online através da plataforma Zoom/Colibri, à exceção das aulas de investigação. A aula de investigação teve a duração de dois tempos letivos (100 +50 min) na Escola S e de quatro tempos letivos (4x45 minutos) na Escola L. A aula foi dinamizada pelas duas estagiárias na Escola S e, devido a questões de saúde de uma das estagiárias, por uma estagiária e uma professora cooperante na Escola L. Os restantes participantes em cada EA realizaram observações sobre as atividades dos alunos durante as aulas de investigação, de acordo com o que foi previamente definido.

Dado o objetivo do projeto em que este estudo se insere, a questão curricular a ser abordada em ambos os EA foi a realização de aulas interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais. Os diferentes contextos escolares levaram os participantes a decidirem como temas integradores, a matemática das hemácias na Escola S e a função de filtração do rim e proporcionalidade direta na Escola L. A aula de investigação da Escola S teve como objetivo justificar a relação entre a forma das hemácias e a sua função, utilizando a Matemática (uso de paralelepípedos, construídos com cubos de encaixe, como modelos das hemácias) para explicar como a sua forma achatada maximiza a área de superfície, favorecendo a troca de gases. Na Escola L o objetivo da aula de investigação foi, através da simulação da filtração do sangue, compreender a formação da urina e o seu papel na função excretora humana, e reconhecer que não existe proporcionalidade direta entre a quantidade de água ingerida e o tempo de filtração do sangue pelos rins.

Para atingir o objetivo do estudo foram analisadas as reflexões escritas de todos os participantes (estagiárias, professoras cooperantes e supervisores), bem

como as entrevistas realizadas às estagiárias e professoras cooperantes. Os dados foram organizados e codificados de acordo com a seguinte convenção: o código (ES1, E) identifica a entrevista de uma estagiária da Escola de Setúbal, o código (CS2, E) identifica a entrevista de uma professora cooperante da Escola de Setúbal, enquanto o código (SL1, R) corresponde à reflexão de um supervisor da Escola de Lisboa. A análise de conteúdo (Bardin, 1977) foi adotada como método de tratamento dos dados, permitindo identificar, sistematicamente, os desafios relacionados com a planificação e a implementação das atividades interdisciplinares. Este procedimento possibilitou compreender tanto as dificuldades organizacionais e pedagógicas enfrentadas pelos participantes quanto as especificidades do trabalho colaborativo no contexto dos EA.

RESULTADOS

A análise das reflexões dos participantes e das entrevistas às professoras cooperantes e estagiárias, nos dois EA, centrou-se na recolha de evidências sobre os desafios associados à gestão e ao planeamento curricular, assim como à implementação das atividades interdisciplinares.

Desafios ao nível da gestão e do planeamento curricular

Definição e articulação dos conteúdos

A definição do objetivo da aula de investigação, em ambos os EA, mostrou ser o primeiro desafio enfrentado pelos participantes. Pretendia-se escolher um par de conteúdos, um de Ciências Naturais e outro de Matemática, que fizesse sentido curricular, fosse exequível à luz da planificação a médio prazo já realizada pelas professoras cooperantes nas Escolas L e S, e que gerasse ganhos de aprendizagem em ambas as áreas. Entre cooperantes, estagiárias e supervisores existiu um vaivém de hipóteses, com revisões sucessivas à medida que se antecipavam estratégias dos alunos e se calibravam objetivos. Como referiu uma cooperante na Escola L, “o primeiro grande desafio foi encontrar dois conteúdos [...] que desse para relacionar de acordo com a nossa planificação” (CL2, E). Do ponto de vista de uma das supervisoras, o próprio currículo não é facilitador de uma interdisciplinaridade entre Ciências Naturais e Matemática, pelo que se constitui como um dos maiores desafios enfrentados: “Por fim, continuo a achar que um desafio grande é o próprio currículo. Ele pede para que a articulação seja feita, mas a verdade é que a sua elaboração não foi realizada com base nesse pressuposto” (SS1, R).

Planeamento de atividades interdisciplinares

O planeamento de atividades que se adequassem às planificações prévias das professoras cooperantes em cada escola e que dessem resposta às exigências científica e didática de cada uma das áreas, num ambiente de verdadeira interdisciplinaridade, foi uma preocupação, mas também um desafio, evidenciado pelos participantes. Na Escola S, onde a temática escolhida foi a matemática das hemácias, a reflexão de uma das supervisoras evidencia este desafio:

O maior desafio foi encontrar tópicos matemáticos que de facto contribuíssem para o aprofundamento da compreensão das células, numa perspectiva de enquadrar a atividade interdisciplinar no projeto que se iria iniciar na turma, abordando os tópicos previstos para essa altura do ano letivo. Inicialmente, pensámos em explorar polígonos e o círculo, incidindo no seu perímetro e área, encarando a figura 2D [projeção bidimensional da célula] como se fosse uma das vistas da célula animal. Foi então explorada a variação da área, mantendo o perímetro, sendo que é o círculo o que tem a maior área. Essa ideia foi abandonada pois não captava o importante relativamente à razão entre volume e área de superfície” (SS2, R)

Na Escola L o tema escolhido, “Função de filtração do rim e proporcionalidade direta”, revelou fragilidades à luz de pesquisa adicional, levando o grupo a questionar se a relação de proporcionalidade direta poderia ser legitimamente sustentada a partir do fenómeno em análise. Essa dúvida reforçou a necessidade de ensaiar previamente a tarefa, “como se fossem alunos”, de modo a testar a sua coerência e viabilidade logística antes da aula. Esta foi uma preocupação evidenciada na reflexão de uma das supervisoras:

O primeiro desafio surge com a discussão da adequação da atividade interdisciplinar, sendo que a ideia de simular a filtração do sangue sempre esteve presente. Analisaram-se várias possibilidades até se chegar a uma atividade experimental, a desenvolver pelos alunos, desencadeada por uma questão problema. Contudo, era essencial perceber como isto se poderia fazer com os alunos e que resultados se poderiam obter de modo a apoiar a exploração do conceito de proporcionalidade direta. Fiz algumas pesquisas e comecei a perceber que o processo de filtração do sangue não era diretamente proporcional como se conjecturava [...] insisti [...] em colocar [a atividade] em prática como se fossem alunos (SL1, R).

Condições organizacionais e gestão do tempo

Na escola L emergiram ainda desafios de natureza organizacional. A necessidade de conciliar horários e disponibilidades levou a que as sessões de planificação se realizassem em blocos de 1h30, o que foi considerado insuficiente face à complexidade das decisões a tomar. A fragmentação do trabalho e a limitação temporal interromperam raciocínios e dificultaram o aprofundamento da discussão entre participantes: “O facto de as reuniões de trabalho serem de 1h30 e não de 3h, por exemplo, quebrou raciocínios e momentos de discussão que deveriam de ter sido mais prolongados.” (SL1, R).

Participação das estagiárias no processo de planeamento

O EA foi vivido como trabalho colaborativo que espelha a natureza da profissão docente e sustenta qualidade nas tarefas interdisciplinares. Contudo, a distribuição de papéis e o grau de participação das estagiárias no grupo revelou-se um desafio adicional. As professoras cooperantes assumiram frequentemente um papel predominante, o que limitou a autonomia e o envolvimento das estagiárias na etapa de planeamento das atividades. Essa percepção foi partilhada por diferentes

participantes. Uma cooperante da Escola S referiu que “nós é que o estávamos a fazer, e elas só estavam a acompanhar” (CS3, E), observação corroborada por uma supervisora da mesma escola: “Verificou-se uma elevada participação das cooperantes [...] o que acabou por provocar uma menor participação das estagiárias” (SS2, R).

Desafios ao nível da implementação de atividades interdisciplinares

Tempo e condições para a execução

Na passagem da intenção à prática, o grau de interdisciplinaridade alcançado variou entre contextos, mas em ambos se destacou a morosidade e as limitações temporais. A decisão de realizar a aula de investigação em dois tempos consecutivos, embora vantajosa para o desenvolvimento da atividade, levantou questões quanto à sua replicabilidade em contextos reais de ensino. Como referiu um dos supervisores da Escola L:

Outro fator foi a mudança da aula de investigação de um período normal de aulas para dois tempos consecutivos. Sendo bom para a aula de investigação parece-me menos bom para avaliar a replicação deste processo. (...) O tempo. A decisão de fazer a Aula de Investigação em 2 tempos consecutivos mostrou muito boa vontade e disponibilidade das cooperantes, mas mostrou que lutávamos contra um fator muito difícil de contornar se queremos trabalhar a interdisciplinaridade com 1 ciclo investigativo de EA. Foi aliás o tempo de destilação inesperadamente imprevisto que levou a que a Matemática não fosse devidamente trabalhada. (SL2, R)

Equilíbrio entre áreas disciplinares

Na Escola L, a concretização da tarefa ficou aquém das expectativas iniciais, uma vez que a Matemática acabou por assumir um papel instrumental face às Ciências Naturais. A ideia de proporcionalidade, prevista como conceito central, não ganhou a visibilidade conceptual desejada na discussão final. Como sintetizou uma das cooperantes, “acabámos por ficar [...] com uma atividade de Ciências em que a Matemática ajudou a alcançar os objetivos” (CL1, E).

Na Escola S, a integração foi mais equilibrada, embora tenham surgido momentos em que os cálculos matemáticos ganharam protagonismo, exigindo um esforço consciente para recentrar o foco nas Ciências Naturais (forma e função das hemácias) para não se perder onexo científico da tarefa: “a Matemática acabou por sobressair um pouco mais devido aos cálculos que tinham de realizar e [houve] necessidade de relembrar os alunos que estávamos a focar [...] nas hemácias e que o sólido representava as hemácias” (ES1, E).

Incidentes microdidáticos

Parte do desvio entre o planeado e o implementado, na Escola L, resultou de incidentes microdidáticos que alteram o desenrolar da aula. A leitura antecipada do protocolo por um aluno, que virou a página antes do tempo, e a exposição

precoce de resultados no quadro anularam momentos de previsão pensados para desencadear raciocínios e a atribuição de funções aos materiais de laboratórios. Como registou uma das estagiárias: “Como os dados já se encontravam visíveis no quadro, a atividade de antecipação perdeu o seu potencial pedagógico” (EL1, R).

Condições logísticas e gestão da aula

Na Escola S surgiram ainda desafios de natureza logística e pedagógica. Problemas técnicos, como a impossibilidade de apresentar um vídeo previsto, comprometeram a fluidez da sequência, como referiu uma das cooperantes: “Depois foi os problemas técnicos que poderiam não ter surgido e se calhar havia coisas que eles poderiam ter passado, como o vídeo que ajudaria depois.” (CS2, E). A gestão simultânea de vários grupos de trabalho através do questionamento, sem “dar a resposta”, foi igualmente sentida como exigente, sobretudo quando realizada por uma única docente. A presença de várias professoras e estagiárias mitigou, mas não anulou, a pressão: “só para uma pessoa aplicar uma atividade daquelas [...] seria uma grande dificuldade” (EL2, E).

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a integração efetiva entre Ciências Naturais e Matemática depende de decisões tomadas logo na planificação. Escolher um par de conteúdos coerente e exequível é determinante para que a interdisciplinaridade se mantenha visível na aula (Johnson & Czerniak, 2023). Tal como no estudo de Tytler (2021), o desenho interdisciplinar realizou-se a partir dos tópicos das Ciências Naturais, incorporando depois os conceitos matemáticos que pudessem informar e aprofundar as Ciências Naturais. Quando o conceito matemático essencial para estabelecer a articulação entre as áreas não é previamente trabalhado ou consolidado com a turma, como aconteceu com a proporcionalidade direta na Escola L, a componente matemática tende a assumir um papel sobretudo instrumental, perdendo densidade conceptual na discussão final. Ensaiar previamente a tarefa, em modo aluno, por parte dos professores, permitiu testar a solidez da articulação e afinar aspetos logísticos, reduzindo o risco de a Matemática servir apenas para “fazer contas”.

A qualidade do desenho interdisciplinar foi potenciada pelo ambiente colaborativo das sessões dos EA (Fujii, 2014; Pombo et al., 1993; Ríordáin et al., 2016), revelando-se também sensível às condições de trabalho. Blocos de planificação do EA curtos e fragmentados dificultam raciocínios prolongados e atrasam decisões finais. Tal como sustentado por Ríordáin et al. (2016), será importante garantir tempos comuns de trabalho para os professores planificarem em conjunto e discutirem as aprendizagens dos alunos. A distribuição de participação nas equipas deve garantir a agência das estagiárias desde o início, sob pena de a autoria ficar concentrada nas cooperantes e se perder potencial formativo para as futuras professoras. Em sala, pequenos episódios têm grande impacto na aprendizagem. A leitura antecipada do protocolo e a colocação precoce de dados no quadro anulam momentos de previsão que alimentam o ciclo previsão, teste e discussão. A entrega faseada de materiais e resultados preserva essa sequência e sustenta e incentiva o raciocínio dos alunos.

As condições logísticas e a condução didática da aula influenciam o equilíbrio entre áreas. Os EA evidenciaram o risco de os cálculos ocuparem o centro da aula e o fenómeno científico se diluir. Esta tensão ficou patente nas diferenças entre contextos. Na Escola L, a Matemática foi sobretudo instrumento para atingir objetivos de Ciências Naturais. Na Escola S, a integração manteve-se elevada, apesar de existirem momentos em que os cálculos ganharam protagonismo e foi necessário recentrar nas hemácias, na relação entre a forma bicôncava e a eficiência das trocas gasosas, para não perder o nexo científico.

A comparação entre os dois contextos ilustra estas condições em ação. Na Escola L, a ausência de consolidação prévia da proporcionalidade direta levou a que a Matemática assumisse um papel instrumental, resultando numa “atividade de Ciências em que a Matemática ajudou a alcançar os objetivos” (CL1, E). Por contraste, na Escola S, onde a relação superfície/volume foi mobilizada como conceito articulador, a integração manteve-se mais equilibrada, ainda que tenha sido necessário “relembrar os alunos que estávamos a focar [...] nas hemácias” (ES1, E) para preservar o nexo científico. As diferenças entre sessões do EA de três horas (Escola S) e sessões fragmentadas de uma hora e meia (Escola L) e entre a entrega faseada de materiais e a exposição precoce de dados no quadro tiveram impacto direto na qualidade da interdisciplinaridade alcançada.

Em síntese, a análise dos dois EA permite identificar as condições que sustentam a interdisciplinaridade efetiva entre Ciências Naturais e Matemática. A preparação conceptual prévia do conceito-ponte (o tópico que fundamenta a articulação), revelou-se determinante: o contraste entre a proporcionalidade direta não consolidada na Escola L e a relação superfície/volume trabalhada na Escola S mostra que, sem essa base, a Matemática assume papel meramente instrumental. As tarefas devem convocar a matemática como linguagem de modelação (Tytler et al., 2021) e não apenas de cálculo, tal como exemplificado pelo uso de paralelepípedos para explicar a eficiência das trocas gasosas na Escola S. Os tempos de planificação também se mostraram decisivos: a fragmentação das sessões em blocos de uma hora e meia na Escola L, comparada com sessões de três horas na Escola S, condicionou a profundidade das decisões didáticas. Por fim, a gestão cuidada de recursos e papéis, desde a distribuição equitativa de agência no planeamento até à entrega faseada de materiais em sala, influenciou diretamente a qualidade da integração. Nestas condições, como se verificou de forma mais consistente na Escola S, a Matemática explica e enriquece as Ciências Naturais, e as aprendizagens ganham profundidade e transferibilidade para além do caso observado.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi apoiado pela Escola Superior de Educação de Lisboa, através do Projeto InterMatCN - Estudos de Aula interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais na formação inicial de professores (Projeto ESELX/IPL-CIED/PICA/2023/A04).

REFERÊNCIAS

- An, S. A. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. *ZDM - Mathematics Education*, 49(2), 237–248. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0821-9>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Fernandez, C. (2002). Learning from Japanese approaches to professional development: The case of lesson study. *Journal of Teacher Education*, 53(5), 393–405. <https://doi.org/10.1177/002248702237394>
- Fujii, T. (2014). Implementing Japanese Lesson Study in Foreign Countries : Misconceptions Revealed. *The Mathematics Teacher Education and Development Journal*, 16(1), 65–83. file:///Users/akiko/Desktop/Murata_2014_LessonStudy.pdf
- Fujii, T. (2018). Lesson study and teaching mathematics through problem solving: The two wheels of a cart. In M. Quaresma, C. Winsløw, S. Clivaz, J. P. Ponte, N. Shuilleabhain, & A. Takahashi (Eds), *Mathematics Lesson Study Around the World* (pp. 1-21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75696-7_1
- Hesse-Biber, S. N., & Leavy, P. (2011). *The practice of qualitative research* (2nd ed.). Sage.
- Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary Approaches an Integrated STEM in Science Teaching. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (Vol. 3, pp. 559–585). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Lewis, C., Perry, R., & Murata, A. (2006). How Should Research Contribute to Instructional Improvement? The Case of Lesson Study. *Educational Researcher*, 35(3), 3–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X035003003>
- Murata, A., Bofferding, L., Pothen, B. E., Taylor, M. W., & Wischnia, S. (2012). Making connections among student learning, content, and teaching: Teacher talk paths in elementary mathematics lesson study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(5), 616–650. <https://doi.org/10.5951/jresemathe-duc.43.5.0616>
- OCDE. (2019). Knowledge for 2030: *Concept note*. www.oecd.org/education/2030-project
- Pombo, O., Levy, T., & Guimarães, H. (1993). *A interdisciplinaridade: Reflexão e Experiência*. Texto.

Ríordáin, M. N., Johnston, J., & Walshe, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233–255. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001>

Tytler, R., Mulligan, J., Prain, V., White, P., Xu, L., Kirk, M., Nielsen, C., & Speldewinde, C. (2021). An interdisciplinary approach to primary school mathematics and science learning. *International Journal of Science Education*, 43, 1926–1949. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1946727>

FORMAÇÃO DE PROFESSORES E PRÁTICAS INOVADORAS EM CIÊNCIAS: A ABORDAGEM STEAM EM UMA ESCOLA PÚBLICA BILÍNGUE

**Rafael Mendonça Mattos^{1,2,3}, Mariana de Sousa Rodrigues²,
Viktória Rafaelle Bezerra Sousa², Melissa Ramos Acácio²,
Raquel Santos^{1,3}, Marisa Correia^{1,3} & Ana Lúcia Cunha Duarte^{2,3}**

¹Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém (Portugal)

²Universidade Estadual do Maranhão (Brasil)

³Centro de Investigação em Qualidade de Vida – CIEQV (Portugal)

mattos.morais@hotmail.com

RESUMO

A abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) tem contribuído para práticas pedagógicas interdisciplinares que favorecem a aprendizagem criativa por meio da experimentação, da investigação e da resolução de problemas. Este estudo, recorte de uma tese de doutoramento, deriva de um projeto de extensão universitário aprovado no edital *Extensão para Todos*, destinado a docentes da Universidade Estadual do Maranhão - Brasil, e analisa como essa abordagem pode orientar práticas inovadoras em uma escola pública bilíngue de tempo integral, no Maranhão - Brasil. Metodologicamente, o trabalho apoia-se em observações de aulas, aplicação de questionários e realização de oficinas formativas com professores, integradas a um projeto de extensão estruturado na Aprendizagem Baseada em Projetos. Os resultados evidenciam avanços na integração curricular de Ciências, fortalecimento do protagonismo discente e ampliação das práticas investigativas. Conclui-se que a abordagem STEAM, articulada à formação docente, constitui um caminho promissor para a inovação curricular nos anos iniciais da educação básica.

Palavras-chave: STEAM; Formação de Professores; Ensino de Ciências; Interdisciplinaridade;

1 INTRODUÇÃO

A integração entre diferentes áreas do conhecimento tem assumido papel central nos debates contemporâneos sobre inovação educativa, especialmente no ensino fundamental, etapa marcada pelo desenvolvimento de competências cognitivas, científicas e socioemocionais essenciais para a formação integral dos estudantes. Nesse cenário, a abordagem STEAM destaca-se como uma possibilidade de reorganização curricular ao integrar Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática em experiências de aprendizagem investigativas, criativas e contextualizadas. Segundo Bacich e Holanda (2020), esse enfoque estimula experiências integradas, nas quais os estudantes investigam, experimentam, constroem e aplicam conhecimentos de diferentes áreas de maneira articulada. Resultados semelhantes

são defendidos por Lorenzin, Assumpção e Rabello (2016) ao destacarem que a integração entre áreas favorece uma abordagem mais significativa dos conceitos científicos, pois a proposta STEAM viabiliza a elaboração de produtos e explicações que materializam a articulação entre ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática.

A abordagem STEAM representa, nesse sentido, um avanço em relação a esforços internacionais voltados à integração de conhecimentos científicos, tecnológicos e artísticos por meio de experiências investigativas e criativas que ultrapassam fronteiras disciplinares. Custódio e Rosa (2024) afirmam que o STEAM favorece uma aprendizagem significativa e colaborativa, ao valorizar a criatividade, a investigação e a inovação como elementos centrais do desenvolvimento dos estudantes. As autoras acrescentam que os projetos em STEAM precisam ser concebidos de forma integrada e contextualizada, de modo a evitar a fragmentação do conhecimento e a favorecer o pensamento crítico.

Considerando a realidade de uma escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão, compreender como essa abordagem pode orientar práticas docentes, fortalecer a interdisciplinaridade e promover inovação curricular torna-se fundamental. A necessidade de superar práticas fragmentadas e centradas na transmissão de conteúdos dialoga com perspectivas que defendem metodologias ativas e centradas no estudante. Moran (2015) sustenta que as metodologias ativas contribuem para processos de aprendizagem mais significativos, nos quais o estudante assume uma participação mais intensa e construtiva. Em consonância com essa perspectiva, Freire (1987) defende que ensinar não consiste em transmitir conteúdos prontos, mas em criar condições para que o próprio aluno produza e construa o conhecimento.

No ensino de Ciências, essa perspectiva relaciona-se diretamente às práticas investigativas, que buscam colocar o estudante em contato com problemas reais e com a construção ativa de explicações. Lopes (2020) explica que tais práticas permitem que os estudantes “observem, levantem hipóteses, experimentem e construam explicações sobre os fenômenos que estudam”, fortalecendo competências científicas essenciais. Essas perspectivas convergem com a necessidade de reorganizar o ensino em direção a abordagens mais integradas, investigativas e criativas, como propõe o STEAM.

Entretanto, embora o discurso sobre interdisciplinaridade e inovação esteja presente nas políticas e nos debates educacionais, a implementação efetiva da abordagem STEAM ainda depende de processos formativos que apoiem os docentes na compreensão conceitual da proposta e na sua tradução para o cotidiano escolar. Foi nesse contexto que se desenvolveu um projeto de extensão em uma escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão, voltado à formação continuada de professores dos anos iniciais. A experiência suscitou a necessidade de investigar de que modo a formação em abordagem STEAM poderia contribuir não apenas para ampliar o repertório teórico dos docentes, mas para promover efetiva inovação curricular nas práticas desenvolvidas em Ciências.

Diante desse cenário, o estudo orienta-se pela seguinte questão de investi-

gação: quais são as contribuições da formação continuada em abordagem STEAM para a promoção de inovação curricular nas práticas docentes em Ciências em uma escola pública bilíngue? O objetivo geral consiste em analisar as contribuições da formação continuada em abordagem STEAM para a reorganização das práticas pedagógicas em Ciências, considerando a integração curricular, as práticas investigativas e o protagonismo discente. Especificamente, busca-se: (a) analisar mudanças nas concepções docentes sobre STEAM e interdisciplinaridade; (b) identificar transformações nas práticas pedagógicas em Ciências após o processo formativo; e (c) examinar evidências de protagonismo discente, investigação científica e reorganização curricular nas experiências desenvolvidas.

O estudo situa-se na intersecção entre o eixo Formação de Professores e o eixo Inovação em Educação em Ciências, ao articular a análise do processo formativo docente com a investigação de seus desdobramentos na reorganização curricular e nas práticas pedagógicas em sala de aula.

1.1 Referenciais teóricos sobre STEAM e interdisciplinaridade

A abordagem STEAM constitui uma possibilidade de reorganizar o currículo ao promover a integração entre ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática em práticas contextualizadas. Neste estudo, compreende-se o STEAM como uma estratégia de integração curricular que articula interdisciplinaridade, aprendizagem baseada em projetos, investigação científica e aprendizagem criativa. Essa compreensão permite analisar a inovação curricular não apenas como introdução de novas atividades, mas como transformação das formas de organizar o ensino, os conteúdos e a participação dos estudantes.

Estudos recentes sustentam que a educação STEAM favorece a criação e a experimentação como caminhos para a construção de conhecimento, ampliando a capacidade dos estudantes de resolver problemas reais. Cavadas e Brito (2022) afirmam que a educação STEAM tem potencial para desenvolver o pensamento criativo, o que dialoga diretamente com as demandas de uma educação interdisciplinar. Nesse contexto, a inovação curricular não se restringe à introdução de novas atividades ou recursos, mas implica transformação nas formas de organização do currículo, nas estratégias didáticas e nas relações de ensino e aprendizagem. Trata-se de uma mudança estruturante, que envolve intencionalidade pedagógica e reorganização das práticas.

A interdisciplinaridade, nesse contexto, ultrapassa a justaposição de conteúdos e requer uma postura epistemológica de integração e diálogo entre saberes. Fazenda (2015) explica que a interdisciplinaridade implica “uma atitude de ousadia e busca frente ao conhecimento” (p. 09) e que, para concretizá-la, o professor precisa considerar “o sentido, a intencionalidade e a funcionalidade de sua prática” (p. 11). Assim, promover práticas interdisciplinares exige reorganização pedagógica e formação docente que considere o currículo como um espaço de integração conceitual e metodológica.

Estudos desenvolvidos em contextos internacionais e nacionais reforçam essa necessidade (Correia *et al.*, 2023,) ao investigarem processos educativos

em ambientes *outdoor*, observam que “os resultados preliminares sugerem uma utilização dos ambientes *outdoor* que não explora as suas potencialidades enquanto contextos de aprendizagem formais, promotores de abordagens interdisciplinares”(p.428). Tal constatação evidencia a necessidade de programas formativos que auxiliem professores a desenvolver práticas integradas e contextualizadas, potencializando ambientes diversos como espaços de aprendizagem significativa.

1.1.1 Investigação, criatividade e resolução de problemas

A aprendizagem baseada na experimentação, na criação e na investigação reforça competências essenciais ao desenvolvimento integral dos estudantes. Resnick (2020) explica esse processo por meio da espiral da aprendizagem criativa, na qual o estudante é levado a imaginar, criar, brincar, compartilhar e refletir, em um movimento contínuo que favorece o desenvolvimento de ideias e a elaboração de soluções inovadoras. Essa perspectiva dialoga com Papert (1980) ao destacar que a aprendizagem se torna mais significativa quando o aluno cria, manipula e testa hipóteses na construção ativa de conhecimentos. Moran (2015) reforça essa compreensão ao argumentar que as metodologias ativas tornam a aprendizagem mais profunda e significativa para os estudantes.

Ao integrar elementos da Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, o STEAM mobiliza diferentes formas de pensar, modos de expressão e linguagens, tornando-se especialmente relevante no currículo dos anos iniciais. Contudo, para que investigação, criatividade e resolução de problemas se consolidem como práticas pedagógicas permanentes, faz-se necessária a formação docente consistente, capaz de sustentar a reorganização curricular e a inovação nas práticas de ensino.

Desse modo, os referenciais mobilizados neste estudo articulam dimensões complementares da inovação curricular em Ciências. Fazenda (2015) contribui para compreender a interdisciplinaridade como atitude de integração e diálogo entre saberes; Bacich e Holanda (2020) fundamentam a relação entre STEAM e Aprendizagem Baseada em Projetos; Moran (2015) sustenta a centralidade das metodologias ativas; e Papert (1980) e Resnick (2020) reforçam a aprendizagem pela criação, experimentação e reflexão. Essa articulação teórica orienta a análise das práticas docentes e das experiências desenvolvidas pelos estudantes ao longo do projeto.

METODOLOGIA

A pesquisa apresenta abordagem qualitativa, com caráter formativo e descritivo, articulada às ações de um projeto de extensão desenvolvido em uma escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão, durante o ano de 2025. Participaram do estudo 18 professores dos anos iniciais do ensino fundamental, atuantes do 1º ao 5º ano em diferentes componentes curriculares. Desses, 15 participaram efetivamente das oficinas formativas propostas. A adesão ocorreu de forma voluntária, considerando o interesse dos docentes em integrar o projeto de extensão.

Os procedimentos adotados distribuíram-se em três etapas principais: (1) diagnóstico inicial; (2) formação docente; e (3) acompanhamento das práticas pedagógicas.

A etapa diagnóstica envolveu observações sistemáticas de aulas e aplicação de um questionário inicial. As observações seguiram princípios de investigação no ensino de Ciências discutidos por Lopes (2020), considerando a importância da curiosidade, da problematização e da construção ativa do conhecimento. O questionário diagnóstico foi elaborado com base nas orientações de Gil (2008), garantindo clareza, objetividade e alinhamento aos objetivos da pesquisa.

O instrumento diagnóstico foi respondido por 18 docentes e buscou identificar conhecimentos prévios sobre a abordagem STEAM, experiências com metodologias investigativas e práticas interdisciplinares. Os dados permitiram mapear concepções iniciais e necessidades formativas, constituindo base para a organização das oficinas.

A segunda etapa correspondeu à realização de oficinas formativas com os docentes. Esses encontros tiveram como objetivo apresentar fundamentos da abordagem STEAM e promover vivências práticas alinhadas à Aprendizagem Baseada em Projetos. A organização das oficinas dialogou com os princípios das metodologias ativas descritos por Moran (2015) ao sustentar que as metodologias ativas contribuem para aprendizagens mais significativas, pois promovem o envolvimento intenso e construtivo dos estudantes no processo educativo. Também foram considerados elementos característicos da abordagem STEAM discutidos por Bacich e Holanda, (2020), que enfatizam que “o STEAM que defendemos é aquele pautado na realização de projetos, que tem como metodologia a Aprendizagem Baseada em Projetos” (p. 5). As práticas propostas incorporaram contribuições da aprendizagem criativa, conforme Resnick (2020), envolvendo momentos de imaginação, criação, experimentação e reflexão coletiva.

As oficinas incluíram estudos teóricos, resolução de problemas contextualizados, elaboração de sequências didáticas interdisciplinares e desenvolvimento de protótipos, buscando articular fundamentação conceitual e aplicação prática no ensino de Ciências.

Figura 1. Organização metodológica do estudo



Fonte: Elaboração própria (2025).

A terceira etapa envolveu o acompanhamento e a análise das práticas implementadas pelos professores após a formação. Esse processo incluiu observações das atividades realizadas em sala de aula, análise das sequências didáticas produzidas, registros sistemáticos no diário de bordo e coleta de evidências empíricas que permitissem identificar mudanças nas concepções docentes e na organização curricular.

A culminância do percurso ocorreu na feira científica realizada pela escola, momento em que foram apresentados os projetos desenvolvidos pelos estudantes com base nos princípios investigativos e interdisciplinares trabalhados nas oficinas formativas. Esse evento constituiu espaço privilegiado de observação das evidências de inovação curricular e protagonismo discente.

Os dados foram tratados por meio da análise temática, compreendida por Braun e Clarke (2006) como um método voltado à identificação, análise e descrição de padrões presentes nos dados. A triangulação entre observações, questionários, diário de bordo, sequências didáticas e materiais produzidos permitiu organizar os achados em cinco eixos interpretativos: concepções docentes sobre STEAM, práticas investigativas em sala de aula, protagonismo discente, reorganização curricular e impactos observáveis na feira científica. Essa organização possibilitou compreender os efeitos da formação continuada na reorganização das práticas pedagógicas em Ciências.

RESULTADOS

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto evidenciaram mudanças significativas nas concepções e práticas dos professores participantes, bem como impactos observáveis na organização curricular e nas experiências de aprendizagem dos estudantes da escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão. A análise temática permitiu identificar cinco eixos centrais de transformação: (1) concepções docentes sobre STEAM; (2) práticas investigativas em sala de aula; (3) protagonismo discente; (4) reorganização curricular; e (5) impactos observáveis na feira científica. Esses eixos não foram compreendidos como dimensões isoladas, mas como aspectos interdependentes de um mesmo processo formativo, no qual a formação docente funcionou como mediadora da inovação curricular em Ciências.

Tabela 1. Síntese dos principais resultados da pesquisa

Eixo Temático Identificado	Evidências Observadas na Pesquisa
1. Concepções docentes sobre STEAM	Conhecimento inicial limitado; ampliação da compreensão sobre interdisciplinaridade; reconhecimento do potencial pedagógico do STEAM; valorização das atividades inovadoras propostas nas oficinas.
2. Práticas investigativas em sala de aula	Inserção de atividades com observação, experimentação, manipulação de materiais e formulação de hipóteses; desenvolvimento de projetos sobre temas ambientais (solos, água, resíduos, energia).
3. Protagonismo discente	Estudantes mais ativos, autônomos e capazes de argumentar; participação ampliada em investigação, prototipagem e socialização oral; maior engajamento observado na feira científica.
4. Reorganização curricular	Integração de temas entre áreas do conhecimento; uso ampliado do laboratório; construção de sequências didáticas mais contextualizadas; adoção de metodologias práticas e colaborativas.
5. Impactos observáveis na feira científica	Apresentação de protótipos e explicações sobre experimentos; uso de múltiplas linguagens; conexão com problemas reais ambientais e sociais; envolvimento das famílias e comunidade escolar.

Fonte: elaboração própria (2025).

As evidências apontam para uma relação direta entre o eixo Formação de Professores e o eixo Inovação em Educação em Ciências. No diagnóstico inicial, as observações de aula indicaram predominância de estratégias expositivas e organização tradicional do trabalho pedagógico, com baixa mobilização de atividades investigativas e “mão na massa”, o que se refletia também em dispersão e dificuldade de engajamento discente. Em convergência, os questionários mostraram lacuna formativa relevante: embora parte dos docentes afirmasse já ter ouvido falar de STEAM, uma parcela expressiva não havia participado de formações específicas, sinalizando insegurança e necessidade de apoio para traduzir a abordagem ao cotidiano escolar.

A intervenção formativa (oficinas) buscou responder a essas necessidades ao apresentar princípios estruturantes da abordagem STEAM, articulados à Aprendizagem Baseada em Projetos - ABP e a vivências práticas de resolução de problemas. Na etapa subsequente, a culminância na feira científica evidenciou desdobramentos curriculares e pedagógicos: temas ambientais e urbanos foram trabalhados por meio de investigação, produção de protótipos/soluções e socialização, com maior protagonismo discente, indicando que a formação docente operou como condição para a inovação curricular observada.

O primeiro eixo refere-se às concepções dos professores acerca da abordagem STEAM e da interdisciplinaridade. Os dados do questionário diagnóstico indicaram que parte considerável dos docentes possuía conhecimento limitado sobre o tema, embora reconhecesse a importância de práticas integradas. Ao longo das oficinas, observou-se uma ampliação progressiva da compreensão sobre o potencial pedagógico da abordagem. Essa mudança foi percebida nos relatos dos participantes, que destacaram o caráter inovador das atividades propostas e a possibilidade de reorganizar conteúdos de forma mais contextualizada. Essa percepção aparece

nas respostas abertas, quando docentes associam STEAM a “despertar a curiosidade para problemas reais da comunidade... desenvolvendo o pensamento crítico e criativo” e a “tornar a aprendizagem mais significativa”. A literatura indica que o desenvolvimento de práticas interdisciplinares depende de processos formativos continuados, capazes de promover articulação teórica, reflexão crítica e experimentação, o que vai ao encontro das constatações desta pesquisa, conforme discutido por Fazenda (2015) e Bacich e Holanda (2020).

O segundo eixo diz respeito à incorporação de práticas investigativas nas aulas. Após o processo formativo, verificou-se ampliação de propostas que envolviam observação sistemática, manipulação de materiais, experimentação e formulação de hipóteses. Projetos relacionados a resíduos sólidos, solos, qualidade da água e energia passaram a ser desenvolvidos por meio de etapas investigativas estruturadas. Em respostas abertas, docentes referiram experiências como “diminuição significativa do lixo produzido em sala de aula” e projetos com “reaproveitamento de alimentos, plantas medicinais, reciclagem”, indicando aproximações com resolução de problemas reais e temas ambientais.

No caso de uma das turmas do 4º ano, o projeto de revitalização da horta escolar incluiu plantio, preparação da terra e manutenção continuada, havendo relato das famílias de que os estudantes mantiveram o envolvimento durante as férias, o que reforça evidências de autonomia e continuidade do protagonismo para além do momento expositivo. Esse exemplo também dialoga com o eixo do protagonismo discente, ao evidenciar continuidade e autonomia na condução das atividades.

Os planos de aula demonstraram maior clareza na definição de problemas, na organização das etapas e na socialização dos resultados. Essa reorganização metodológica aproxima-se da espiral da aprendizagem criativa descrita por Resnick (2020), ao favorecer ciclos de imaginação, criação, teste e reflexão.

O terceiro eixo relaciona-se ao fortalecimento do protagonismo discente. Durante o acompanhamento das práticas pedagógicas, observou-se maior participação dos estudantes na elaboração de hipóteses, na construção de protótipos e na explicação de resultados. Na feira científica, os estudantes apresentaram experimentos com autonomia, articulando conhecimentos científicos e competências comunicativas em português e inglês. Demonstraram capacidade de argumentar, justificar escolhas metodológicas e relacionar suas produções a questões ambientais e sociais do contexto escolar. Essas evidências reforçam o entendimento de Lopes (2020) de que práticas investigativas favorecem o desenvolvimento de competências científicas e comunicativas.

A dimensão bilíngue também se mostrou relevante no processo, especialmente na socialização dos projetos e na comunicação dos resultados. Ao apresentarem experimentos e explicações em português e inglês, os estudantes ampliaram não apenas a compreensão dos conceitos científicos, mas também suas competências comunicativas. Dessa forma, a abordagem STEAM favoreceu a articulação entre ensino de Ciências, linguagem e comunicação científica, reforçando o caráter interdisciplinar da proposta em uma escola pública bilíngue.

Outro aspecto relevante refere-se à reorganização curricular (eixo 4) promovida após a formação dos professores da escola bilíngue. Observou-se integração de temas comuns entre diferentes áreas do conhecimento e construção de sequências didáticas mais articuladas ao cotidiano dos estudantes. Houve ampliação do uso do laboratório e de espaços externos, como jardim e horta escolar, além da adoção de estratégias colaborativas. Em comparação com as observações iniciais, constatou-se maior intencionalidade na articulação entre conteúdos, metodologias e objetivos formativos. Esses elementos indicam que a inovação observada não se restringiu à introdução de atividades pontuais, mas envolveu transformação na organização do currículo e na prática pedagógica.

A feira científica constituiu momento privilegiado para análise dos impactos do projeto, mas não foi tomada como evidência isolada de inovação curricular. Ela representou a síntese de um processo formativo mais amplo, acompanhado por observações, registros, sequências didáticas e relatos docentes. Os trabalhos apresentados demonstraram diversidade de abordagens, mobilização de múltiplas linguagens e conexão com problemas ambientais e sociais reais. A participação das famílias e da comunidade escolar ampliou o alcance formativo da experiência, reforçando o caráter interdisciplinar e socialmente contextualizado da proposta. A coerência entre o processo formativo vivenciado pelos professores e as produções dos estudantes evidencia que a abordagem STEAM pode ser integrada de modo consistente ao cotidiano escolar.

Os resultados demonstram que a formação continuada promovida pelo projeto de extensão contribuiu para ampliar a compreensão conceitual dos docentes, reorganizar práticas investigativas e fortalecer o protagonismo discente. Mais do que introduzir atividades pontuais, o processo formativo favoreceu deslocamentos na forma de planejar, desenvolver e avaliar experiências de aprendizagem em Ciências, indicando uma mudança curricular orientada pela interdisciplinaridade, pela investigação e pela resolução de problemas. A inovação curricular observada decorreu de um processo formativo que articulou fundamentação teórica, experimentação prática e reflexão coletiva. Os achados reforçam a importância de iniciativas formativas que integrem universidade e escola como estratégia para promover transformação pedagógica sustentável na educação básica.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados evidenciam que a abordagem STEAM constitui uma possibilidade concreta de reorganização curricular no ensino de Ciências, especialmente quando articulada a processos formativos que valorizam a prática investigativa, a interdisciplinaridade, a aprendizagem baseada em projetos e a autonomia docente. A formação continuada realizada no âmbito do projeto de extensão possibilitou aos professores ampliarem sua compreensão acerca dos princípios da abordagem, reconhecerem seu potencial pedagógico e incorporarem práticas fundamentadas na experimentação, na criatividade e na resolução de problemas.

As mudanças observadas nas sequências didáticas e nas atividades desenvolvidas em sala de aula indicam que a articulação entre formação docente e implementação da abordagem STEAM favoreceu a integração entre conteúdos, ampliou o uso

de estratégias investigativas e promoveu maior envolvimento dos estudantes nas aulas. Esse movimento resultou em experiências de aprendizagem mais significativas, nas quais os alunos puderam observar fenômenos, formular hipóteses, construir explicações e comunicar descobertas em diferentes linguagens. A culminância no evento científico da escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão reforçou o desenvolvimento do protagonismo discente e evidenciou a coerência entre o processo formativo docente e as práticas implementadas com os estudantes.

A análise demonstra, ainda, que a inovação curricular não se restringe à introdução de novos conteúdos ou atividades pontuais, mas envolve reorganização do trabalho pedagógico, intencionalidade interdisciplinar e reflexão coletiva sustentada por processos formativos continuados. Nesse sentido, o estudo confirma a pertinência de situar a investigação na intersecção entre Formação de Professores e Inovação em Educação em Ciências, ao evidenciar que a transformação das práticas pedagógicas está diretamente relacionada à qualidade e à continuidade da formação docente.

A principal contribuição do estudo está em evidenciar que a formação continuada pode funcionar como mediadora da inovação curricular quando articula fundamentos teóricos, vivências práticas e acompanhamento das experiências desenvolvidas em sala de aula. Nesse processo, o STEAM não se reduz a uma metodologia ou a um conjunto de atividades práticas, mas constitui uma perspectiva de integração curricular capaz de reorganizar o ensino de Ciências nos anos iniciais.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o fato de ter sido realizado em um contexto único (uma escola pública bilíngue de tempo integral), o que restringe as generalizações. Além disso, embora 18 docentes tenham participado do diagnóstico, 15 participaram efetivamente das oficinas, podendo haver variação na apropriação da abordagem. O acompanhamento concentrou-se no ciclo do projeto e na culminância na feira científica, não contemplando um seguimento longitudinal para verificar a manutenção das mudanças ao longo do tempo. Soma-se a isso que parte das evidências deriva de autor relatos em questionários e de registros observacionais, e que condições estruturais da escola podem limitar a implementação plena de práticas investigativas em espaços específicos. Esses elementos recomendam cautela na generalização dos achados e reforçam a necessidade de estudos com acompanhamento prolongado e em múltiplos contextos.

Recomenda-se, assim, a continuidade de ações formativas que integrem universidade e escola pública, bem como o desenvolvimento de pesquisas futuras que acompanhem os impactos da abordagem STEAM em períodos mais prolongados, em diferentes contextos educacionais e com ampliação do número de participantes. Como também, investigações comparativas entre etapas de escolarização poderão contribuir para aprofundar a compreensão sobre os efeitos da formação continuada na consolidação de práticas interdisciplinares e investigativas na educação básica.

Portanto, conclui-se que a adoção da abordagem STEAM associada à Aprendizagem Baseada em Projetos pode fortalecer o ensino de Ciências nos anos iniciais, ampliar repertórios metodológicos docentes e promover experiências formativas

alinhadas às demandas da educação contemporânea, desde que sustentada por processos formativos estruturados e contextualizados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual do Maranhão pela aprovação e pelo apoio institucional ao projeto de extensão que originou este estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino/Rede Nordeste de Ensino, polo São Luís/MA, da Universidade Estadual do Maranhão, pelo suporte acadêmico ao desenvolvimento da pesquisa. Registramos também nossa gratidão à equipa gestora, aos professores e aos estudantes da escola pública bilíngue de tempo integral no Maranhão, que participaram das atividades formativas e contribuíram diretamente para o desenvolvimento das ações analisadas. Agradecemos ainda à Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém e do Centro de Investigação em Qualidade de Vida pelo apoio acadêmico ao processo de orientação. Por fim, expressamos nosso reconhecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo e apoio concedidos ao desenvolvimento do doutorado-sanduíche no exterior, possibilitando o aprofundamento das ações formativas e investigativas que fundamentam este estudo; e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPE-MA), pelo suporte institucional e financeiro à pesquisa de doutoramento.

REFERÊNCIAS

- Bacich, L., & Holanda, L. (2020). *STEAM em sala de aula: A aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Penso.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Cavadas, B., & Brito, A. (2022). Educação STEAM e desenvolvimento do pensamento criativo. *Revista APEduC*, 3(2), 57–76. <https://apeducrevista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/342>
- Correia, M., Ribeirinha, T., Arrais, A., Beirante, D., Catela, D., Luís, H., Dias, I., Santos, R., Ramos, L., Franco, S., Simões, V., Ferreira, R., Pinto, P., Loureiro, A., Portelada, A., Martins, M. C., & Galinha, S. (2023). Projeto Educação STEAM outdoor: Um estudo exploratório sobre as percepções dos educadores e professores. *Revista da UI_IPSantarém*, 11(3), 10–13. <https://doi.org/10.25746/ruiips.v11.i3.32025>
- Custódio, S. V. F., & Rosa, T. A. (2024). Educação STEAM: Conceito, breve histórico, diretrizes e prática. *Dialogia*, 50, e27419. <https://doi.org/10.5585/50.2024.27419>
- Fazenda, I. C. A. (2015). Interdisciplinaridade: Didática e prática de ensino. *Interdisciplinaridade*, 1(6). <https://revistas.pucsp.br/interdisciplinaridade/article/view/22623>

Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido* (17ª ed.). Paz e Terra.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). Atlas.

Lopes, R. D. (2020). Educação e investigação científica. In FEBRACE, *Feira Brasileira de Ciências e Engenharias: Inspirando e despertando futuros líderes* (pp. 12–15). EPUSP. <https://febrace.org.br>

Lorenzin, M. P., Assumpção, C. M., & Rabello, M. (2016). Metáforas mecânicas: Uma proposta STEAM para o ensino de ciências. In 6º Congresso Pesquisa do Ensino Educação e Tecnologia: Revisitar a sala de aula (pp. 1–14). SINPRO-SP.

Moran, J. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. In C. A. Souza & O. E. T. Morales (Orgs.), *Convergências midiáticas, educação e cidadania: Aproximações jovens* (Vol. 2, pp. 15–33). UEPG/PROEX.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.

Resnick, M. (2020). *Jardim de infância para a vida toda: Por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos*. Penso.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM QUÍMICA: O CASO DAS VIBRAÇÕES MOLECULARES

José Vieira do Nascimento Júnior¹ & Edilson Fortuna de Moradillo²

¹Universidade Estadual de Feira de Santana (Brasil)

²Universidade Federal da Bahia (Brasil)

jvnjunior@hotmail.com

RESUMO

Este estudo relata a formação de professores brasileiros em Química Quântica no tema vibração das moléculas, em 2025. A importância deste tema se dá pela necessidade de preparar professores de química para ensinar conceitos contraintuitivos a alunos de uma faixa etária entre 15 e 18 anos. Na pesquisa se buscou as condições que asseguram pelo meio didático o desenvolvimento conceitual e procedimental dos participantes para interpretar fenômenos quânticos. A hipótese de que essas condições derivam de situações que se organizam através dos conceitos, epistemológica e matemática contribuem para esse entendimento. A pesquisa foi conduzida segundo a engenharia didática e a teoria das situações didáticas. Já os resultados indicam um dos princípios basilares da física quântica, de Heisenberg, ainda é compreendido de modo precário, o que decorre de uma formulação algébrica que não condiz com interpretação desejada, impedindo a atribuição de significados aos conceitos dessa parte da física.

Palavras-chave: meio didático, quântica, formação de professores

INTRODUÇÃO

Este artigo propõe uma aplicação de conceitos da Teoria das Situações Didáticas (TSD) (Brousseau, 2008) na formação de professores de química na Universidade Estadual da Feira de Santana, Brasil, no segundo semestre de 2024. O tema ensinado foi a espectroscopia molecular, no âmbito da introdução à química quântica. Primeiramente, elaboramos um plano de pesquisa centrado na metodologia da engenharia didática (Artigue, 1989) e nas reflexões de Almouloud (2022). Esta metodologia se estrutura nas análises prévias, a priori, nas observações em classe e nas análises a posteriori que podem validar, ou não, o meio testado nas situações didáticas.

A modelagem pertence aqui ao domínio da química quântica, e nossa escolha didática foi permitir situações nas quais o futuro professor pudesse desenvolver a capacidade de interpretar o movimento vibratório das moléculas.

Análises prévias

Iniciamos as análises prévias examinando organização do objeto do saber através da questão: *qual é a sua razão de ser vibrações moleculares através no currículo*

de formação de professores em química?

Seu ensino atual no Brasil traz em si um problema didático devido aos obstáculos epistemológicos gerados a partir da usual abordagem puramente histórica no ensino de física, com o apelo a analogias distantes dos fundamentos da física moderna. Esse caso é comum no ensino de física na escola básica brasileira, através da estratégia didática de apresentar os temas referentes ao átomo e ligações químicas a partir do modelo planetário estabelecido por Rutherford, no seu modelo atômico planetário. Além disso, é prática corrente exibir o modelo semi-clássico de Niels Bohr, que faz uso de conceitos como a determinação da posição do elétron, como se esse tipo de objeto tivesse características macroscópicas.

Essas abordagens não levam em conta a ruptura epistemológica ocorrida na física na transição entre os séculos XIX e XX pois além desconsiderarem que o modelo de átomo hoje aceito, em sua compreensão, requer um mínimo de conhecimento em álgebra, onde noções matemáticas como a propriedade comutativa, vista desde o ensino fundamental, podem ser aplicadas na interpretação de fenômenos do mundo microscópico como as vibrações entre átomos numa molécula. Por isso, há uma preocupação nas últimas décadas com o problema da inadequação de certos modelos teóricos, incompatíveis com a visão da física moderna.

Nessa perspectiva, é crescente o debate entre pesquisadores brasileiros em torno de como superar o desafio de introduzir a física moderna no ensino básico brasileiro há décadas. Intervenções podem ser tentadas a partir da formação de professores de física, química e afins. Assim, pesquisadores como Ostermann e Moreira (2016), Assis e Karam (2018), Vazata *et al.* (2020), Nascimento Júnior *et al.* (2020), Souza *et al.* (2021), Freire Junior e Carvalho Neto (2025), além de Simões (2025), têm se dedicado, de algum modo, à criação e análise de meios didáticos voltados para a introdução da física moderna na escola básica com aplicação na formação de professores para a escola básica. Adicionalmente, no caso da física quântica eles concluíram que praticamente todos os livros de física do ensino médio que foram aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (Brasil, 2018) propõem abordagens centradas na ‘velha’ mecânica quântica (MQ) e o que se via era a ausência da teoria quântica propriamente dita. Ausentes também estão os experimentos que dariam significado aos conceitos quânticos.

Paralelamente, ao analisarmos o currículo do ensino médio no Brasil, se nota outra característica da organização dos saberes em física moderna: ela se estrutura de modo interdisciplinar. É o que ocorre com o tema vibrações das ligações químicas, que está distribuído entre física e química. Isso implica na necessidade da formação conjunta de professores de mais de uma ciência, o que traz implicações quanto aos temas propostos no currículo do ensino superior. Hoje essa formação não considera esses aspectos.

Diante desse cenário, nos concentramos em fontes de obstáculos epistemológicos como a ideia de uma trajetória do elétron, incompatível com o princípio da incerteza de Heisenberg. De acordo com esse princípio, não se pode falar de órbita ou posição para o elétron, sendo mais apropriado, de acordo com a mecânica quântica, se falar de estado, não de posição.

Posto isso, propomos um aprofundamento matemático na formação em química e física que seja compatível com estudantes de licenciatura que já tiveram algum contato com o cálculo no ensino superior. Nesse contexto, propusemos a análise do tema modelo do oscilador harmônico como indutor de reflexões sobre a natureza de objetos quânticos para a formação docente. De algum modo, as ideias discutidas na sua modelagem podem ser levadas à sala de aula no ensino básico (alunos de 15-18 anos). A possível transposição didática desse saber por si só é um desafio posto para o ensino de ciências.

Nessa modelagem iniciamos pela análise de uma equação diferencial ordinária (ODE), postulada na segunda lei de Newton. Essa lei é aplicada à modelagem do movimento ondulatório, por exemplo, um corpo ligado a uma mola, através do modelo do oscilador harmônico simples (OHS). Ela nos permite interpretar o movimento vibratório das moléculas pelas regras da MQ, segundo Erwin Schrödinger, cuja equação que representa a conservação da energia mecânica do sistema, aqui trazemos essa equação independente do tempo e unidimensional, equação (1)

$$H\Psi = K\Psi + V\Psi = E\Psi \quad (1)$$

onde K e V são os operadores das energias cinética e potencial mecânica da partícula, H é o operador hamiltoniano e Ψ é a função de onda. Aqui, sugerimos a interpretação do potencial do OHS, $V\Psi = E\Psi$, equação (2)

$$E_n = (n + 1/2)\hbar\omega \quad (2)$$

em que $\hbar = h/2\pi$ e é a constante de Planck; ω é a frequência angular.

Objetivo geral

Avaliar a eficiência do meio didático voltado para a desenvolver a habilidade de interpretação de fenômenos quânticos em suas dimensões algébrica, epistemológica e conceitual, o que pode contribuir para superar o desafio de introduzir conceitos da física moderna na formação de professores do Ensino Básico. Para tanto, a estruturação ascendente e descendente do meio didático foi analisada ao longo do estudo (Almouloud, 2022). As análises foram guiadas a partir dos seguintes objetivos específicos.

Objetivos específicos

introduzir o tema da álgebra dos operadores com vistas a uma futura compreensão do princípio da incerteza; demonstrar algebricamente o princípio da incerteza e analisar as principais ideias da escola de Copenhague, de acordo com Bohr, Schrödinger, Max Born e Heisenberg.

O estudante deve compreender o raciocínio dedutivo das equações (1) e (2) para trazer significado para os conceitos físicos envolvidos e o professor é responsável por explorar os conceitos contraintuitivos em jogo, além de analisar os obstáculos à interpretação dominante do fenômeno estudado de acordo com a MQ. Diante desse quadro, propusemos a questão de investigação que segue.

Questão da pesquisa

Em que condições o meio didático [no francês, *milieu*] pode ajudar os futuros professores de química a desenvolver competências para interpretação fenômenos físicos?

Nossa hipótese é que essas condições decorrem da evolução desse *milieu* adidático para uma situação didática dita fundamental, de acordo com a teoria das situações didáticas (TSD), de Guy Brousseau (2008).

Fundamentos teóricos e procedimentos metodológicos

As principais ferramentas teóricas utilizadas na pesquisa foram a noção de situação fundamental, as dialéticas da ação, da formulação, da devolução, da institucionalização e de *milieu* (Brousseau, 2008, Margolinas, 2002). A metodologia da engenharia didática contribuiu para reflexões teóricas com suas análises – *a priori* e *a posteriori* - e experimentações (Artigue, 1989).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com a totalidade dos estudantes de uma turma do curso de licenciatura em química em uma universidade do estado da Bahia, Brasil, na disciplina Introdução à Química Quântica - o número total de participantes foi de sete estudantes. O objetivo de ensino ligado à pesquisa foi o de compreender detalhes a respeito da vibração das moléculas na visão da MQ. O período da sua realização foi de agosto a dezembro de 2024. Foram utilizados como dados de análise as respostas dos participantes aos questionários aplicados, mas a ênfase maior foi em torno dos registros escritos na situação fundamental. Além disso, foram feitas observações sobre a argumentação oral deles ao longo do processo. De acordo com o tempo didático disponível, o professor propôs uma situação fundamental na qual os participantes, na busca do desenvolvimento da capacidade interpretativa, puderam manipular os operadores (por comutação) e analisar os conceitos e sua epistemologia enquanto desenvolvia sua linguagem própria — matematizada. O tempo de duração correspondeu a 10 sessões de 150 minutos, conforme a tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Sessões e temas do percurso (Fonte: os autores)

Aula	Objeto
1	O modelo de Bohr
2	Dualidade onda-partícula
3	Princípios da estatística
4	densidade de probabilidade
5	Álgebra de operadores
6	Espectroscopia
7	O átomo de Schrödinger
8	Princípio da incerteza
9 e 10	Modelos OHS

A noção de *milieu* permitiu hierarquizar as situações e identificar as simetrias e assimetrias em relação ao conhecimento (Margolinas, 2002). Ela também questiona as posições e situações do professor em relação à situação fundamental (posição de índice zero na tabela 2). Assim, *M, E, P* e *S* representam os níveis correspondentes, respectivamente, ao milieu, ao estudante, ao professor e à situação, como mostra a tabela 2.

Tabela 2. Estruturação do milieu (Margolinas, 2002)

M_{+3} Construção	E_{+3}	P_{+2} Noosférico	S_{+2} Situação noosférica
M_{+2} Projeto	E_{+2}	P_{+2} Construtor	S_{+2} Situação de construção
M_{+1} Didático	E_{+1} Reflexivo	P_{+1} Projedor	S_{+1} Situação de projeto
M_0 Aprendizagem	E_0 Estudante	P_0 Professor	S_0 Situação didática
M_{-1} Referência	E_{-1} Aprendente	P_{-1} Observador	S_{-1} Situação de aprendizagem
M_{-2} Objetivo	E_{-2} Agente	P_{-2}	S_{-2} Situação de referência
M_{-3} Material	E_{-3} Objetivo	P_{-3}	S_{-3} Situação objetiva

Desenvolvimento do estudo

A intenção didática visou: (i) compreender como os estudantes interpretam os movimentos vibratórios das moléculas e (ii) estudar quais restrições prejudicam a interpretação dos fenômenos físicos associados.

Análise *a priori*

O *milieu* gerado nas análises *a priori* tinha como objetivo introduzir o tema da álgebra dos operadores com vistas a uma futura compreensão do princípio da incerteza. A abordagem se baseou na dialética da devolução, em que os alunos receberam três vídeos sobre o debate em torno da interpretação em física, as propriedades das ondas e a interferência. A situação fundamental foi dedicada à aplicação da modelagem oscilador harmônico quântico, OHQ, (9ª e 10ª sessões), na qual foi demonstrado algebricamente que a posição e o momento de uma partícula são variáveis incompatíveis. Para isso, tivemos de aplicar a propriedade de comutação a essas duas variáveis. O objetivo aqui foi demonstrar algebricamente o princípio da incerteza.

A estruturação descendente do *milieu* para a situação fundamental decorreu de acordo com as seguintes etapas: as reflexões de P_{+3} sobre os aspectos contraintuitivos das partículas, tais como a dualidade onda-partícula. O quadro teórico das sessões foi estabelecido em Griffiths (2011). No processo de engenharia, a direção foi dada através da mediação da linguagem no nível N_{+2} . De acordo com as análises realizadas em N_{+1} , o objetivo foi baseado nas principais ideias da escola de Copenhague, de acordo com Bohr, Schrödinger, Max Born e Heisenberg.

O modelo estatístico do átomo de hidrogênio, cujos conceitos serão usados para interpretar o fenômeno das vibrações das moléculas, foi essencial em S_0 para explicar a ação do operador H sobre a função de onda, ψ_0 , e o princípio da incerteza no nível fundamental do OHQ.

RESULTADOS

A análise *a posteriori* revelou que, na situação didática S_{-2} , os participantes tomaram consciência do problema ao assistir aos vídeos. Eles foram convidados a tirar suas primeiras conclusões sobre a dualidade onda-partícula e sobre os pontos de vista clássico e quântico da física. Essa ação foi repetida mais três vezes quando a mesma abordagem foi proposta aos alunos nos vídeos sobre ondas e interferências.

No nível do pesquisador, P_{-2} , foi observada uma dificuldade em compreender a natureza ondulatória e as propriedades corpusculares do elétron por E_{-2} , o que é um pouco contraintuitivo. Então, P_{-2} perguntou como uma partícula pode ser uma onda e ter uma posição definida ao mesmo tempo. A resposta de E_{-1} levou P_{-2} a antecipar, devolvendo uma tarefa de mediação da noção de densidade de probabilidade, $\rho(x)$, em S_{-1} . (Griffiths, 2011; McQuarrie & Simon, 1997). A intervenção precoce de P_{-1} antes da fase didática do meio, S_0 , permitiu-lhe recuperar a ideia da não localidade de uma partícula ao abordar o princípio da incerteza na tarefa cor-

respondente a M_0 :

Demonstrar o princípio da incerteza aplicando a propriedade comutativa ao par de variáveis: posição e quantidade de movimento de uma partícula, $[x, p \hat{=} -i\hbar d/dt]$.

Nesta tarefa, 71% dos estudantes (E_0) expressaram o princípio citando a impossibilidade de determinar a posição e o momento de uma partícula com precisão absoluta. Entretanto, eles não demonstraram algebricamente esse princípio a partir dos dados da questão.

As interações entre E_0 e M_0 revelaram que a situação nesse nível era realmente fundamental, pois os participantes buscaram respostas usando diferentes tipos de conhecimento, como álgebra de operadores em suas tentativas de comutação dos operadores de x e momento da partícula $p = -i\hbar d/dt$, bem como o conhecimento das propriedades ondulatórias implícitas no modelo OHQ, tais como frequência, comprimento de onda e energia potencial mecânica, associadas às vibrações das moléculas.

Os principais obstáculos ao sucesso da situação fundamental situam-se no nível algébrico:

a) mesmo que E já tivesse cursado disciplina de cálculo na instituição, havia grandes dificuldades em aplicar as regras de derivação, por exemplo, sendo $y = \sin x \Rightarrow y' = \cos x$; nesse tipo de tarefa, E_{-1} falhou.

b) por outro lado, E_{-1} apresentou restrições ao expressar a fórmula da energia mecânica total de um sistema, embora eles já conhecessem as leis de Newton.

As lacunas algébricas sugerem dificuldades na aplicação do conceito de operador na justificação das relações de incerteza. Teoricamente, E_0 revelou indícios de uma forte ligação com o contrato de reprodução formal, segundo Almouloud (2022), que limita a institucionalização do conhecimento, pois P_{-1} já havia demonstrado esse princípio em N_{-1} .

Análise a posteriori

Conforme previsto nas análises *a priori*, a experimentação revelou dificuldades de interpretação do tema vibração molecular pelos alunos, mas sua aplicação na formação foi válida, considerando conta as restrições de tempo e as concepções prévias dos estudantes, que ainda eram clássicas.

Eles fizeram afirmações corretas, mas sem demonstração algébrica. Seria necessário demonstrar algebricamente que a posição e o momento de uma partícula são variáveis incompatíveis, de acordo com a linguagem da Mecânica Quântica - matemática. Isso deveria ter sido feito aplicando a propriedade de comutação entre essas duas variáveis. De acordo com Griffiths (2011), essa é uma das maneiras de deduzir matematicamente o princípio de Heisenberg.

Adicionalmente, os gaps em álgebra se refletem na conceitualização de

‘energia do ponto zero’ do OHQ, que é crucial para diferenciar as interpretações clássicas e quânticas do fenômeno da vibração das moléculas e dos átomos, dentre outros objetos. Esses resultados indicam pouca articulação linguística, o que demonstra a necessidade de insistir na integração dos aspectos formais, conceituais e epistemológicos na interpretação quântica.

Quanto à tentativa de fazer face ao problema da formação de estudantes da educação básica em conceitos da química à luz da física moderna, o esforço se soma àqueles desenvolvidos por diversos estudiosos no tema da interpretação dos fenômenos microscópicos em diversos níveis de ensino (Ostermann & Moreira, 2016; Assis & Karam, 2018; Vazata *et al.*, 2020; Nascimento Júnior *et al.*, 2020; Souza *et al.* 2021; Freire Junior & Carvalho Neto, 2025; Simões, 2025). Houve, portanto, um avanço no sentido da compreensão de que os modelos da física clássica não são suficientes para a representação do realista de temas como ligações químicas, que necessariamente deve ter como pano de fundo as interconexões entre as dimensões epistemológica, matemática e conceitual desse objeto.

CONCLUSÕES

A título de validação do meio didático, a engenharia permitiu a comparação entre as análises *a priori* e *a posteriori*, sugerindo um êxito relativo do processo de formação inicial dos professores. O *milieu* didático permitiu ao pesquisador ensinar de maneira específica um assunto complexo como as vibrações moleculares segundo a mecânica quântica. Apesar disso, o *milieu* adidático evoluiu de maneira assimétrica em relação à situação fundamental, em grande parte devido às lacunas algébricas dos estudantes.

Embora não tenhamos tido tempo para testar a reprodutibilidade das situações – o que traz em si uma limitação de cunho metodológico –, este estudo propõe um novo protocolo de investigação sobre um tema muito complexo da MQ, pelo que propomos uma nova engenharia para testar as tarefas possíveis de se realizarem na formação de professores.

O estudo também contribuiu para evidenciar lacunas na formação de professores de química em cálculo, por exemplo o estudo das derivadas parciais e integração são necessários para compreender a própria linguagem em torno do modelo de átomo da mecânica quântica ondulatória de Schrödinger. Essa parte da matemática ainda permanece ausente no currículo formativo de professores de química da instituição em que se realizou a pesquisa.

Esses resultados mostram claramente que é possível propor um projeto em que a engenharia didática, apoiada pela TSD, seja utilizada na formação de professores de química em condições matematicamente complexas. Nesse sentido, os quadros teóricos se complementam mutuamente com vistas a uma economia na seleção e formulação do conteúdo do ensino nos diferentes níveis de formação.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), Brasil, pelo custeio da bolsa de iniciação científica vinculada a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Almouloud, S. A. (2022). Fundamentos da Didática da Matemática. 2ª ed. revisada e ampliada. Curitiba : Ed. UFPR. 344p. ISBN 978-65-87448-76-3.
- Artigue, M. (1989). Ingénierie didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques, Grenoble*, n.9.3, p.281-308.
- Assis, A. K. T., & Karam, R. A. S. (2018). The free fall of an apple: conceptual subtleties and implications for physics teaching. *Eur. J. Phys.* 39 035003DOI 10.1088/1361-6404/aaa91d).
- Brousseau, G. (2008). *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo : Ática. ISBN 978 85 08 1966 0.
- Freire Junior, O., & Carvalho Neto, R. A. (2025). *O universo dos Quanta- Uma breve história da Física Moderna*. 2. ed. São Paulo: LF Editorial. v. 1. 164p.
- Griffiths, D. J. (2011). *Mecânica Quântica*. - 2. ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Margolinas, C. (2002). Situations, milieux, connaissances : Analyse de l'activité du professeur. J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot & R. Floris. In: Actes de la 11ème École d'Été de Didactique des Mathématiques, La pensée sauvage, pp.141-156, 2002. halshs-00421848
- McQuarrie, D. A.; & Simon, J. D. (1997). *Physical Chemistry: a Molecular Approach*. Mill Valley, California: University Science Books, 1997. ISBN 978-0-935702-99-6. 1360 p.
- Nascimento Junior, J. V., Farias, L. M. S., & Carvalho Neto, R. A. (2020). How proper use of Mathematics can help students to build Quantum Physics thinking to learn the subject: simple harmonic oscillator. In: *Proceedings of the 14th International Congress on Mathematical Education (ICME 14)*, China, Shanghai: 12th-19th July, 2020.
- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2016). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), 23-48. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/600>.
- Simões, E. (2025). Uso do Interferômetro Mach-Zehnder em Sequência de Ensino Investigativa para Análise da Dualidade Onda-Partícula'. *Revista do Professor de Física*, v. 9, p. 375-397.

Souza, R. da S., Greca, I. M., Silva, I. L., & Teixeira, E. S. (2021). Ensino de Mecânica Quântica na licenciatura em Física por meio da História e Filosofia da Ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(2), 914–944. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e74157>.

Vazata, P. A. V., Lima, N. W., Ostermann, F., & Cavalcanti, C. J. H. (2020). Onda ou Partícula? Um Estudo das Trajetórias Ontológicas da Radiação Eletromagnética em Livros Didáticos de Física da Educação Básica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 855-885. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u855885>.

EXAMES FINAIS NACIONAIS: TIPOLOGIAS E TEMÁTICAS DAS PERGUNTAS

Andreia Melo¹, Joana Alves¹ & Joana Torres^{1,2,3}

¹*Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Portugal)*

²*Escola Superior de Educação de Fafe (Portugal)*

³*Instituto de Ciências da Terra (Portugal)*

andreiaspmelo@gmail.com

RESUMO

Os Exames Nacionais visam avaliar o domínio dos conteúdos, as competências de análise científica e a aplicação de conhecimentos a situações-problema, promovendo uma avaliação equitativa. Este estudo analisou 129 questões de Geologia de oito Exames Nacionais de Biologia e Geologia aplicados em Portugal entre 2020 e 2023, com o objetivo de identificar as suas tipologias e temáticas. As perguntas foram classificadas quanto à tipologia, segundo o Instituto de Avaliação Educativa, e quanto à temática, com base nos conteúdos programáticos. Os resultados evidenciam a predominância de perguntas de escolha múltipla e uma distribuição temática desequilibrada, concentrada em rochas sedimentares, rochas magmáticas e vulcanismo. Esta concentração, aliada ao predomínio de itens de seleção, pode comprometer a avaliação de algumas competências dos alunos e direcionar a aprendizagem para a preparação específica para o exame. Consideramos ser necessária uma revisão estrutural que promova maior diversidade de tipologias e uma distribuição temática mais equilibrada.

Palavras-chave: Avaliação educacional; Exames Finais Nacionais; Geologia; Temáticas das perguntas; Tipologias de perguntas.

INTRODUÇÃO

A avaliação das aprendizagens no ensino secundário português tem como principal finalidade promover a qualidade do ensino, monitorizando o progresso dos alunos e verificando o cumprimento das metas curriculares estabelecidas a nível nacional (Decreto-Lei n.º 139/2012, de 5 de julho). No contexto dos cursos científico-humanísticos, esta avaliação assume diferentes modalidades, complementares entre si.

A avaliação formativa, de natureza contínua e sistemática, acompanha o processo de ensino e aprendizagem, permitindo identificar dificuldades, orientar intervenções pedagógicas e apoiar a melhoria progressiva do desempenho dos alunos. Paralelamente, a avaliação sumativa interna traduz-se na formulação de um juízo global sobre o grau de desenvolvimento das aprendizagens, sendo da responsabilidade dos docentes e dos órgãos pedagógicos das escolas.

A avaliação sumativa externa, realizada através de exames finais nacionais, constitui um mecanismo de aferição padronizado que utiliza instrumentos definidos

centralmente pelo Ministério da Educação. Estes exames incidem sobre disciplinas sujeitas a avaliação externa e são determinantes para a certificação da conclusão dos cursos científico-humanísticos, incluindo a disciplina de Biologia e Geologia (Resolução da Assembleia da República n.º 129/2012).

Os exames finais nacionais desempenham, assim, três funções essenciais: avaliar o desempenho dos alunos nas disciplinas terminais, certificar a conclusão do ensino secundário e fornecer às escolas e professores informação detalhada sobre os resultados obtidos no final do percurso formativo (Costa, 2022). Enquanto instrumentos de avaliação sumativa de alto impacto, os exames nacionais produzem classificações que sustentam processos de seleção académica, dimensão que amplia o seu impacto social e educativo para além da função estritamente avaliativa (McLaughlin, 2019). Consequentemente, podem aumentar a pressão académica sobre escolas e docentes ao estabelecer padrões explícitos de desempenho e ao tornar públicos os resultados obtidos (Schiller & Muller, 2000).

Neste enquadramento, os Exames Nacionais integram um conjunto de itens construídos a partir das aprendizagens essenciais de cada disciplina. Compreender a forma como estes itens são estruturados e distribuídos tematicamente tornou-se particularmente relevante num contexto educativo em que a avaliação externa assume um papel regulador crescente. A análise das tipologias de perguntas e das temáticas abordadas permite não apenas identificar padrões recorrentes, mas também discutir até que ponto estes padrões refletem prioridades curriculares explícitas ou implícitas, bem como o tipo de competências que os exames efetivamente privilegiam.

Estudos anteriores examinaram diversos aspetos dos Exames Nacionais Finais, resultando em conclusões que fundamentam esta investigação. Andrade (2012) demonstrou que as tipologias de itens têm impacto nos resultados dos alunos, observando que os itens que exigem operações cognitivas mais complexas apresentam, em média, desempenhos inferiores. Dado que estas tipologias influenciam o desempenho e, consequentemente, as classificações obtidas, a preparação para exames externos tende a orientar-se para os formatos e exigências da prova, exigindo estratégias pedagógicas específicas e podendo influenciar a natureza das tarefas propostas em contexto de sala de aula (McLaughlin, 2019). Estes resultados reforçam a necessidade de compreender como as tipologias de perguntas são distribuídas pelos exames e que implicações essa distribuição pode ter para a equidade e validade da avaliação.

A análise das temáticas dos exames também se mostra relevante. Investigações comparativas têm evidenciado que os Exames Nacionais, ao privilegiarem determinados conteúdos, podem contribuir para a padronização curricular e condicionar o que efetivamente é ensinado nas escolas (Silva et al., 2020). De forma convergente, Rey (2010) refere que os exames externos de alto impacto tendem a incentivar a concentração nos conteúdos mais suscetíveis de melhorar os resultados imediatos, fenómeno associado ao estreitamento curricular. Estas dinâmicas podem comprometer a amplitude e a profundidade das aprendizagens, favorecendo a preparação direcionada para o exame em detrimento de experiências educativas mais diversificadas. Tendo em conta estas conclusões, procedeu-se à identificação das temáticas de Geologia presentes em cada item, avaliando a sua

representatividade e consistência face ao currículo.

Adicionalmente, estudos focados nas práticas docentes sugerem que a pressão associada aos exames pode limitar oportunidades de aprendizagem mais profundas, particularmente aquelas que envolvem pensamento crítico, resolução de problemas ou discussão conceptual (Mota, 2014). Neste sentido, tornou-se pertinente verificar se determinadas temáticas estão associadas, de forma sistemática, a tipologias de itens que impliquem níveis cognitivos mais elevados, ou se, pelo contrário, predominam tipologias que favorecem aprendizagens de natureza mais superficial.

Com base na investigação previamente realizada nesta área, foram formuladas as seguintes questões-problema que orientam o presente estudo:

1. Há tipologias de perguntas predominantes nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?
2. Há temáticas predominantes nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?
3. Quais são as tipologias de perguntas predominantes para cada temática nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?

Partindo destas questões, esta investigação visa explorar a relação entre as tipologias de perguntas e as temáticas das mesmas em Exames Nacionais de Biologia e Geologia, com o objetivo de perceber se os exames finais nacionais cumprem os objetivos educacionais com os quais se comprometem e fazer uma reflexão crítica acerca dos mesmos.

A relevância deste estudo manifesta-se em diferentes dimensões. Em primeiro lugar, permite verificar se o formato das perguntas está alinhado com as competências que se pretende desenvolver nos alunos, nomeadamente o raciocínio científico, a mobilização de conhecimentos em novos contextos e a capacidade de resolver problemas. Em segundo lugar, a análise das temáticas possibilita identificar se existe equilíbrio na cobertura dos conteúdos programáticos ou se algumas áreas tendem a ser sistematicamente privilegiadas ou omitidas. Por fim, os resultados poderão contribuir para uma discussão crítica sobre o papel regulador da avaliação externa e sobre eventuais efeitos indesejados, como a redução curricular, a homogeneização das aprendizagens ou a tendência para práticas de ensino orientadas para a preparação para o exame, em detrimento de experiências educativas mais diversificadas e significativas.

Deste modo, este estudo procura não apenas caracterizar os Exames Nacionais, mas também problematizar os seus efeitos educativos, contribuindo para uma reflexão mais ampla sobre a equidade e a coerência da avaliação externa no sistema educativo português.

METODOLOGIA

A amostra deste estudo é constituída pelos Exames Nacionais Finais de Biologia e Geologia do 11.º ano, da 1.ª e 2.ª fases dos anos de 2020, 2021, 2022 e 2023,

totalizando oito exames e 129 perguntas analisadas (Tabela 1). Considerando a escala de 0 a 200 pontos, na 1.^a fase realizaram o exame 41 460 alunos em 2020 (média de 140), 36 517 em 2021 (120), 39 138 em 2022 (108) e 38 617 em 2023 (114). Na 2.^a fase, registaram-se 6 816 alunos em 2020 (média de 112), 8 959 em 2021 (99), 10 974 em 2022 (103) e 12 266 em 2023 (109).

Os exames foram obtidos através do repositório oficial do Instituto de Avaliação Educativa, I.P. (IAVE), e os números de inscritos e as médias das classificações foram retirados das bases de dados estatísticas disponibilizadas pelo Júri Nacional de Exames da Direção-Geral da Educação do Ministério da Educação, Ciência e Inovação de Portugal.

Foram incluídas todas as perguntas que abordassem conteúdos de Geologia, mesmo quando articuladas com temáticas de Biologia. Para cada uma delas procedeu-se à identificação e análise da tipologia do item e da ou das temáticas científicas abordadas. A análise foi realizada de forma independente por duas autoras, com base num acordo interobservador prévio, sendo as pequenas discrepâncias detetadas discutidas até se atingir o consenso, assegurando a fiabilidade da classificação.

Tabela 1. Número de perguntas de Geologia da 1.^a e 2.^a fase dos Exames Nacionais de Biologia e Geologia.

Exame	Fase	Número de perguntas
2020	1	17
	2	16
2021	1	17
	2	15
2022	1	18
	2	16
2023	1	16
	2	14
Total		129

Classificação das tipologias de itens

A classificação das tipologias de perguntas seguiu as definições propostas no documento “Instrumentos de Avaliação Externa – Tipologia de Itens” do IAVE, que distingue itens de seleção e itens de construção (Tabela 2).

Tabela 2. Tipologias de itens dos Instrumentos de Avaliação Externa

Grupos	Tipologia	Descrição
Itens de seleção	Associação	Estabelecimento de uma correspondência entre os elementos de dois conjuntos.
	Completamento por seleção	Preenchimento de espaços em branco, mediante a seleção de entre um conjunto de elementos fornecido.
	Escolha múltipla	Seleção de uma resposta de entre todas as fornecidas, geralmente quatro.
	Ordenação	Seriação de vários elementos de acordo com um critério lógico ou cronológico.
	Resposta alternativa	Classificação de cada afirmação como “verdadeira” ou “falsa”, por exemplo.
Itens de construção	Completamento por produção	Preenchimento de espaços em branco com, por exemplo, palavras ou expressões que não são fornecidas.
	Resposta curta	Apresentação de uma palavra, expressão, frase, fórmula ou número.
	Resposta restrita	Apresentação de uma explicação, previsão, conclusão, justificação, representação ou construção gráfica.
	Resposta extensa	Resposta com maior extensão em comparação com a resposta restrita.

Classificação das temáticas

A categorização temática foi realizada com base nas Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia e nos conteúdos dos manuais escolares do 10.º e 11.º anos publicados em 2021 e 2022. Foram definidas 13 temáticas geológicas: a medida do tempo e a idade da Terra; a Terra e os seus subsistemas; a Terra, um planeta em mudança; deformação das rochas; estudo da estrutura interna da geosfera; exploração sustentada de recursos geológicos; fósseis; minerais; rochas magmáticas; rochas metamórficas; rochas sedimentares; sismologia; e vulcanismo.

RESULTADOS

Nesta secção apresentam-se exclusivamente os resultados obtidos a partir da análise das tipologias e das temáticas das perguntas de Geologia nos Exames Nacionais de Biologia e Geologia entre 2020 e 2023. A apresentação dos dados segue a ordem das questões-problema definidas.

1ª Questão-problema: Há tipologias de perguntas predominantes nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?

A análise das tipologias incluiu as perguntas de Geologia da 1.ª e 2.ª fases de cada exame (Tabela 3). Os itens de seleção representaram 83,58% das tipologias identificadas, enquanto os itens de construção corresponderam a 16,42%. A escolha múltipla foi a tipologia mais frequente (63,43%), tratando-se de um item de seleção, seguindo-se da resposta restrita (15,16%), um item de construção. As únicas tipologias de perguntas que não são encontradas neste conjunto de exames são a de completamento enquanto item de construção e a de resposta extensa.

sa. Ressalvamos ainda que cinco perguntas foram classificadas simultaneamente como completamento (item de seleção) e escolha múltipla. Esta dupla classificação deve-se ao facto de, conforme previsto pelo IAVE, alguns itens combinarem mais do que um formato. Por exemplo, um item de completamento pode exigir que o aluno selecione a opção correta entre várias escolhas múltiplas, cada uma com três ou quatro alternativas. Nesses casos, a estrutura da pergunta integra dois formatos distintos, razão pela qual o total de tipologias identificadas (134) excede o número total de perguntas (129).

Tabela 3. Tipologias de perguntas de Geologia dos Exames Nacionais de Biologia e Geologia de 2020 a 2023.

Tipologia		Frequência absoluta	Frequência relativa
Itens de seleção	Associação	6	4,48%
	Completamento	5	3,73%
	Escolha múltipla	85	63,43%
	Ordenação	7	5,22%
	Resposta alternativa	9	6,72%
Itens de construção	Completamento	0	0,00%
	Resposta curta	1	0,75%
	Resposta restrita	21	15,16%
	Resposta extensa	0	0,00%
Total		134	100,00%

2ª Questão-problema: Há temáticas predominantes nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?

A distribuição das perguntas pelas 13 temáticas definidas encontra-se representada no Gráfico 1. Observou-se uma distribuição assimétrica entre as temáticas, com maior incidência em “Rochas sedimentares” (15,3%) e sobre “Vulcanismo” (12,0%). Por outro lado, as temáticas menos representadas foram o “Estudo da estrutura interna da geosfera” (2,9%), “Exploração sustentada de recursos geológicos” (3,3%) e “A Terra e os seus subsistemas” (3,3%). Em múltiplos casos, as perguntas incorporavam mais do que uma temática.

EIXO TEMÁTICO

05. Currículo e políticas educativas em Educação em Ciências

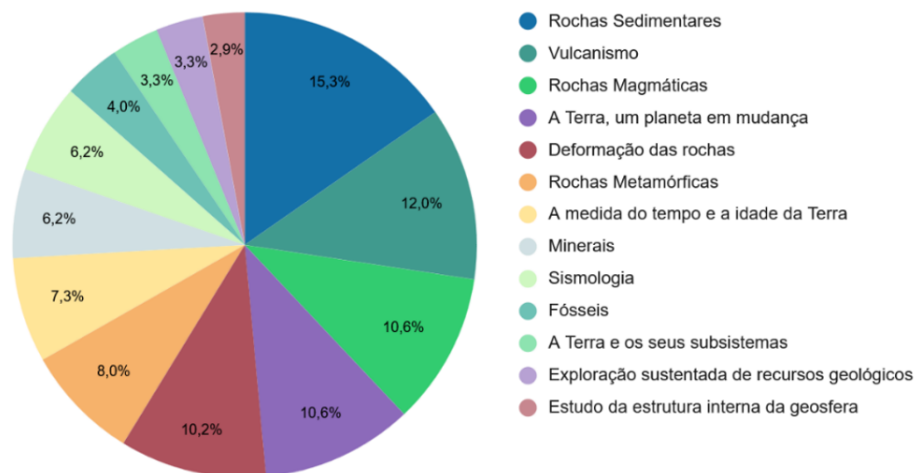


Figura 1. Temáticas de perguntas de Geologia dos Exames Nacionais de Biologia e Geologia de 2020 a 2023.

3ª Questão-problema: Quais são as tipologias de perguntas predominantes para cada temática nas perguntas de Geologia dos Exames Nacionais?

O Gráfico 2 apresenta a relação entre itens de seleção e itens de construção por temática. Todas as temáticas foram maioritariamente avaliadas através de itens de seleção, exceto “A Terra e os seus subsistemas”, na qual predominaram os itens de construção. As temáticas “Estudo da estrutura interna da geosfera” e “Fósseis” foram avaliadas exclusivamente com itens de seleção.

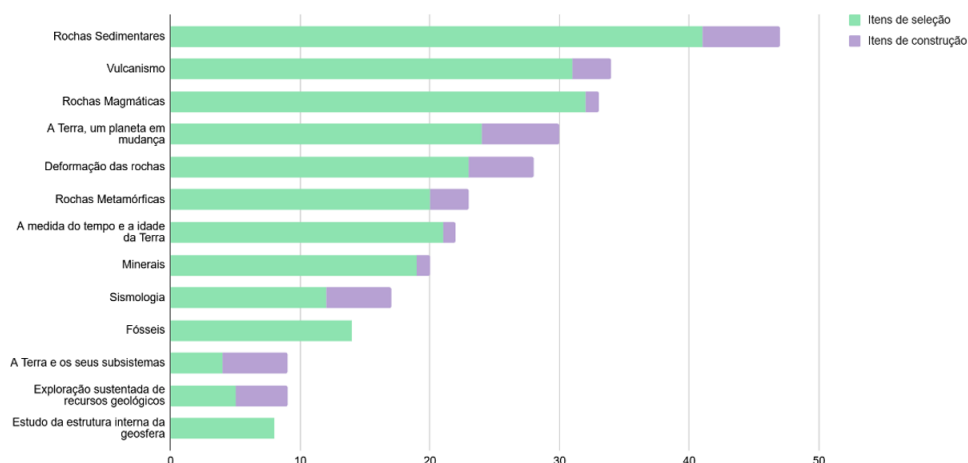


Figura 2. Tipologia de perguntas para cada temática de Geologia dos Exames Nacionais de Biologia e Geologia de 2020 a 2023, considerando itens de construção e de seleção.

No Gráfico 3 analisam-se detalhadamente as tipologias individuais associadas a cada temática. A tipologia de escolha múltipla predominou em praticamente todas as temáticas, excetuando “A Terra e os seus subsistemas” e “Exploração sustentada de recursos geológicos”. A temática “Estudo da estrutura interna da geosfera” foi avaliada exclusivamente por itens de escolha múltipla (oito perguntas). Os itens de associação foram apenas utilizados em cinco temáticas: “Minerais”, “Rochas magmáticas”, “Rochas metamórficas”, “Rochas sedimentares” e “Vulcanismo”. Apenas a temática “Sismologia” integrou uma pergunta de resposta curta.

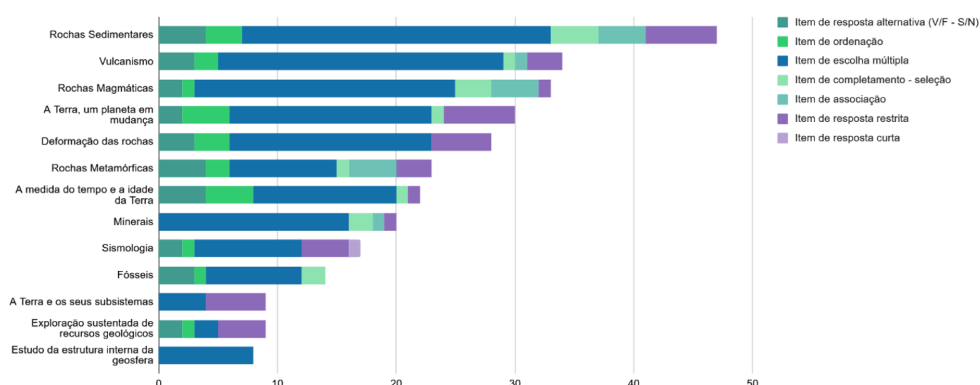


Figura 3. Tipologia de perguntas para cada temática de Geologia dos Exames Nacionais de Biologia e Geologia de 2020 a 2023, considerando as tipologias individualmente.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem identificar tendências relevantes na estrutura das avaliações externas de Biologia e Geologia, especialmente no domínio dos conteúdos de Geologia.

A predominância de itens de seleção, em particular de perguntas de escolha múltipla, revela que os Exames Nacionais tendem a privilegiar formatos centrados na identificação ou seleção de respostas. Este predomínio apresenta implicações importantes: como refere Black (1997), os alunos podem errar uma questão apesar de possuírem um raciocínio parcialmente correto, ou acertá-la sem mobilizar uma compreensão efetiva. Além disso, estudos como o de Mota (2014) indicam que alunos com melhor desempenho em itens de construção tendem a apresentar resultados escolares mais consistentes, sugerindo que a predominância de itens de seleção pode limitar a compreensão do desempenho real dos estudantes. Embora a resposta restrita esteja presente nos exames e permita avaliar explicações mais desenvolvidas, continua a surgir em proporção reduzida. Andrade (2012) assinala que este tipo de item avalia níveis cognitivos complexos, mas está associado a desempenhos mais baixos, enquanto os itens de associação tendem a apresentar melhores resultados. O insucesso pode também estar relacionado com fatores mais amplos, incluindo lacunas de conhecimentos básicos (nomeadamente da

língua portuguesa), falta de diversificação pedagógica, métodos de estudo pouco eficazes, dificuldades de autorregulação e condicionantes socioeducativas que influenciam as práticas letivas (Andrade, 2012).

A análise temática evidenciou um desequilíbrio acentuado na distribuição dos conteúdos avaliados. Os exames incidem de forma recorrente sobre um conjunto restrito de temáticas, tendência já apontada por Silva et al. (2020) na área da Biologia. Este padrão pode contribuir para o estreitamento curricular, amplamente descrito por Kellaghan e Greaney (2001), em que os professores, pressionados pelos exames, tendem a concentrar o ensino nos conteúdos mais frequentemente avaliados (Ventura, 2014). Além disso, os exames podem sobrevalorizar determinados conteúdos e incluir outros que nem sempre são trabalhados nas práticas letivas (Alves, 2014), o que compromete a sua função enquanto instrumento de avaliação global (Lopes & Precioso, 2022; Alves, 2014). Tal como referem Lopes e Precioso (2022), observa-se ainda um predomínio da dimensão “Aprender ciência”, com ausência de outras dimensões da literacia científica. Considerando que os Exames Nacionais têm como função avaliar a consecução das orientações curriculares/aprendizagens essenciais (Decreto-Lei n.º 139/2012, de 5 de julho), estes resultados levantam questões quanto à sua capacidade de refletir plenamente as Aprendizagens Essenciais da disciplina.

A articulação entre tipologias e temáticas confirma este desequilíbrio: a maioria dos conteúdos é avaliada sobretudo por itens de seleção, o que reforça a limitação na avaliação de competências mais complexas. Algumas temáticas, como “Fósseis” e “Estudo da estrutura interna da Terra”, não são avaliadas com itens de construção, o que favorece respostas mais imediatas, mas restringe a avaliação de raciocínios mais elaborados (Black, 2002). Já os itens de associação, utilizados em aprendizagens de níveis cognitivos mais baixos, favorecem um melhor desempenho nessas temáticas (Andrade, 2012). A literatura evidencia que a tipologia das perguntas influencia de forma direta as competências avaliadas (Mota, 2014), bem como os resultados médios e a dificuldade percebida pelos alunos nas diferentes temáticas (Andrade, 2012).

As limitações metodológicas deste estudo exploratório, incluindo o tamanho reduzido da amostra, devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Futuras investigações poderão beneficiar de uma amostra mais alargada, permitindo uma análise mais robusta da eficácia das avaliações externas.

Em síntese, os resultados apontam para a necessidade de rever a estrutura dos exames finais nacionais de Biologia e Geologia, promovendo maior diversidade de tipologias e uma distribuição mais equilibrada das temáticas avaliadas. A concentração temática e predomínio de itens de seleção limitam a avaliação global das aprendizagens essenciais, podendo contribuir para um ensino excessivamente orientado para a preparação do exame, desvalorizando as competências transversais. Reformulações ao nível das políticas educativas, alinhadas com uma avaliação externa mais diversificada e articulada com práticas internas, poderão promover uma avaliação mais justa e representativa das competências que se pretende que os alunos adquiram.

REFERÊNCIAS

- Alves, J. (2014). Exames: Mitos e realidades. In J. Machado & J. Alves (Orgs.), *Melhorar a escola: Sucesso escolar, disciplina, motivação, direção de escolas e políticas educativas* (pp. 155–169). Universidade Católica Portuguesa.
- Andrade, M. (2012). *Exames nacionais: a influência da tipologia dos itens nos resultados das provas de Biologia e Geologia* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora]. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/14840/1/Tese%20Final%20-%20FI%c3%b4%20DEZ.pdf>
- Black, P. (2002). *Testing: friend or foe? Theory and practice of assessment and testing*. Routledge. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA35162760>
- Direção-Geral da Educação (s. d.). *Modalidades de avaliação*. <https://www.dge.mec.pt/modalidades-de-avaliacao>
- Kellaghan, T., & Greaney, V. (2001). *Using assessment to improve the quality of education* (p. 98). UNESCO, International Institute for Educational Planning. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA63599097>
- Lopes, T., & Precioso, J. (2022). Avaliação da qualidade dos exames de Biologia e Geologia do ensino secundário português. *Revista Portuguesa de Educação*, 35(2), 211–227. <https://doi.org/10.21814/rpe.21651>
- Mota, M. (2014). *Impacte da Avaliação Externa no Ensino Secundário de Biologia e Geologia: Um Estudo Exploratório* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/78610/2/34697.pdf>
- Decreto-Lei n.º 139/2012 de 5 de junho de 2012. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 129. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/139-2012-178548>
- Silva, D., Vaz-Rebelo, P., & Canhoto, C. (2020). Avaliação adequada ao currículo? O que dizem os conteúdos solicitados nas provas de Biologia dos exames nacionais em Portugal e no Brasil. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e12465. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020220115>
- Ventura, G. (2014). *Avaliação externa e qualidade das aprendizagens*. Conselho Nacional de Educação. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/81462/2/107335.pdf>

O DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS: UMA ESTRATÉGIA NO CONTEXTO DO ENSINO REMOTO

Lorena de Melo Pinheiro Cardoso¹ & Aparecida de Fátima Andrade da Silva²

¹Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

²Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

lorenna.pinheirocardoso@gmail.com

RESUMO

Este estudo analisa o desenvolvimento da Alfabetização Científica no ensino de soluções químicas em contexto de ensino remoto emergencial, por meio da leitura orientada de artigos científicos e da produção de videoaulas autorais, no período de abril a junho de 2021. A pesquisa, de natureza qualitativa e descritiva, envolveu 65 estudantes do 2º ano do Ensino Médio em Tempo Integral Profissional do Curso Técnico em Química, no Brasil. Foram aplicados questionários diagnósticos pré e pós-intervenção, analisadas 13 videoaulas produzidas pelos grupos e realizadas entrevistas semiestruturadas com estudantes voluntários. Os resultados evidenciam ampliação do vocabulário científico, maior precisão terminológica e transição de explicações descritivas para explicações causais, com integração entre níveis macroscópico, simbólico e microscópico. Observou-se também desenvolvimento de autonomia e reelaboração conceitual durante o processo de autoria. Conclui-se que estratégias centradas na participação ativa e na produção discursiva favorecem a Alfabetização Científica, embora os resultados se restrinjam ao contexto investigado.

Palavras-chave: Alfabetização Científica; Ensino Remoto; Ensino de Química; Metodologias Ativas; Soluções Químicas.

INTRODUÇÃO

O ensino de Química, enquanto campo formativo estruturado dentro da área de Ciências da Natureza, tem como finalidade promover a compreensão da matéria, suas propriedades e transformações, possibilitando ao estudante interpretar fenomenologicamente o mundo que o cerca (Pozo e Crespo, 2009). No entanto, a apropriação conceitual em Química frequentemente encontra barreiras, especialmente quando envolve temas de caráter abstrato, como níveis submicroscópicos, dissolução e interações intermoleculares, aspectos essenciais para o entendimento do tópico soluções químicas. Estudos na área indicam que a dificuldade em articular os níveis macroscópico, microscópico e simbólico constitui um dos principais entraves à aprendizagem desse conteúdo (Echeverría, 1996; Suart & Marcondes, 2009).

Nesse contexto, a Alfabetização Científica constitui o objetivo maior do ensino de Ciências, pois possibilita ao estudante compreender, argumentar, comuni-

car-se com base em evidências e atuar socialmente de forma crítica. Sasseron e Machado (2017) defendem que a alfabetização científica se inicia antes da escola, mas ganha solidez no espaço escolar ao ser intencionalmente sistematizada para promover formas de pensar, interpretar e agir sobre fenômenos naturais que perpassam a vida cotidiana. Sob perspectiva complementar, Sasseron e Carvalho (2011) apresentam três eixos fundamentais que sustentam essa formação: compreensão de conceitos científicos, compreensão da natureza da ciência e relação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Além disso, pesquisas sobre argumentação e habilidades cognitivas no ensino de Química indicam que o desenvolvimento da linguagem científica e da capacidade explicativa depende de práticas que favoreçam problematização, mediação dialógica e produção discursiva (Gouvêa e Suart, 2014; Suart & Marcondes, 2009).

Nessa perspectiva formativa, Chassot (2018) amplia a discussão ao defender que a Alfabetização Científica deve possibilitar ao estudante “ler o mundo” por meio da ciência, compreendendo-a como construção humana histórica e socialmente situada. Para o autor, ensinar Ciências implica formar sujeitos capazes de interpretar criticamente fenômenos, questionar informações e comunicar-se com base em fundamentos científicos, ultrapassando a mera reprodução de conceitos. Tal compreensão reforça a necessidade de práticas pedagógicas que mobilizem autonomia intelectual, interpretação e produção discursiva no ambiente escolar.

Essa orientação dialoga com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), que estabelece como finalidade do ensino de Ciências da Natureza o desenvolvimento de competências relacionadas à interpretação de fenômenos, argumentação fundamentada e mobilização do conhecimento científico em diferentes contextos sociais. Branco et al. (2018) ressaltam que a BNCC reforça a articulação entre alfabetização e letramento científico, defendendo práticas pedagógicas que favoreçam o uso consciente da linguagem científica e a construção ativa de explicações, em consonância com uma formação crítica e participativa.

A pandemia de COVID-19 instaurou uma ruptura metodológica e demandou reorganização pedagógica emergencial, deslocando o processo educativo para o meio digital. Diante da indefinição do retorno presencial, tornou-se indispensável adotar propostas que garantissem continuidade da aprendizagem e engajamento discente no ensino remoto emergencial, considerando tanto as potencialidades quanto os limites das tecnologias digitais nesse contexto (Cunha et al., 2020). A pesquisa que fundamenta este artigo emerge dessa necessidade e busca compreender como promover a Alfabetização Científica a partir do ensino de soluções químicas, valorizando a leitura, a análise crítica, a produção autoral e o protagonismo estudantil como mecanismos de aprendizagem ativa.

O trabalho foi desenvolvido com 65 estudantes do 2º ano do Ensino Médio em Tempo Integral Profissional (Técnico em Química) da Escola Sandoval Soares de Azevedo, Brasil, utilizando como eixo metodológico a leitura orientada de artigos científicos e a produção de videoaulas autorais, estratégia que favoreceu a participação ativa, o protagonismo estudantil e a apropriação da linguagem científica especializada. A proposta se justifica por ocorrer em um período em que o desenvolvimento do pensamento científico se tornou ainda mais relevante, exigindo indivíduos capazes de interpretar informações, argumentar e decidir com criticidade.

Este estudo teve como objetivo analisar o desenvolvimento da Alfabetização Científica no ensino de soluções químicas, em contexto de ensino remoto emergencial, compreendendo de que modo uma prática didático-pedagógica colaborativa poderia contribuir para a superação das dificuldades conceituais inerentes a esse conteúdo. De forma específica, buscou-se investigar a compreensão de conceitos centrais relacionados às soluções químicas; analisar o papel da leitura e interpretação de textos científicos na construção conceitual; examinar evidências de ampliação da linguagem científica e da argumentação; e identificar indícios de mobilização de habilidades cognitivas no processo de aprendizagem.

O presente artigo constitui um recorte de uma pesquisa mais ampla desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), na Universidade Federal de Viçosa, na qual se investigou o desenvolvimento da Alfabetização Científica no ensino de soluções químicas. Nesta versão, focalizam-se especificamente os resultados relacionados à prática implementada no contexto do ensino remoto emergencial.

METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e descritiva (Coutinho, 2013) e foi desenvolvida com estudantes do 2º ano do Ensino Médio em Tempo Integral Profissional (Curso Técnico em Química), regularmente matriculados na Escola Sandoval Soares de Azevedo, vinculada à Fundação Helena Antipoff, no Brasil. O total de estudantes convidados para participar da pesquisa foi de 73, conforme lista de enturmação fornecida pela secretaria da escola no início do ano letivo de 2021. Desses, 65 estudantes mantiveram-se ativos ao longo do período investigativo, constituindo o grupo efetivamente acompanhado nas atividades propostas. Registra-se ainda a transferência de dois estudantes após o início da pesquisa, um caso de evasão escolar e cinco estudantes que não realizaram atividades no formato remoto.

Todo o processo ocorreu durante o Ensino Remoto Emergencial, entre os meses de abril e junho de 2021, condição que exigiu reorganização pedagógica, mediação tecnológica constante e adoção de estratégias metodológicas capazes de promover engajamento, continuidade formativa e construção conceitual mesmo à distância. O estudo teve como foco central analisar como experiências de leitura científica, discussão colaborativa e produção audiovisual contribuem para o desenvolvimento da Alfabetização Científica no ensino de soluções químicas — tema tradicionalmente reconhecido como desafiador pela abstração requerida para compreender fenômenos microscópicos e relações moleculares.

A construção metodológica foi concebida como um fluxo contínuo, evolutivo e interdependente, no qual cada etapa fundamentava a seguinte. Inicialmente, em abril de 2021, aplicou-se um questionário diagnóstico on-line com questões abertas e fechadas, utilizado para identificar concepções prévias sobre soluto, solvente, dissolução, concentração, solubilidade e interações intermoleculares. Esse instrumento permitiu observar o nível de apropriação conceitual e a forma discursiva utilizada pelos estudantes para explicar fenômenos químicos.

A partir desse levantamento preliminar, entre abril e maio de 2021, os estudantes foram organizados em grupos para leitura, pesquisa e discussão de artigos científicos selecionados em bancos acadêmicos (SciELO, Google Acadêmico, Portal CAPES). A seleção dos textos foi realizada pela pesquisadora, considerando como critérios: (i) relação direta com o conteúdo de soluções químicas; (ii) abordagem da Alfabetização Científica ou metodologias ativas no ensino de Química; (iii) adequação da linguagem ao nível de ensino médio; e (iv) potencial para subsidiar a produção das videoaulas. Para o levantamento, utilizaram-se descritores como “soluções químicas”, “ensino de soluções”, “alfabetização científica” e “ensino de Química”. O material selecionado serviu como base teórica para construção discursiva e análise crítica, sendo trabalhado por meio de fichamentos, sínteses textuais e debates em encontros síncronos na plataforma digital.

Com base nesse arcabouço teórico, foi solicitada a produção de videoaulas autorais pelos 13 grupos formados pelos estudantes, entregues em junho de 2021, com duração entre 10 e 15 minutos. Essa atividade constituiu o núcleo metodológico do estudo, pois exigiu que os alunos transformassem os conteúdos estudados em explicações próprias, reconstruindo conceitos e organizando informações em sequência lógica para comunicar ciência com clareza e coerência. Para a criação dos vídeos, foram utilizadas ferramentas como PowerPoint, Canva, Google Meet, VideoScribe, Filmora e simulações PhET.

As videoaulas foram apresentadas em encontros síncronos, seguidas de debate coletivo e devolutivas formativas da professora-pesquisadora. A avaliação das produções utilizou como referência os critérios previamente sistematizados na pesquisa, contemplando: participação na discussão do tema; elaboração dentro do prazo estabelecido; utilização de ferramentas digitais; uso do artigo científico como referência; adequação ao tema proposto (soluções químicas); realização de prática experimental; uso predominante de vocabulário científico; exploração dos conceitos do artigo no conteúdo apresentado; utilização de ilustrações adequadas; e demonstração de domínio do conteúdo. Esses critérios orientaram a organização dos dados referentes às produções dos 13 grupos.

Após a finalização das gravações, ainda em junho de 2021, foi aplicado um questionário avaliativo final, com estrutura semelhante ao diagnóstico inicial, possibilitando comparar as respostas nos dois momentos da investigação. Também foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os estudantes, a fim de compreender percepções, dificuldades e significados atribuídos ao processo de produção científica.

Os dados obtidos foram organizados e submetidos à análise qualitativa interpretativa, considerando aspectos como evolução lexical, precisão terminológica, ampliação argumentativa e articulação entre níveis representacionais. A triangulação entre questionários, videoaulas e entrevistas foi adotada como estratégia metodológica para fortalecer a consistência interpretativa da análise.

RESULTADOS

A análise dos questionários iniciais e finais, somada à avaliação das 13 videoaulas

produzidas e às entrevistas realizadas com os estudantes, revelou avanços significativos no domínio conceitual e na forma de expressar explicações científicas sobre o tema soluções químicas. Consideraram-se, para as análises, os 65 estudantes que se mantiveram ativos ao longo do período investigativo (abril a junho de 2021), respeitando-se as variações de participação em cada instrumento aplicado. No diagnóstico inicial, predominavam respostas descritivas e de caráter macroscópico, baseadas em observações sensoriais do fenômeno (“o pó some na água”, “mistura até dissolver”), indicando ausência de compreensão das interações particuladas envolvidas na formação de soluções. Esse cenário confirma achados clássicos de Echeverría (1996), que identifica a dissolução como um dos conteúdos de maior dificuldade conceitual para estudantes por exigir transição cognitiva entre níveis macroscópico e microscópico.

Após o desenvolvimento da prática pedagógica, os dados evidenciaram aumento expressivo no uso de terminologia científica e na capacidade de justificar relações químicas. Termos como *interação intermolecular*, *energia de solvatação*, *polaridade* e *dissociação iônica* passaram a aparecer recorrentemente nas respostas finais, substituindo explicações restritas ao visual. Esse deslocamento discursivo reforça o que Branco et al. (2018) e a BNCC (Brasil, 2018) defendem: a alfabetização científica emerge quando o estudante compreende fenômenos, interpreta evidências e mobiliza linguagem técnica para explicar o real.

O progresso torna-se ainda mais visível na comparação entre os dois instrumentos avaliativos. Observou-se que, no questionário final, os estudantes passaram a estruturar respostas com raciocínio causal, descrevendo não apenas o que ocorre, mas por que ocorre. Explicações como: “A solução permanece homogênea devido à dispersão uniforme das partículas de soluto entre as moléculas de solvente, favorecida por interações intermoleculares compatíveis.” demonstram avanço cognitivo e maturidade discursiva frente às respostas iniciais. Esse resultado se alinha ao que Suart e Marcondes (2009) apontam como evolução de habilidades cognitivas superiores: análise, explicação, inferência e argumentação científica. Ainda que a tendência geral tenha sido de ampliação conceitual, observaram-se variações no nível de aprofundamento das explicações, especialmente no que se refere à explicitação de aspectos energéticos do processo de dissolução.

A produção das videoaulas configurou-se como o ponto central da aprendizagem. Das 65 matrículas ativas, 58 estudantes participaram da elaboração das 13 videoaulas, sendo que 40 estiveram presentes em todas as etapas da intervenção. Os estudantes precisaram ler, interpretar, selecionar conceitos-chave, organizar roteiro e transformar conhecimento escrito em linguagem simétrica, visual e comparável. Esse processo exigiu reelaboração conceitual, reorganização discursiva e articulação entre diferentes formas de representação do conhecimento científico. Em várias videoaulas, observou-se clara integração entre o fenômeno observado (nível macroscópico), representações simbólicas (equações, gráficos, molaridade) e o nível microscópico (interações particuladas), o que sugere indícios de aprendizagem inter-representacional associada à intervenção pedagógica mediada.

As entrevistas semiestruturadas reforçam essa interpretação. Muitos estudantes relataram que, antes de produzir o vídeo, “achavam” que haviam entendido o conteúdo, mas ao tentar explicar em voz alta reconheceram lacunas e retornaram

ao estudo para reorganizar ideias. Esse movimento circular de aprender–explicar–reaprender é um indicador direto do desenvolvimento metacognitivo descrito por Gouvêa e Suart (2014), quando afirmam que argumentação, tomada de decisão e reconstrução conceitual não acontecem de forma espontânea, mas são ativadas por situações de autoria.

Em síntese, os dados mostram que a proposta pedagógica promoveu evolução do vocabulário científico; maior domínio conceitual em soluções químicas; desenvolvimento de raciocínio causal e argumentativo; integração entre níveis macro, simbólico e microscópico; autonomia intelectual e autoria no discurso científico. Observa-se, contudo, que a progressão ocorreu com intensidades diferenciadas entre os participantes, evidenciando tanto avanços quanto desafios na consolidação de determinados aspectos conceituais.

Os resultados confirmam que a Alfabetização Científica não emerge apenas pela exposição ao conteúdo, mas por processos que exigem participação ativa dos estudantes, favorecendo a interpretação, a análise, a comunicação e a reconstrução ativa do conhecimento.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que a integração entre leitura científica orientada, mediação dialógica e produção de videoaulas autorais constituiu uma estratégia relevante para o desenvolvimento da Alfabetização Científica no ensino de soluções químicas, em contexto de ensino remoto emergencial. A evolução conceitual observada em parte significativa dos estudantes, evidenciada pelo uso ampliado de terminologia científica, pela presença de explicações de natureza causal e pela tentativa de articulação entre os níveis macroscópico, simbólico e microscópico, indica que práticas didáticas centradas na autoria podem favorecer aprendizagens mais elaboradas do que abordagens exclusivamente expositivas.

O deslocamento do estudante de receptor para produtor do conhecimento científico corrobora a compreensão de que alfabetizar cientificamente não consiste apenas em transmitir definições, mas em possibilitar que o sujeito interprete, reelabore e comunique ciência (Brasil, 2018; Chassot, 2018). Ao organizar e explicar conceitos em formato autoral, os estudantes foram levados a revisitar conteúdos, identificar lacunas e reorganizar argumentos, movimento coerente com o que Gouvêa e Suart (2014) descrevem como desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores no ensino de Ciências.

O contexto de ensino remoto emergencial, inicialmente marcado por desafios estruturais e organizacionais, configurou-se como espaço de experimentação pedagógica. As tecnologias digitais não substituíram o conhecimento, mas atuaram como mediadoras do processo formativo, possibilitando leitura, debate e produção audiovisual. Tal experiência reafirma que o ambiente virtual, quando pedagogicamente intencional, pode fortalecer a aprendizagem e não enfraquecê-la (Cunha et al., 2020). Ainda assim, reconhece-se que o formato remoto impôs limitações relacionadas à participação discente, às condições de acesso e à interação entre

os grupos.

É importante destacar que este estudo foi realizado com um número específico de estudantes do Ensino Médio do Curso Técnico em Química, em período definido (abril a junho de 2021) e em contexto de ensino remoto emergencial, o que delimita o alcance de suas conclusões. Além disso, a análise possui natureza qualitativa e interpretativa, não permitindo generalizações estatísticas para outros contextos educacionais. A participação discente variou ao longo das etapas da pesquisa, aspecto que também deve ser considerado na leitura dos resultados.

Como desdobramentos possíveis, sugere-se a ampliação da investigação para outros conteúdos da Química, bem como a realização de estudos comparativos em contextos presenciais ou híbridos, de modo a aprofundar a compreensão sobre o papel da autoria e da leitura científica no desenvolvimento da Alfabetização Científica.

Em síntese, os resultados indicam que a Alfabetização Científica pode ser favorecida por práticas que integrem leitura, problematização e produção autoral no ensino de soluções químicas, ainda que seu desenvolvimento se dê de forma gradual e com variações entre os estudantes. Formar leitores e produtores de ciência no ambiente escolar mostra-se possível e necessário, desde que reconhecidos os limites e especificidades do contexto investigado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Helena Antipoff (FHA) e à Escola Sandoval Soares de Azevedo (ESSA) pelo apoio institucional, pela autorização para o desenvolvimento da pesquisa e por garantir as condições necessárias para sua execução em contexto de ensino remoto. Reconheço o empenho dos servidores e a participação ativa dos estudantes do Curso Técnico em Química, cuja colaboração foi essencial para a coleta de dados e para a concretização dos objetivos deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo incentivo ao desenvolvimento profissional docente e pelo financiamento que viabiliza a qualificação de professores pesquisadores em nível nacional.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Química – PROFQUI da Universidade Federal de Viçosa (UFV), expresso reconhecimento pelo suporte científico e metodológico oferecido durante o percurso formativo. Agradeço às coordenações, aos professores e à equipe acadêmica do programa pela orientação teórica, pelas discussões de pesquisa e pela qualidade formativa que contribuíram para o rigor desta produção.

Reitero agradecimentos às instituições educacionais que compõem esta trajetória, pela confiança, pelo compromisso com a pesquisa aplicada e pela efetivação de um ambiente que valoriza a ciência, a formação docente e o avanço do ensino de Química no país.

REFERÊNCIAS

- Branco, A. B. G., Branco, E. P., Iwasse, L. F. A., & Nagashima, L. A. (2018). *Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica*. *Revista Valore*, 3, 702–713. <https://doi.org/10.22408/rev302018174702-713>
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. MEC. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Chassot, A. (2018). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação* (8ª ed.). Editora Unijuí.
- Coutinho, C. P. (2013). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática* (2ª ed.). Edições Almedina.
- Cunha, L. F. F., Silva, A. de S., & Silva, A. P. (2020). *O ensino remoto no Brasil em tempos de pandemia: Diálogos acerca da qualidade e do direito e acesso à educação*. *Revista Com Censo: Estudos Educacionais*, 7(3), 27–37. <https://periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso/article/view/924/553>
- Echeverría, A. R. (1996). *Como os estudantes concebem a formação de soluções*. *Química Nova na Escola*, (3), 23–27. <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/aluno.pdf>
- Gouvêa, L. G., & Suart, R. C. (2014). *Análise das Interações Dialógicas e Habilidades Cognitivas desenvolvidas durante a aplicação de um jogo didático no ensino de química*. *Ciências & Cognição*, 19(1), 27–46. <https://revista.ciencia-segnica.org/index.php/cec/article/view/859/594>
- Pozo, J. I., & Crespo, M. Á. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciência: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Artmed.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica e alguns aportes teóricos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 327–353. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246/172%20>
- Sasseron, L. H., & Machado, V. F. (2017). *Alfabetização científica na prática: Inovando a forma de ensinar física*. Editora Livraria da Física.
- Suart, R. C., & Marcondes, M. E. R. (2009). *A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química*. *Ciências & Cognição*, 14(1), 50–74. <https://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v14n1/v14n1a05.pdf>

O PAPEL DO DESIGN THINKING NO DESENVOLVIMENTO DA CRIATIVIDADE NUMA SEQUÊNCIA DE APRENDIZAGEM I-STEM

Ana Rita Alves^{1,2}, Pedro Pires¹, Mónica Baptista^{1,2} & Teresa Conceição^{1,2}

¹Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

²UIDEF - Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Educação e Formação (Portugal)

anaritaalves1@edu.ulisboa.pt

RESUMO

O Design Thinking (DT) é reconhecido como uma abordagem promotora da criatividade e da resolução de problemas na Educação STEM. Este estudo qualitativo analisou como 30 alunos do 12.º ano manifestaram as dimensões cognitiva e funcional da criatividade ao longo das fases do DT, numa sequência de aprendizagem STEM Integrado (I-STEM) composta por 10 aulas. O desafio consistiu no desenvolvimento de protótipos funcionais para monitorizar a qualidade do ar interior, através da medição da concentração de dióxido de carbono (CO₂). A recolha de dados incluiu registos escritos, observação direta e avaliação dos protótipos finais. Os resultados indicam que os grupos que realizaram mais iterações evidenciaram maior resiliência, maior originalidade na geração de ideias e melhor desempenho funcional das soluções desenvolvidas. O estudo sublinha o potencial do DT como estratégia pedagógica, reforçando a importância de estruturar sequências I-STEM que estimulem intencionalmente a iteração e a concretização de soluções práticas e inovadoras.

Palavras-chave: Criatividade; Design Thinking; Educação I-STEM.

INTRODUÇÃO

Apesar da rápida evolução científica e tecnológica que caracteriza a sociedade contemporânea, os sistemas educativos revelam, com frequência, dificuldades em acompanhar e integrar estas transformações de forma consistente e estruturada (OECD, 2025). Neste contexto, a educação STEM (do inglês *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) emergiu, procurando não só dar resposta à crescente necessidade de literacia científica e tecnológica, mas também promover o desenvolvimento de competências consideradas essenciais para a sociedade atual, como o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade (Bybee, 2013).

A integração de atividades de design de engenharia no ensino das ciências, em particular através do processo de Design Thinking (DT), tem vindo a ganhar relevância na investigação em educação STEM, não só pelo seu potencial para promover a integração das diferentes disciplinas STEM, mas também pela sua capacidade em potenciar o desenvolvimento de competências cognitivas e transversais nos alunos (Li et al., 2019; Simarro & Couso, 2021). De forma específica, diversos estudos mostram que o DT contribui para o desenvolvimento de compe-

tências de resolução de problemas (por exemplo, Kelley & Sung, 2017), favorece uma compreensão conceptual dos fenómenos científicos (por exemplo, Fan & Yu, 2017) e permite estabelecer ligações entre o conhecimento científico aprendido em contexto escolar e a sua aplicação em contextos reais (por exemplo, English, 2019).

Para além disso, o processo de DT encontra-se frequentemente associado ao desenvolvimento de novas ideias, fenómeno descrito na literatura como “criatividade de ideias” (Chang et al., 2018). A sua estrutura, simultaneamente organizada e flexível, proporciona um enquadramento orientador para a resolução criativa de problemas, criando oportunidades para que os alunos explorem, expressem e desenvolvam o seu potencial criativo de forma intencional e contextualizada (Henriksen, 2017; Stretch & Roehrig, 2021). Ainda assim, uma parte substancial da investigação existente tende a abordar o DT de forma abrangente, estabelecendo relações gerais entre a sua implementação e o desenvolvimento de competências, sem aprofundar de que modo os alunos se envolvem em cada uma das suas etapas nem como essas interações contribuem para a emergência dessas competências.

Assim, torna-se relevante analisar como os alunos participam no processo de DT, de que forma percorrem as suas diferentes etapas e como mobilizam esse processo na resolução de desafios do mundo real, de modo a compreender os mecanismos através dos quais essas competências emergem, se transformam e se consolidam ao longo de ciclos iterativos de aprendizagem (Alashwal, 2020; Wrigley & Straker, 2017). Ao examinar o aparecimento das dimensões criativas no contexto do DT, torna-se possível potenciar os resultados de aprendizagem, para além de promover um desenvolvimento deliberado da criatividade e das competências de resolução de problemas enquanto objetivos educativos explícitos (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021).

Neste enquadramento, o presente estudo procura contribuir para o corpo de conhecimento existente, analisando como os alunos percorrem as fases iterativas do DT numa sequência de aprendizagem STEM integrado (I-STEM) e de que forma a criatividade se manifesta ao longo desse processo, tanto na sua dimensão cognitiva como na sua dimensão funcional.

Especificamente, a investigação orienta-se pela seguinte questão de investigação:

(Q1) De que forma as dimensões cognitiva e funcional da criatividade se manifestam ao longo das diferentes fases iterativas do DT numa sequência de aprendizagem I-STEM?

Enquadramento teórico

Do STEM ao I-STEM

A educação STEM surgiu como resposta à necessidade de promover a inovação científica e tecnológica, bem como de reforçar a competitividade económica

num contexto global cada vez mais dependente do conhecimento (Bybee, 1997). Contudo, a implementação inicial de abordagens STEM revelou limitações significativas, nomeadamente o desinteresse de muitos alunos e a perceção de elevada complexidade e fragmentação dos conteúdos disciplinares (Wang et al., 2011). Estes desafios conduziram à evolução para abordagens integradas, dando origem ao conceito de I-STEM.

Ao contrário de modelos de ensino assentes em disciplinas isoladas, o I-STEM privilegia a articulação entre diferentes áreas do conhecimento, promovendo a aplicação integrada de conceitos e práticas na resolução de problemas autênticos do mundo real (McComas & Burgin, 2020; Ortiz-Revilla et al., 2022). Esta perspetiva sustenta-se numa visão da aprendizagem como um processo integrado e contextualizado, no qual os alunos mobilizam conhecimentos científicos, tecnológicos, de engenharia e matemáticos de forma interdependente. Para operacionalizar esta integração de modo eficaz em contextos de sala de aula, a literatura identifica o DT como uma prática educativa particularmente adequada, pela sua orientação para o problema, carácter iterativo e potencial para articular diferentes domínios disciplinares (Thibaut et al., 2018).

O papel do DT

O DT assume-se como um elemento central na concretização da Educação I-STEM, funcionando como uma componente metodológica que facilita a integração de práticas de engenharia nos currículos de ciências e promove uma compreensão interdisciplinar dos fenómenos em estudo (English, 2019; Honey et al., 2014). Trata-se de um processo simultaneamente analítico e criativo, capaz de apoiar a resolução de problemas complexos (Razzouk & Shute, 2012), caracterizando-se pela sua natureza iterativa, flexível e centrada no utilizador.

O DT é operacionalizado através de um conjunto de etapas interligadas, tais como a identificação e compreensão do problema, a desenvolvimento de ideias (Brainstorming), a prototipagem, o teste e avaliação de soluções. Estas etapas não seguem uma sequência linear rígida, mas funcionam em ciclos iterativos de reformulação e melhoria contínua (English & King, 2015; Yu et al., 2024). Para além de fomentar competências de resolução de problemas, esta estrutura cria condições para a mobilização sistemática da criatividade ao longo de todo o processo, permitindo aos alunos explorar alternativas e aperfeiçoar soluções de forma progressiva (Alashwal, 2020).

A criatividade

No contexto do DT e da educação I-STEM, a criatividade ultrapassa uma conceção restrita associada exclusivamente à expressão artística, assumindo um papel central nos processos de inovação, tomada de decisão e resolução de problemas (Glăveanu, 2018). A literatura conceptualiza a criatividade como um constructo multifacetado, que se manifesta através de dimensões complementares e interdependentes (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021; Glăveanu, 2018; Kaufman & Beghetto, 2009).

A dimensão cognitiva da criatividade relaciona-se com os processos mentais envol-

vidos no desenvolvimento, seleção e reformulação de ideias. Envolve o equilíbrio dinâmico entre pensamento divergente, associado à produção de múltiplas ideias e abordagens possíveis, e pensamento convergente, responsável pela análise crítica, seleção, melhoria e aperfeiçoamento das soluções (English & King, 2015; Starko, 2017).

A dimensão funcional, por sua vez, centra-se na capacidade de transformar ideias em soluções concretas e operacionais, avaliadas em função da sua relevância para o problema, eficácia, grau de novidade e elegância da solução proposta (Cropley & Cropley, 2005). Esta dimensão é particularmente relevante num contexto em que a criatividade se materializa em artefactos, modelos ou protótipos que respondem a critérios técnicos e contextuais específicos.

METODOLOGIA

Contexto do estudo

Este estudo realizou-se com 30 alunos do 12.º ano de uma escola pública situada num contexto urbano em Lisboa. Estes alunos integravam uma turma mista (híbrida) que combinava os cursos de Ciências e Tecnologias e de Artes Visuais. O grupo apresentava um equilíbrio de género, com 15 alunos do sexo masculino e 15 do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 16 e os 18 anos, sendo a idade predominante os 17 anos.

Sequência de aprendizagem

A sequência de aprendizagem I-STEM foi concebida pelo primeiro autor, validada pelo terceiro e quarto autores e por 80 professores de Ciências e Tecnologia envolvidos num projeto STEM. Decorreu ao longo de 10 aulas (450 minutos), com os alunos organizados em cinco equipas (T1–T5). A implementação foi conduzida pelo segundo autor, enquanto o primeiro atuou como investigador externo, promovendo a colaboração pedagógica. O desafio orientador foi: *“Como podemos saber se o ar que respiramos na escola é de boa qualidade?”*.

Respondendo a um desafio real, os alunos conceberam protótipos para medir a concentração de CO₂ em espaços interiores. O processo foi conduzido através de um guião de trabalho que operacionalizou as etapas de DT baseados no trabalho de English & King (2015), facilitando tanto a execução técnica como a recolha de evidências de aprendizagem por parte das equipas.

A Tabela 1 sistematiza esta articulação, evidenciando como o guião estruturado e os recursos técnicos foram integrados em cada fase do DT.

Tabela 1- Operacionalização da sequência I-STEM e fases do DT

Fase do DT	Tarefas principais	Recursos disponibilizados
Problem Scoping	Investigação sobre CO2 e qualidade do ar; definição de critérios de sucesso. Exploração técnica do material.	Artigos científicos, guias de saúde escolar e guia de registo. Micro: bit, sensores de CO2 e software de programação (MakeCode).
Brainstorming	Esboços individuais e seleção da solução de grupo.	Guião de registo
Construction	Montagem do protótipo e programação dos alertas (visuais/sonoros).	Estações de prototipagem e componentes eletrônicos.
Evaluating	Avaliação conceptual e testes em contexto real (sala de aula); recolha de dados e identificação de falhas.	Guião de registo
Redesign	Iteração final do protótipo baseada nos testes.	Materiais de acabamento e guia de reflexão final.

Recolha e análise de dados

Realizou-se um estudo qualitativo em que se examinou o progresso das equipas ao longo do processo de DT, mapeando a sua trajetória através das suas etapas e identificando, em cada momento, a manifestação das dimensões cognitiva e funcional da criatividade (Cohen et al., 2007). Para assegurar uma análise de conteúdo abrangente (Bardin, 1977), a recolha de dados foi desenhada de forma a permitir a triangulação de fontes, incluindo observações diretas, notas de campo (NC), protótipos (PT), registos escritos (RE), fotografias (F) e registos de vídeo (RV).

O trabalho escrito e os protótipos dos alunos serviram de base para análise sobre os seus processos de pensamento, desafios e tomadas de decisão em cada etapa do processo de DT. Especificamente, foi pedido aos alunos para registar no guião as suas ideias iniciais e as iterações do projeto, o que permitiu identificar como as diferentes fases do DT foram implementadas na atividade. As notas de campo, registadas pelo primeiro autor, documentaram interações em tempo real, comportamentos e estratégias de resolução de problemas. Adicionalmente, os registos de vídeo e as fotografias captaram o desenvolvimento iterativo e as fases de prototipagem dos alunos, servindo como registos visuais e temporais ao longo da sequência de aprendizagem.

A análise da criatividade foi operacionalizada através de categorias dedutivas baseadas na literatura Cropley e Cropley (2005), Glăveanu (2018), dividindo-se em duas dimensões principais: a dimensão Cognitiva, analisada através da identificação de processos de pensamento divergente (geração de múltiplas soluções) e convergente (seleção e melhoria) nos registos dos alunos; e a dimensão Funcional, observada na evolução dos protótipos, com foco na relevância, eficácia e novidade das soluções apresentadas face ao problema proposto.

Os indicadores correspondentes a cada uma das dimensões da criatividade encontram-se resumidos na Tabela 2. Durante a análise de dados, as diferentes di-

mensões da criatividade foram associadas às fases do modelo de *Design Thinking* de English e King (2015). Esta associação permitiu compreender como cada dimensão da criatividade se manifesta ao longo do processo, facilitando uma análise integrada e estruturada da relação entre competências criativas e etapas do DT.

Tabela 2 -Dimensões da criatividade e indicadores

Dimensão da criatividade	Categoria/ Subcategoria	Indicadores
Cognitiva	Pensamento divergente	Desenvolvimento de ideias distintas nos esboços iniciais; variedade de soluções propostas no brainstorming.
	Pensamento convergente	Seleção conceptual e fundamentada de uma ideia; abandono de propostas por inviabilidade técnica ou falta de enquadramento no tema.
Funcional	Relevância e eficácia	Resolução de problemas de hardware/software; cumprimento dos requisitos técnicos do sensor de CO ₂ .
	Novidade	Atribuição de significados simbólico; originalidade da solução.
	Elegância e Estética	Cuidado na ocultação de componentes; atenção ao detalhe no acabamento e interface de utilizado
	Resiliência e adaptação	Persistência perante falhas; procurar mais informação ou uso de ferramentas alternativa.

Os dois primeiros autores recolheram e analisaram os dados de forma colaborativa, utilizando um processo de codificação iterativo para categorizar as evidências observadas nas dimensões correspondentes. Para assegurar a robustez dos resultados, todas as codificações foram discutidas entre os investigadores até se atingir o consenso total sobre a atribuição de cada unidade de análise às categorias e subcategorias definidas. Os restantes autores atuaram como validadores externos, revendo a consistência da interpretação final e a sua articulação com as fases do processo de DT, garantindo assim a objetividade e a fidedignidade dos resultados apresentados.

RESULTADOS

Ao longo de dez aulas consecutivas, os alunos projetaram e desenvolveram cinco protótipos distintos de dispositivos de monitorização de CO₂. Estes protótipos refletem considerações funcionais e estéticas, demonstrando a integração de conhecimentos científicos, competências tecnológicas e princípios de engenharia.

O Processo iterativo e a evolução dos protótipos

A análise dos percursos das equipas revela que a natureza iterativa do DT foi fundamental para a melhoria das soluções, embora cada equipa tenha navegado pelo processo de forma distinta.

A Equipa 1 evidenciou elevada criatividade cognitiva na etapa de brainstorming, particularmente ao nível do pensamento divergente. Na etapa inicial de brainstorming, foram consideradas ideias como uma “nuvem” e um “olho” (figura 1). No entanto, após a fase de Avaliação do Design, a equipa aplicou o pensamento convergente para rejeitar estas propostas. A decisão de abandonar a “nuvem” baseou-se no indicador de novidade, uma vez que a perceção de que a Equipa 2 desenvolvia um conceito semelhante levou o grupo a procurar uma solução que garantisse maior diferenciação e originalidade.

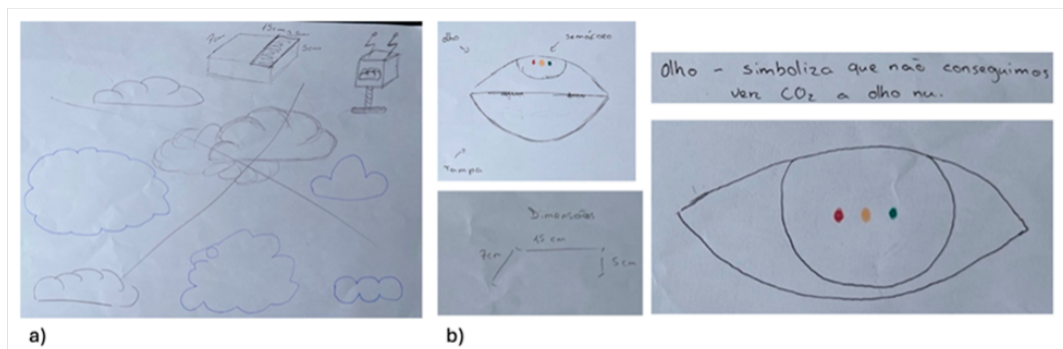


Figura 1. a) Ideia 1: Criação de uma nuvem. A cruz desenhada sobre o esboço indica a rejeição posterior desta ideia. b) Ideia 2: Olho. Nesta produção escrita, os alunos referiram que o “olho simboliza que não conseguimos ver o CO₂ a olho nu”. As dimensões do Micro:bit foram igualmente registadas como “7 cm × 15 cm × 5 cm”. Na projeção lateral, é possível identificar os seguintes elementos: “tampa”, “olho” e “semáforo”.

O conceito final (nave espacial) demonstrou criatividade funcional na categoria de novidade, através de uma narrativa simbólica onde a aterragem da nave dependia da qualidade do ar. Segundo os indicadores de elegância e estética, a solução destacou-se pela atenção ao detalhe na ocultação dos componentes eletrônicos (figura 2), conferindo um acabamento polido ao protótipo. O protótipo final, integrou um sistema de sinalização (semáforo) cujos valores de referência para o CO₂ foram recuperados da etapa inicial de Identificação do Problema. Este retorno deliberado a fases anteriores para garantir a relevância e eficácia dos dados científicos traduz-se num indicador de resiliência, assegurando que a solução técnica não é meramente estética, mas sim funcionalmente coerente com os objetivos de aprendizagem I-STEM.



Figura 2. Fotografias do protótipo final da Equipa 1: com o sensor de CO₂ visível (vista lateral) e com o sensor armazenado no interior do protótipo (vista posterior).

O percurso da Equipa 2 foi marcado por elevada resiliência e caracterizado por uma evolução conceptual significativa. No primeiro brainstorming, planearam um “carro a transportar o planeta Terra”, mas rejeitaram a ideia na fase de avalia-

ção por considerarem que esta não se alinhava suficientemente com a temática ambiental do projeto. O grupo redirecionou o foco para uma “Nuvem de CO₂”. Durante a construção e testes, enfrentaram desafios técnicos, especificamente com a implementação de um alerta sonoro. Como evidenciado pelas notas de campo.

Os alunos do Grupo 2 exploraram a utilização do ChatGPT para programar um som semelhante a um trovão. No entanto, apesar de várias tentativas, não conseguiram atingir o resultado desejado. Procuraram então uma solução alternativa, recorrendo à plataforma de inteligência artificial Blackbox, recomendada para tarefas de programação, conseguindo criar um som que se aproximava mais das suas expectativas. Apesar do sucesso na geração do som, os alunos enfrentaram um desafio adicional ao testá-lo no ambiente físico da sala de aula e em locais com maior ruído. Verificaram que, devido ao volume insuficiente, o som não era suficientemente alto para reproduzir o efeito de trovão pretendido. Perante esta limitação técnica, o grupo concluiu que a inclusão do som de trovão não seria viável para o projeto.” (NC - 10/04/2024)

Perante a inviabilidade final do som, o grupo utilizou o pensamento convergente para reformular o design para uma “Árvore-Nuvem”. Este processo de adaptação garantiu a relevância e eficácia do protótipo, articulando a funcionalidade técnica do sensor com uma estética coerente (figura 3). A copa da árvore foi intencionalmente mantida branca, de modo a preservar simbolicamente a ideia original da nuvem.



Figura 3. Fotografia do protótipo final da equipa 2, árvore-nuvem.

Em contraste com os restantes, a Equipa 3 seguiu um processo linear, sem revisitar fases anteriores. O seu protótipo, um maço de cigarros com a mensagem “Fumar mata”, estabeleceu uma analogia direta entre o tabagismo e os problemas de saúde (figura 4).



Figura 4. Fotografias do protótipo final da equipa 3, maço de cigarros.

Embora o protótipo cumprisse os requisitos de relevância e eficácia (maço de cigarros funcional), a análise dos registos escritos e notas de campo confirmou uma reduzida criatividade cognitiva. A equipa não apresentou evidências de pensamento divergente (procura de alternativas) nem de ciclos de melhoria, resultando numa solução com menor exploração de novidade e uma ligação menos robusta à temática ambiental.

A Equipa 4 apresentou o processo mais complexo, com forte incidência na criatividade funcional (eficácia). Na fase inicial de brainstorming, geraram múltiplas ideias divergentes (Televisão, Vaso de Flores, Mala), optando pela “Televisão” por ser a mais viável e capaz de apresentar dados como uma “previsão meteorológica”.

A criatividade funcional desta equipa destacou-se pela atenção ao detalhe e à interação com o utilizador. Após a avaliação inicial, decidiram incorporar um botão on/off (figura 5a) para aumentar o realismo, o que exigiu uma nova pesquisa sobre a programação do componente. Adicionalmente, resolveram um problema de manutenção criando um sistema de fita na traseira do protótipo, permitindo o acesso à bateria sem comprometer a integridade estrutural ou estética (figura 5b). Estes elementos são indicadores claros de uma preocupação funcional com a interface de utilizador e manutenção técnica.

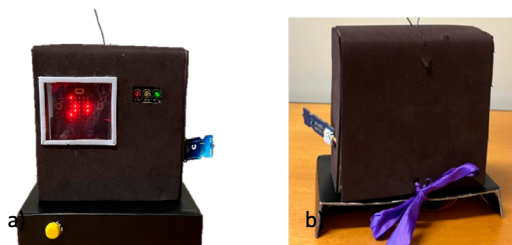


Figura 5. a) Protótipo final da equipa 4, equipado com botão on/off. b) Protótipo da equipa 4 (vista posterior), com a fita incorporada que permite abrir e fechar a estrutura, garantindo a ocultação dos cabos e o acesso às baterias sem necessidade de desmontagem.

A Equipa 5 focou-se na relevância do tema através da construção de um protótipo em forma de estufa. O seu plano inicial incluía uma ventoinha para ventilar a estufa quando os níveis de CO_2 subissem (figura 6). Contudo, durante os testes, verificaram que a ventoinha não cumpria a função desejada e abandonaram a ideia (pensamento convergente).

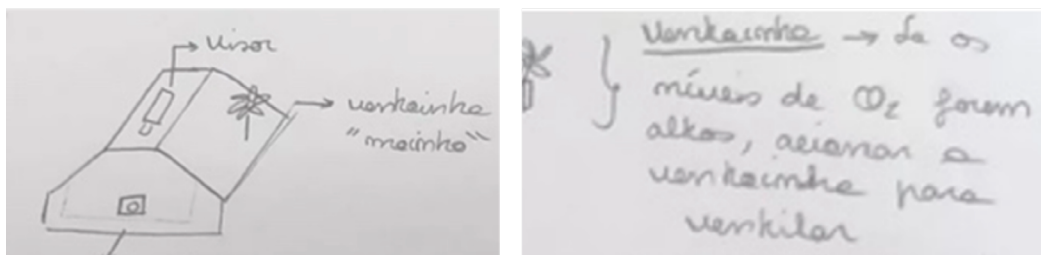


Figura 6. Produções escritas dos alunos do Grupo 5, relativas à etapa de planeamento. Esquema do protótipo em vista superior e lateral, com identificação dos elementos “visor”, “ventoinha-moinho” e “semáforo”. Registo explicativo dos alunos: “Ventoinha – quando os níveis de CO_2 são elevados, a ventoinha é ativada para promover a ventilação e reduzir a concentração de CO_2 ”.

Na fase final da melhoria do protótipo, a equipa canalizou a sua criatividade para melhorias estéticas e funcionais, integrando luzes LED para iluminar as plantas e um sistema de sinalização visual para o sensor (mostrava quando o sensor estava a medir). O resultado final aliou a eficácia técnica (medição real) à estética, utilizando as plantas como elemento simbólico de purificação do ar (figura 7).



Figura 7. Fotografias do protótipo final da equipa 5, estufa

CONCLUSÕES

A análise da progressão dos alunos através das etapas do DT revelou um padrão de melhoria iterativa, onde os grupos revisitaram e reviram frequentemente etapas anteriores. Este processo evidencia a natureza dinâmica e não linear do DT,

demonstrando o envolvimento dos alunos na resolução contínua de problemas, reflexão e adaptação, em linha com English (2017), Henriksen (2017) e Kelley e Sung (2017). Tal como sublinham Stretch e Roehrig (2021), uma das principais valências do DT reside na capacidade de levar os alunos a encarar os contratempos como oportunidades de aprendizagem e não como falhas, uma dinâmica que se revelou particularmente evidente nas equipas que realizaram múltiplas iterações.

Esta dinâmica de avaliação e melhoria permitiu aos alunos reformular progressivamente as suas ideias e aperfeiçoar os protótipos, reforçando a articulação entre o conhecimento conceptual e a sua aplicação prática (English & King, 2015; Li et al., 2019). As dimensões da criatividade manifestaram-se ao longo do processo de forma consistente: a fase de brainstorming estimulou o pensamento divergente, enquanto a fase de avaliação promoveu o pensamento convergente, assegurando um equilíbrio entre o desenvolvimento de ideias e a adequação às restrições do projeto (Glăveanu, 2018; Lubart & Thornhill-Miller, 2019). Paralelamente, a dimensão funcional da criatividade tornou-se evidente na transição das ideias abstratas para a construção e testagem dos protótipos, momento em que a novidade passou a ser articulada com critérios de eficácia e relevância (Cropley & Cropley, 2005; Hathcock et al., 2015). Os grupos que demonstraram maior resiliência e capacidade adaptativa, regressando deliberadamente a fases anteriores, nomeadamente à identificação do problema, para recolher e reinterpretar dados, evidenciaram uma integração mais consistente entre conceção, validação e reformulação das soluções.

Em suma, este estudo contribui para o corpo de conhecimento existente ao evidenciar de que modo o carácter iterativo do DT promove um envolvimento cognitivo e favorece a mobilização do conhecimento conceptual na resolução de problemas concretos. Os resultados reforçam a necessidade de integrar processos estruturados de melhoria progressiva em contextos I-STEM, nos quais a eficácia das soluções técnicas ou científicas depende da capacidade de incorporar feedback, reformular estratégias e superar limitações contextuais ou tecnológicas (Hathcock et al., 2015; Razzouk & Shute, 2012).

Apesar destes contributos, o estudo apresenta limitações, como a dimensão reduzida da amostra e o foco num problema ambiental específico, o que pode limitar a generalização dos resultados. Adicionalmente, não foram examinadas variações baseadas em diferenças individuais ou dinâmicas de equipa. Investigações futuras deverão explorar a relação entre a complexidade da tarefa e a criatividade, bem como os desafios práticos da implementação do DT em diversos contextos educativos, tais como recursos tecnológicos e experiência docente, visando otimizar a sua integração nos currículos STEM e preparar os alunos para um mundo cada vez mais complexo e tecnológico.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Pedro Pires pelo apoio na implementação da atividade e à professora Josina Filipe pelo apoio metodológico na avaliação da componente da criatividade.

REFERÊNCIAS

- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Alashwal, M. (2020). Design Thinking in STEM Education: A review. *International Research in Higher Education*, 5(1), 18. <https://doi.org/10.5430/irhe.v5n1p18>
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. (Vol. 70). Presses Universitaires de France.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy. From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Teachers College Press.
- Bybee, R. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association. <https://doi.org/10.2505/9781936959259>
- Chang, Y. S., Lin, H. C., Chien, Y. H., & Yen, W. H. (2018). Effects of creative components and creative behavior on design creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.05.007>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Cropley, D., & Cropley, A. (2005). Engineering Creativity: A Systems Concept of Functional Creativity. In J. C. Kaufman & J. Baer (Eds.), *Creativity Across Domains* (pp. 169–185). Lawrence Erlbaum Associates Publishers. <https://doi.org/10.4324/9781410611925>
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle school STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 5–24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- English, L. D. (2019). Learning while designing in a fourth-grade integrated STEM problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 1011–1032. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9482-z>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Fan, S. C., & Yu, K. C. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 107–129. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9328-x>
- Glăveanu, V. P. (2018). Educating which creativity? *Thinking Skills and Creativity*, 27, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.11.006>

- Hathcock, S. J., Dickerson, D. L., Eckhoff, A., & Katsioloudis, P. (2015). Scaffolding for creative product possibilities in a Design-Based STEM activity. *Research in Science Education*, 45(5), 727–748. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9437-7>
- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with Design Thinking: Beyond STEM and Arts Integration. *STEAM*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Honey, M. A., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. (p. 165). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond Big and Little: The Four C Model of Creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1037/a0013688>
- Kelley, T., & Sung, E. (2017). Examining elementary school students' transfer of learning through engineering design using Think-Aloud protocol analysis. *Journal of Technology Education*, 28(2), 83–108. <https://doi.org/10.21061/jte.v28i2.a.5>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). Design and Design Thinking in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2(2), 93–104. <https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>
- Lubart, T., & Thornhill-Miller, B. (2019). Creativity: An overview of the 7C's of creative thought. In R. J. Sternberg & J. Funke (Eds.), *The Psychology of Human Thought: An Introduction* (15). Heidelberg University Publishing. <https://doi.org/10.17885/heiup.470.c6678>
- McComas, W. F., & Burgin, S. R. (2020). A Critique of “STEM” education: revolution-in-the-making, passing fad, or instructional imperative? *Science and Education*, 29(4), 805–829. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2>
- OECD. (2025). *Empowered Citizens, Informed Consumers and Skilled Workers*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/311cdbeb-en>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriasec, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science and Education*, 31(2), 383–404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>

- Simarro, C., & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00310-2>
- Starko, A. J. (2017). *Creativity in the Classroom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315391625>
- Stretch, E. J., & Roehrig, G. H. (2021). Framing failure: Leveraging uncertainty to launch creativity in STEM Education. *International Journal of Learning and Teaching*, 123–133. <https://doi.org/10.18178/ijlt.7.2.123-133>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Wang, Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2).
- Wrigley, C., & Straker, K. (2017). Design Thinking pedagogy: the Educational Design Ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1108214>
- Yu, Q., Yu, K., & Lin, R. (2024). A meta-analysis of the effects of design thinking on student learning. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03237-5>

SUBSTITUIÇÃO SENSORIAL COMO RECURSO PARA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS INCLUSIVA: UM ESTUDO PILOTO SOBRE A TRADUÇÃO DE SONS DA NATUREZA EM CORES E VIBRAÇÕES PARA ALUNOS SURDOS E OUVINTES

Natalia Fernandes^{1,2}, Sofia Freire³, Clemilson Santos⁴ & Clara Vasconcelos^{1,2}

¹*Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental – CIIMAR (Portugal)*

²*Unidade de Ensino de Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto (Portugal)*

³*UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa (Portugal)*

⁴*Universidade Federal do Ceará (Brasil)*

up202300994@up.pt

RESUMO

A Educação em Ciências envolve frequentemente a exploração de fenómenos naturais mediados por estímulos auditivos, como o som do vento ou de animais. Para alunos Surdos, o acesso a estes fenómenos pode ser limitado, comprometendo a sua aprendizagem. Este estudo piloto decorreu numa Escola de Referência para a Educação Bilingue de Alunos Surdos e analisou as associações cromáticas realizadas por oito alunos (Surdos e ouvintes) após a observação de vídeos silenciosos de sons da natureza. A investigação pretendeu apoiar o desenvolvimento de um recurso educativo de substituição sensorial. Os participantes selecionaram cores na escala RGB (Vermelho, Verde e Azul) para representar os sons. As associações foram analisadas por meio da distância euclidiana, avaliando a viabilidade da conversão das cores em padrões vibratórios controlados por Arduino. Os resultados mostraram proximidade cromática entre alguns sons, dificultando a distinção tátil, o que evidencia a necessidade de otimização do sistema para fins pedagógicos.

Palavras-chave: Educação em Ciências Inclusiva; Recurso Educativo; Substituição Sensorial; Sons da Natureza; Surdos.

INTRODUÇÃO

Os sons estão presentes em diversos aspetos da vida quotidiana, contribuindo para a percepção do ambiente e para a interação social. Estímulos como o canto dos pássaros ou o som das ondas desempenham um papel importante na comunicação, no bem-estar e na identificação de situações de perigo. Contudo, para indivíduos surdos ou com alguma deficiência auditiva, que neste estudo serão referenciados com a letra inicial maiúscula (Surdos, Surdas), essa dimensão sensorial pode ser parcial ou totalmente inacessível, influenciando a forma como percebem e interagem com o mundo (Dias, 2024).

Estima-se que mais de 430 milhões de pessoas no mundo, incluindo 34

milhões de crianças, apresentem perda auditiva significativa, podendo esse número atingir 2,5 mil milhões até 2050 (Kushalnagar, 2019). Embora tecnologias como aparelhos auditivos e implantes cocleares tenham ampliado o acesso ao som, nem todos os indivíduos as utilizam (Fletcher, 2020).

Dada a alta prevalência de indivíduos Surdos, é cada vez mais crucial criar ambientes e recursos acessíveis que beneficiem não apenas os diretamente afetados, mas também as suas comunidades. Os efeitos positivos vão além da população de Surdos, promovendo uma sociedade mais inclusiva e acessível. De acordo com Silva (2021), a inclusão busca garantir justiça e oportunidades iguais para todos, independentemente de características individuais como etnia, gênero ou condição física. Este movimento pela inclusão envolve a promoção da plena participação na vida social e o trabalho para eliminar as desigualdades sociais e económicas, garantindo igualdade de acesso a serviços como justiça, saúde e educação, construindo assim uma sociedade mais justa para todos. Conforme afirmado pela Interaction Design Foundation (2016), acessibilidade refere-se ao facto de um produto ou serviço poder ser utilizado por todos, independentemente da forma como cada um interage com ele.

A inclusão e a acessibilidade tornaram-se prioridades globais, com a tecnologia a desempenhar um papel fundamental na promoção destes objetivos. Inúmeros estudos sobre tecnologias informáticas visam facilitar as atividades diárias dos Surdos, melhorando a sua qualidade de vida através de soluções inovadoras (Yağanoğlu & Köse, 2017). Neste contexto, surgiram as tecnologias assistivas (TA).

TA referem-se a dispositivos ou sistemas que são adaptados, adquiridos ou personalizados para ajudar pessoas com deficiência a melhorar, manter ou aperfeiçoar as suas funções pessoais e capacidades profissionais. As TA são um recurso essencial para Surdos, pois promovem maior independência nas atividades diárias, além de proporcionarem bem-estar e participação ativa em contextos educacionais, profissionais e sociais (Bell & Foiret, 2020; Zallio & Ohashi, 2022). Alguns exemplos de TA baseiam-se na substituição sensorial (SS). A SS consiste em utilizar um sentido alternativo para captar informações do ambiente que normalmente seriam percebidas por outro, mantendo algumas das funções essenciais do sentido original. No caso de pessoas Surdas, por exemplo, é possível usar estímulos visuais e/ou táteis para transmitir sinais auditivos, permitindo-lhes perceber os sons do ambiente, o que contribui para a inclusão (Miura & Yabu, 2023).

Num estudo realizado por Nanayakkara e colaboradores (2009), os investigadores introduziram um protótipo de cadeira tátil para melhorar a experiência musical das pessoas Surdas. Testada por 43 participantes Surdos, a cadeira recebeu feedback entusiástico, com os participantes a destacarem o seu potencial para transformar a experiência musical da população Surda. Marozeau (2023) apresentou um estudo no qual foram desenvolvidas uma série de instalações que convertem frequências sonoras em vibrações perceptíveis pelo tato. Uma dessas instalações é uma escultura em forma de flor que permite aos utilizadores Surdos experimentarem as vibrações da música em tempo real durante um concerto. Essa escultura, construída com materiais como madeira e acrílico, incorpora um dispositivo vibratório que transmite vibrações, em vez de sons, através das suas superfícies. Deja e colaboradores (2020) desenvolveram o *ViTune*, uma ferramenta

de visualização que aprimora as experiências musicais, gerando efeitos de cor e forma sincronizados com a música visíveis na tela do computador.

Neste contexto, as TA baseadas na SS assumem um papel relevante também no âmbito educacional, ao funcionarem como recursos pedagógicos mediadores que ampliam o acesso ao conhecimento para alunos com necessidades educacionais especiais (Casanova et al., 2021; Lugli, 2019). Na Educação em Ciências para alunos Surdos, a SS revela-se particularmente pertinente, uma vez que estes estudantes enfrentam dificuldades específicas na aprendizagem de conceitos científicos devido a barreiras comunicacionais e ao facto de grande parte do currículo de Ciências ser mediado por estímulos sonoros ou explicações verbais (Abdul-Mumeen et al., 2023). Neste sentido, a literatura sublinha a necessidade de recorrer a práticas pedagógicas adaptadas, que integrem representações visuais e recursos multissensoriais, para promover a participação e a aprendizagem desses alunos em Ciências (Abdul-Mumeen et al., 2023; Santos & Lopes, 2017).

Silveira e colaboradores (2018) apresentam uma proposta experimental para o ensino inclusivo de ondas que evidencia o potencial da SS na Educação em Ciências, ao demonstrarem, por meio de Arduino, como frequências sonoras podem ser convertidas em estímulos visuais, permitindo que alunos Surdos “vejam” o som e compreendam propriedades do som e da luz. De forma complementar, De Leo-Winkler e colaboradores (2019) descrevem uma experiência de Educação em Ciências inclusiva dirigida a alunos Surdos, na qual fenómenos astronómicos são explorados por meio da conversão de sons e emissões eletromagnéticas em vibrações perceptíveis pelo tato, acompanhadas por imagens e narrativas visuais. Em ambos os casos, os resultados indicam elevado envolvimento dos alunos e experiências de aprendizagem positivas, reforçando a importância da SS como estratégia pedagógica eficaz para promover o acesso e a compreensão de conteúdos científicos por alunos Surdos. Dessa forma, é possível afirmar que a SS contribuiu para inclusão, uma vez que proporcionou acesso, participação e sucesso na aprendizagem (Calderón Almendros & Ainscow, 2025).

Assim, desenvolver e fornecer TA para Surdos, especialmente aqueles com acesso limitado ou nenhum acesso a aparelhos auditivos ou implantes cocleares, pode trazer benefícios significativos e contribuir para melhorar a sua qualidade de vida (Fellinger et al., 2010). O acesso a essas tecnologias pode permitir que esses indivíduos realizem atividades que antes lhe eram inacessíveis ou que as realizem com maior facilidade e autonomia, promovendo um funcionamento mais eficaz na sua rotina diária, especialmente em um contexto educacional inclusivo para alunos Surdos. Neste enquadramento, a presente investigação propõe o uso de TA baseadas na substituição sensorial para permitir a percepção de sons através de estímulos visuais e táteis, contribuindo para enriquecer a aprendizagem em Ciências e fornecendo dados preliminares para o desenvolvimento de um dispositivo vestível que traduza sons da natureza em cores e vibrações (Verderame, 2024).

Este estudo piloto tem como objetivo investigar de que forma alunos Surdos e ouvintes associam sons da natureza a cores, constituindo uma etapa inicial para o desenvolvimento de um recurso educativo de Ciências baseado na tradução de estímulos sonoros em representações visuais e táteis, nomeadamente cores e vibrações. Ao mapear padrões de associação cromática, o estudo procura estabele-

cer bases para futuras aplicações tecnológicas que promovam o acesso equitativo à exploração de fenómenos naturais e favoreçam a aprendizagem e a interação com o ambiente em contextos educativos inclusivos.

METODOLOGIA

Este estudo insere-se no paradigma qualitativo, por procurar compreender as associações e significados atribuídos pelos participantes à relação entre sons da natureza e cores em contexto educativo (Coutinho, 2013; Creswell & Guetterman, 2020). Configura-se como um estudo destinado a testar a viabilidade metodológica e conceptual da investigação e a sustentar o desenvolvimento futuro de um recurso educativo inclusivo, sem pretensão de generalização dos resultados. O desenho adotado corresponde a um estudo de caso, centrado num contexto específico — uma Escola de Referência para a Educação Bilingue de Alunos Surdos (EREBAS), no norte de Portugal; o “caso” corresponde ao estudo do desenvolvimento de uma atividade educativa baseada na substituição sensorial e pelas interações dos alunos Surdos e ouvintes com essa proposta (Coutinho, 2013; Yin, 2018). No âmbito da atividade, os participantes associaram cores a diferentes sons da natureza, tendo os dados sido analisados para identificar padrões de escolha e proximidade cromática, os quais fundamentaram a construção de um protótipo com motores de vibração controlados por uma placa Arduino Uno, destinado a converter cores em estímulos táteis para futuras aplicações educativas inclusivas.

Participantes

A amostra é de conveniência e foi escolhida porque o primeiro autor deste estudo já tinha acesso autorizado (protocolado) prévio ao local do estudo. Incluiu oito crianças (n=8), quatro Surdas (S1, S2, S3 e S4) e quatro ouvintes (O1, O2, O3 e O4), dos quais quatro eram do sexo masculino (S1, S3, O1 e O2) e quatro do sexo feminino (S2, S4, O3 e O4) com idades entre 5 e 11 anos (idade média = 8). Há uma enorme dificuldade em encontrar escolas, ou instituições sociais, com alunos Surdos que aceitem participar em estudos de investigação, razão pela qual este estudo de caso tem um número reduzido de participantes de uma escola que nos acolheu e refletiu interesse em participar. Todos os participantes eram alunos do ensino básico de uma EREBAS localizada no norte de Portugal. Embora estivessem matriculados em anos escolares diferentes, foram escolhidos porque o conteúdo Elementos da Natureza era comum a todos. Os dados demográficos do grupo estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados demográficos dos participantes.

Participantes	Característica auditiva	Sexo	Idade	Ano escolar
S1	Surdo	Masculino	11	4º
S2	Surdo	Feminino	10	4º
S3	Surdo	Masculino	5	Pré-escolar
S4	Surdo	Feminino	6	Pré-escolar
O1	Ouvinte	Masculino	7	2º
O2	Ouvinte	Masculino	9	4º
O3	Ouvinte	Feminino	9	4º
O4	Ouvinte	Feminino	7	2º

Por envolver menores, o estudo seguiu os princípios éticos da Declaração de Helsínquia e da Convenção de Oviedo, tendo sido aprovado pelo Comité de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (Ref.: CE2023/p105). Os pais forneceram consentimento informado por escrito e as crianças também assinaram termo de consentimento, sendo a participação voluntária.

Intervenção pedagógica

A intervenção consistiu numa atividade realizada em sala de aula, com o apoio de uma professora ouvinte e um professor Surdo, na qual foram apresentados nove vídeos de elementos da natureza (mar, pássaros, vento, vulcão, chuva, cavalo, cobra, cascata e tempestade), disponíveis gratuitamente na internet. Os vídeos foram exibidos sem áudio, através de um quadro digital, garantindo a inclusão e a participação equitativa de alunos Surdos e ouvintes. Para reduzir a influência visual na escolha das cores, recorreram-se a três formatos distintos - um vídeo a preto e branco e dois a cores - sendo o formato a preto e branco utilizado para evitar interferências que pudessem direcionar a perceção dos participantes. Após a visualização, os alunos associaram os sons correspondentes a cores na escala RGB. A atividade teve a duração aproximada de 60 minutos.

Instrumento de recolha de dados

O instrumento utilizado para recolha de dados foi uma grelha de registo, concebida especificamente para este estudo. A grelha continha campos destinados ao registo dos valores RGB das respetivas cores associados pelos alunos a cada elemento da natureza apresentado. O instrumento foi elaborado pelos autores do estudo e submetida a um processo de validação de conteúdo por três especialistas: um especialista — com experiência consolidada em Educação e em práticas inclusivas com alunos Surdos — e dois outros especialistas na área da Educação em Ciência e em Educação Inclusiva. A validade foi avaliada com base na clareza dos itens, adequação ao objetivo da atividade, acessibilidade para alunos Surdos e alinhamento com os princípios da investigação qualitativa em contextos educativos (Coutinho, 2013; Creswell & Guetterman, 2020). Para selecionar as cores e obter

os respectivos valores RGB, os alunos utilizaram dispositivos móveis, fornecidos pela própria escola, com acesso ao *Google Color Picker*.

Recolha e tratamento de dados

Os procedimentos de recolha de dados foram cuidadosamente estruturados. Inicialmente, os professores envolvidos foram instruídos sobre os objetivos e as etapas da atividade. Posteriormente, os alunos foram conduzidos para a sala de aplicação, onde receberam informações claras sobre os passos a seguir.

Cada vídeo foi exibido de forma sequencial e, após a sua visualização, os alunos utilizaram um dispositivo para aceder ao *Google Color Picker*, para selecionar a cor que representava o som associado ao fenómeno observado e registar os respectivos valores RGB na grelha de registo. Todo o processo decorreu de forma individual, garantindo a recolha de dados anónima e confidencial.

Os dados recolhidos foram organizados e analisados com recurso ao *software Microsoft Excel*. Para cada elemento da natureza, foi calculada a média das cores selecionadas pelos alunos Surdos e ouvintes, uma vez que o objetivo não consistia na comparação entre grupos, mas na identificação de representações cromáticas consensuais associadas a cada som da natureza. Esta opção metodológica permitiu obter uma única cor representativa para cada fenómeno natural, adequada ao propósito exploratório do estudo e ao desenvolvimento de um recurso educativo comum, concebido para utilização em contextos educativos inclusivos que envolvem simultaneamente alunos Surdos e ouvintes. Posteriormente, foi utilizada a distância euclidiana para analisar a similaridade entre as cores RGB associadas aos diferentes sons, de acordo com a Equação (1):

$$d(A, B) = \sqrt{(R_A - R_B)^2 + (G_A - G_B)^2 + (B_A - B_B)^2} \quad (1)$$

em que R_A, G_A, B_A e R_B, G_B, B_B representam os valores RGB das cores associadas a dois sons distintos (A e B). Essa métrica é amplamente empregada na análise de similaridade de cores RGB (Masutani et al., 2013). Este procedimento permitiu identificar padrões de proximidade cromática entre os diferentes sons da natureza, possibilitando uma análise aprofundada das escolhas efetuadas pelos alunos.

Desenvolvimento do protótipo experimental

Com base nos valores médios obtidos, foi desenvolvido um protótipo experimental constituído por motores de vibração rotativos controlados por uma placa Arduino Uno, no âmbito deste estudo piloto orientado para a criação de um recurso educativo que traduz sons da natureza em cores e vibrações. A partir das cores representativas de cada som, foi elaborada uma escala própria, desenvolvida pelos autores, na qual os valores RGB foram convertidos em diferentes intensidades e padrões de vibração, permitindo transformar as escolhas cromáticas dos alunos em estímulos táteis.

RESULTADOS

Neste estudo, utilizámos a escala de cores RGB, em que cada cor é definida pela quantidade de vermelho, verde e azul que a compõem e é representada por três valores com uma escala entre 0 e 255. Assim, temos o código RGB (255,255,255) para a cor branca, RGB (255,0,0) para a cor vermelha, RGB (0,255,0) para a cor verde, RGB (0,0,255) para a cor azul e RGB (0,0,0) para a cor preta (Ganesh & Bommi, 2022).

Após realizar uma análise de conteúdo das respostas, calculou-se a média dos valores RGB escolhidos para cada som da natureza e obtivemos uma única cor para representar cada um desses sons, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Valores RGB com cores correspondentes após a média aritmética dos valores escolhidos por alunos S e O

Sons da natureza	Valor e cor RGB resultante da média dos Participantes Surdos	Valor e cor RGB resultante da média dos Participantes ouvintes	Valor e cor RGB resultante da média dos Participantes Surdos e ouvintes
Mar	60, 108, 120	75, 152, 182	67, 130, 151
Pássaros	68, 110, 129	131, 137, 119	105, 128, 130
Vento	74, 148, 126	149, 185, 165	111, 166, 146
Vulcão	180, 76, 70	193, 111, 56	155, 144, 113
Cavalo	149, 156, 123	162, 132, 102	186, 93, 63
Cobra	155, 114, 84	133, 128, 69	144, 121, 77
Cascata	142, 160, 164	175, 196, 211	159, 178, 187
Chuva	163, 158, 174	129, 145, 156	144, 154, 160
Tempestade	132, 142, 169	150, 161, 130	141, 152, 149

Para analisar a semelhança entre as cores associadas aos diferentes sons, foi utilizada a distância euclidiana entre os valores RGB Eq. (1), gerando uma matriz (figura 1). Na matriz, o valor 0,00 representa a semelhança máxima e o valor 152,74 representa a semelhança mínima. Para efeitos analíticos neste estudo, consideramos valores < 40,00 para representar maior semelhança e valores > 120,00 para representar menor semelhança.

Os resultados da análise de similaridade cromática revelaram que, em alguns casos, os sons da natureza foram associados a cores muito próximas, enquanto em outros, as diferenças cromáticas foram significativas. Os pares de sons com maior proximidade cromática, ou seja, com valores mais próximos de zero, incluem Chuva e Tempestade (distância de 11,58), seguidos por Vento e Tempestade (33,24), Vento e Chuva (37,80), Cascata e Chuva (39,12) e Vulcão e Tempestade (39,45). Isso sugere que esses sons podem ser percebidos de maneira semelhante, com cores muito próximas no espaço perceptivo, o que pode resultar em dificuldades para distinguir os sons quando convertidos em vibrações, uma vez que as vibrações associadas a cores tão próximas podem não ser facilmente distinguíveis. Por outro lado, os pares de sons com maior dissimilaridade cromática, ou seja, mais próximos de 152,74, como Cavalo e Cascata (152,74), Mar e Cavalo

(152,56), Vento e Cavalo (133,58), Cobra e Cascata (124,80) e Cavalo e Chuva (122,04), indicam que as cores associadas a esses sons são significativamente diferentes.

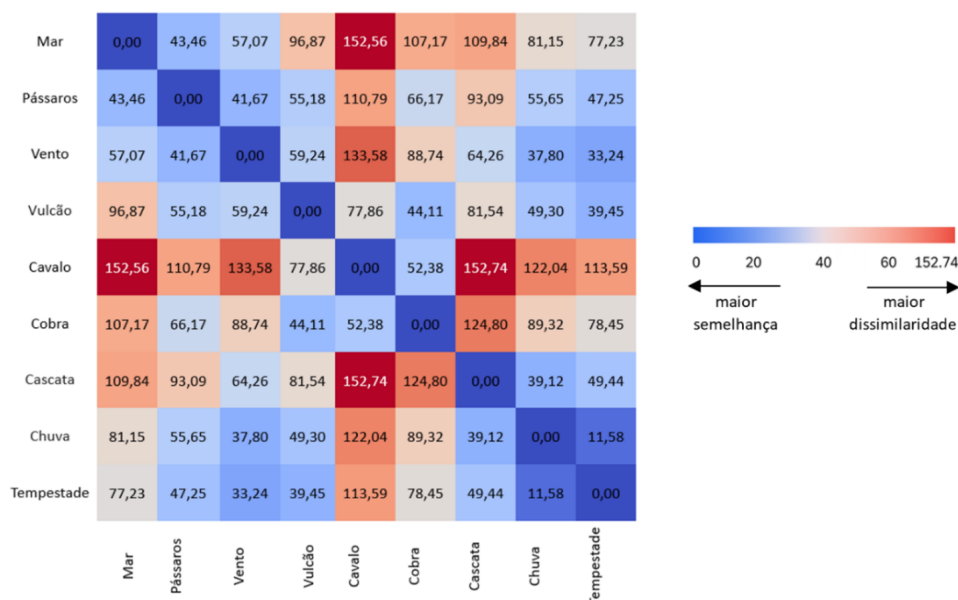


Figura 1. Matriz das distâncias euclidianas entre cores (RGB)

Quanto aos resultados obtidos com o protótipo tátil — que convertia as cores em intensidades e padrões de vibração — observou-se uma limitação importante: as vibrações geradas eram demasiado semelhantes entre si. Como as diferenças entre os valores RGB eram pequenas, a escala de conversão não produziu contrastes táteis suficientemente perceptíveis. Consequentemente, não foi possível distinguir claramente, pelo tato, os diferentes sons da natureza representados no dispositivo.

Para melhorar os resultados e garantir a eficácia do estudo, algumas modificações podem ser feitas na recolha de dados para o desenvolvimento do dispositivo que traduz sons da natureza em cores e vibrações. Como a principal preocupação é a percepção tátil das vibrações, será essencial aumentar a diferença cromática entre as cores associadas aos sons mais semelhantes. Para isso, pode-se considerar o uso de uma paleta de cores mais específica ou a aplicação de filtros que evitem a escolha de cores muito próximas no espaço RGB. Também se poderia experimentar mostrar os vídeos apenas a preto e branco, uma vez que os vídeos a cores podem ter influenciado a escolha dos alunos. Além disso, o número de participantes deve ser aumentado para validar os padrões observados e melhorar a fiabilidade dos resultados.

Este estudo piloto permitiu analisar as associações entre cores e sons da natureza, constituindo uma base para o desenvolvimento de um recurso educativo pautado na SS, capaz de traduzir sons em cores e vibrações para utilização em contextos de Educação em Ciências inclusiva. A literatura tem evidenciado o potencial das TA e da SS na promoção do acesso de alunos Surdos a conteúdos

científicos tradicionalmente mediados pelo som (Bell & Foiret, 2020; Miura & Yabu, 2023; Silveira et al., 2019). Com base nos resultados obtidos, foi possível identificar quais sons podem apresentar desafios em termos de diferenciação de vibrações, se as cores associadas forem muito próximas. Isso levanta a questão de como otimizar a seleção de cores para garantir que as vibrações geradas sejam percebidas distintamente pelos alunos, facilitando a percepção clara.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo piloto constituem um contributo inicial para o desenvolvimento de um recurso educativo inclusivo baseado na SS, destinado a traduzir sons da natureza em cores e vibrações para futura aplicação na Educação em Ciências. A análise das associações cromáticas evidenciou padrões de proximidade e afastamento entre cores atribuídas a diferentes sons, influenciando a definição preliminar dos estímulos vibratórios no protótipo e demonstrando a relevância do mapeamento cromático para a eficácia do sistema.

Apesar do contributo apresentado, o estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. Trata-se de uma investigação com amostra de conveniência e dimensão reduzida, característica de um estudo de caso, o que limita a generalização dos resultados (mas na realidade a intenção do projeto é obter indicadores para tentar melhor compreender como incluir estes alunos na aprendizagem em sala de aula). A ampla variedade de cores disponibilizada aos participantes pode ter contribuído para maior dispersão nas escolhas, e a utilização de médias RGB pode atenuar variações individuais relevantes. Além disso, o estudo não teve como objetivo avaliar diretamente a aprendizagem em Ciências, mas gerar evidências preliminares para o desenvolvimento tecnológico do recurso.

Investigações futuras levarão em consideração os resultados deste estudo e deverão desenvolver e testar o dispositivo em contexto real de sala de aula, analisando de forma sistemática o seu potencial como estratégia de mediação pedagógica no ensino inclusivo de Ciências.

AGRADECIMENTOS

Esta investigação foi apoiada por: i) o Financiamento Estratégico (refs. UIDB/04423/2025, UID/PRR/04423/2025 e LA/P/0101/2020) através de fundos nacionais concedidos pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT); ii) a FCT através da bolsa de doutoramento – ref. 2024.00475.BD. Os autores agradecem aos participantes e seus responsáveis por contribuírem para o estudo e à escola colaboradora por disponibilizar gentilmente e voluntariamente o seu tempo e recursos. Um dos autores agradece à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e ao IFIMUP, Projetos Ref. UIDB/04968/2020 e UIDP/04968/2020, pelo apoio a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- Abdul-Mumeen, I., Abdulai, A., Issaka, A. C., & Mahama, H. (2023). Science education, curricula and the hearing impaired. *African Journal of Chemical Education*, 13(3), 135–162. <https://www.ajol.info/index.php/ajce/article/view/251875>
- Bell, D., & Foiret, J. (2020). A rapid review of the effect of assistive technology on the educational performance of students with impaired hearing. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15(7), 838–843. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1775317>
- Calderón Almendros, I., & Ainscow, M. (2025). Educación inclusiva: mapas, fronteras y caminos hacia el éxito. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, 37(2), 57–76. <https://doi.org/10.14201/teri.32438>
- Casanova, S. A., Franco, K. S., Abrahão, G. C. D., Lione, V. O. F., Cavalcante, D. N., & Gomes, S. A. O. (2021). Didactic material adapted for the teaching of hygiene and health: Healthy memory game for students with Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research, Society and Development*, 10(8), e28910817318. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17318>
- Coutinho, C. P. (2013). *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática* (2ª ed.). Edições Almedina.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2020). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson.
- De Leo-Winkler, T. B., Grice, A., McLouth, D., & Harlow, D. B. (2019). The Vibrating Universe: Astronomy for the Deaf. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 433–445. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9761-1>
- Deja, J. A., Dela Torre, A., Lee, H. J., Ciriaco IV, J. F., & Eroles, C. M. (2020). Vitune: A visualizer tool to allow the deaf and hard of hearing to see music with their eyes. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–8). <https://doi.org/10.1145/3334480.3383046>
- Dias, L. V. B. N. (2024). *SoundNotice: Adaptando os sons do ambiente doméstico para surdos oralizados e pessoas com deficiência auditiva* [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Repositório científico da Universidade Federal do Rio de Janeiro. <http://hdl.handle.net/11422/24041>
- Fellinger, J., Holzinger, D., Gerich, J., & Goldberg, D. (2010). Quality of life measures in the deaf. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *Handbook of disease burdens and quality of life measures* (pp. 3853–3870). Springer.
- Fletcher, M. D. (2020). Using haptic stimulation to enhance auditory perception in hearing-impaired listeners. *Expert Review of Medical Devices*, 18(1), 63–74. <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1863782>

- Ganesh, V. D., & Bommi, R. M. (2022, December). Prediction of Tool Wear by Using RGB Techniques in Comparison with Experimental Analysis. In *2022 International Conference on Data Science, Agents & Artificial Intelligence (ICDSAAI)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDSAAI55433.2022.10028899>
- Interaction Design Foundation. (2016, June 1). What is accessibility? <https://www.interaction-design.org/literature/topics/accessibility>
- Kushalnagar, R. (2019). Deafness and hearing loss. In Y. Yesilada & S. Harper (Eds.), *Web accessibility*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7440-0_3
- Lugli, L. C. (2019). Sobre educação especial e as possibilidades de mediação assistiva da robótica. In P. G. Santos (Org.), *Robótica e processos formativos: Da epistemologia dos kits*. Editora Fi.
- Marozeau, J. (2023). An artistic audiotactile installation for augmented music. In *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference 2023* (pp. 419–425).
- Matthews, T., Fong, J., & Mankoff, J. (2005). Visualizing non-speech sounds for the deaf. In *Proceedings of the 7th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 52–59). <https://doi.org/10.1145/1090785.1090797>
- Masutani, V. H., Artero, A. O., Almeida, L. L. de, & Silva, F. A. da. (2013). RECONHECIMENTO DE OBJETOS COLORIDOS E MÃOS USANDO CORES E FORMAS. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, 5(1), 01-11. <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/862>
- Miura, T., & Yabu, K. I. (2023). Narrative review of assistive technologies and sensory substitution in people with visual and hearing impairment. *Psychologia*, 65(1), 70–99. <https://doi.org/10.2117/psysoc.2022-B031>
- Nanayakkara, S., Taylor, E., Wyse, L., & Ong, S. H. (2009). An enhanced musical experience for the deaf: Design and evaluation of a music display and a haptic chair. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 337–346). <https://doi.org/10.1145/1518701.1518756>
- Santos, A. N., & Lopes, E. T. (2017). Ensino de ciências para surdos numa perspectiva de inclusão escolar. *Debates em Educação*, 9(18), 183–203. <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2017v9n18p183>
- Silva, F. V. (2021). Inclusão e participação: Considerações em torno de conceitos. In *Inclusão como participação social: Diferentes perspectivas em análise* (pp. 37–50). Instituto de Educação – Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/50628>

- Silveira, M. V., Barthem, R. B., & Santos, A. C. (2019). Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0084>
- Verderame, A. L. F. (2024). Acessibilidade e inclusão em atividades artísticas na educação infantil. *Revista SL Educacional*, 6(10), 23-33. https://www.sleditora.com/_files/ugd/235dad_c15fc79dfb504e779dae0ebad623f954.pdf
- Yağanoğlu, M., & Köse, C. (2017). Wearable vibration based computer interaction and communication system for deaf. *Applied Sciences*, 7(12), 1296. <https://doi.org/10.3390/app7121296>
- Yin, R. (2018). *Case study research and applications* (6th ed.). Sage.
- Zallio, M., & Ohashi, T. (2022). The evolution of assistive technology: A literature review of technology developments and applications. In M. Zallio (Ed.), *Human factors in accessibility and assistive technology* (AHFE Open Access, Vol. 37). AHFE International. <https://doi.org/10.54941/ahfe1001646>

AGRADECIMENTO AOS REVISORES

AGRADECIMENTO **AOS REVISORES**

Ana Cristina Maia Fernandes – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade da Beira Interior (Portugal)

Ana Rita Távora Alves – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa (Portugal)

Bianor Valente – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal) / CI&DEI, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)

Helena Simões – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Setúbal (Portugal)

Joana Torres – Escola Superior de Educação de Fafe, Instituto Europeu de Estudos Superiores (Portugal)

Maria Clara Martins – Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém (Portugal) / CIEQV, Centro de Investigação em Qualidade de Vida (Portugal)

Margarida Rodrigues – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal) / CI&DEI, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)

Paulo Maurício – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal) / CI&DEI, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)

Rafael Mendonça Mattos – Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém (Portugal) / Universidade Estadual do Maranhão (Brasil) / CIEQV, Centro de Investigação em Qualidade de Vida (Portugal)

Renata Carvalho – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal) / UIDEF, Universidade de Lisboa (Portugal)

Sílvia Nobre – Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém (Portugal)

Teresa Conceição – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa (Portugal)

Teresa Ribeirinha – Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém (Portugal) / CIEQV, Centro de Investigação em Qualidade de Vida (Portugal)

Xana Sá Pinto – CIDTFF.UA, Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores – (Portugal) / Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro (Portugal)

