

PhD

3.º
CICLO

FCUP
2026

U. PORTO

Integração curricular da bio e da geoética no ensino
das ciências: contributo para uma cidadania
participativa através da aprendizagem por projetos Marta Paz

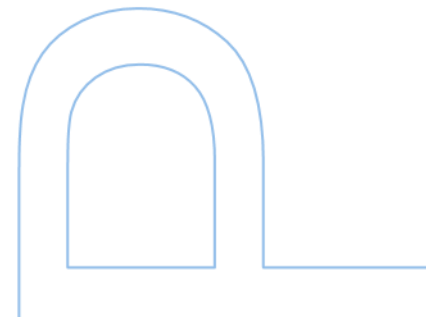
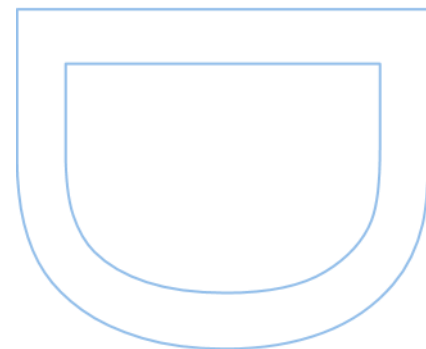
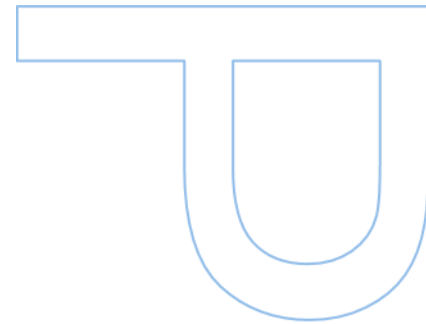
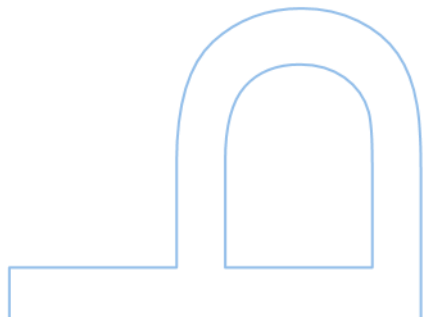
FC



Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos

Marta Paz

Programa Doutoral em Educação e Divulgação das Ciências
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2026





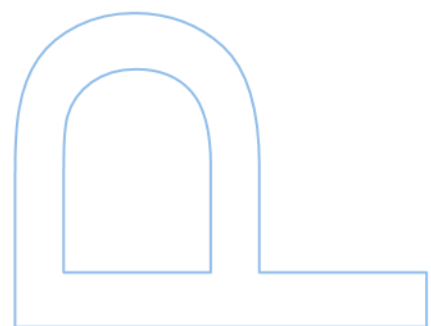
Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos

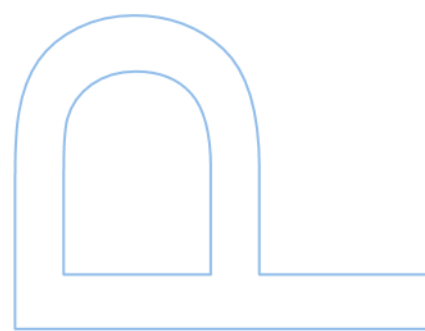
Marta Paz

Tese realizada no âmbito do Programa Doutoral em
Educação e Divulgação das Ciências
Especialidade em Educação em Ciências
2026

Orientador

Clara Vasconcelos
Professora Associada com Agregação
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

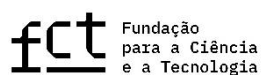




*“E assim fazer valer a pena cada
verso daquele poema sobre acreditar.”*

— Trem-Bala, Ana Vilela

A presente tese foi desenvolvida na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) e no Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR) e teve o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento com a referência 2021.06518.BD.



REPÚBLICA
PORTUGUESA

EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E INOVAÇÃO



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Agradecimentos

A realização desta tese representa um percurso académico, profissional e pessoal profundamente exigente e transformador, que não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas, a quem expresso o meu mais sincero agradecimento.

À minha orientadora científica, Professora Clara Vasconcelos, agradeço a orientação rigorosa, a disponibilidade constante, a exigência académica, bem como o desafio e o incentivo intelectual. A sua capacidade de questionar, orientar e confiar foi determinante para o desenvolvimento e o amadurecimento deste trabalho, bem como para o meu crescimento enquanto investigadora.

Ao Professor Vasco Almeida, que acompanhou a fase inicial desta investigação e que, com a sua experiência e disponibilidade, contribuiu para o enquadramento teórico de parte do estudo.

A todos os Professores da FCUP com quem contactei ao longo deste percurso, cujas reflexões e desafios contribuíram para o alargamento de horizontes.

À instituição cooperante desta investigação, a Associação de Solidariedade Social da Zona das Fontainhas, agradeço toda a disponibilidade, a abertura e a confiança depositadas neste projeto. O acolhimento, a colaboração ativa das suas profissionais e a criação de condições para a implementação da intervenção foram determinantes para a concretização do estudo e para a qualidade dos dados recolhidos.

Às crianças e aos adolescentes que participaram na investigação. A vossa disponibilidade, envolvimento, curiosidade e criatividade foram absolutamente essenciais para este trabalho. A forma como se apropriaram dos temas, questionaram e construíram sentidos deu corpo e significado à investigação, constituindo o seu contributo mais genuíno e valioso. Muito obrigada por tudo o que me deram a aprender!

À Tânia Ribeiro, pela elaboração das ilustrações que acompanham os recursos educativos desenvolvidos, contribuindo de forma decisiva para a sua clareza comunicativa e impacto junto dos participantes.

Às minhas companheiras “4 em linha”, Joana, Mariana e Sónia, por todo o apoio e o carinho, carregados de humor, mesmo nos momentos mais exigentes. Agradeço, ainda, à Cláudia e à Joana, as palavras de apoio e incentivo constantes.

Aos colegas de doutoramento com quem iniciei este percurso e àqueles que fui conhecendo ao longo do caminho, como a Ana, a Natália e o Nuno. Obrigada pelo vosso apoio e pela partilha das dúvidas, dos avanços e das dificuldades que marcaram este processo formativo. Agradeço, de forma muito especial, à Ana e ao Tiago. Convosco partilhei não apenas reflexões científicas, mas também inúmeros momentos de encorajamento, humor e cumplicidade. O vosso apoio e amizade ao longo deste percurso foram essenciais para tornar este caminho mais leve e mais rico.

À minha família e a todos os amigos, agradeço o carinho e a amizade, a paciência e o incentivo, mesmo nos períodos de maior ausência e de maior cansaço.

Aos meus pais e ao meu irmão. O vosso carinho e apoio incondicionais, os valores transmitidos e a confiança sempre demonstrada foram a base sobre a qual este percurso se construiu, permitindo um suporte afetivo e estrutural sem o qual este trabalho não teria sido possível.

Por fim, ao André, à Mi e ao Gu, deixo o mais sincero agradecimento. O vosso amor, presença, paciência e compreensão deram sentido a todo este percurso. Foram o meu maior apoio, a minha motivação diária e o meu ponto de equilíbrio quando tudo parecia inalcançável, lembrando-me constantemente do que é verdadeiramente essencial. Convosco, tudo se torna possível!

Resumo

Num contexto marcado por desafios sociocientíficos complexos e interligados, como as alterações climáticas, a degradação ambiental, a saúde pública e a justiça social, a Educação em Ciências enfrenta a necessidade de ultrapassar modelos centrados exclusivamente na transmissão de conhecimentos conceituais, assumindo um papel ativo na formação de cidadãos críticos, eticamente conscientes e participativos. Neste enquadramento, torna-se fundamental promover abordagens educativas que articulem ciência, ética e cidadania, capacitando os alunos para compreender, deliberar e agir de forma responsável perante os desafios do mundo contemporâneo.

A presente investigação insere-se neste quadro e teve como finalidade analisar de que modo a integração da bioética e da geoética no ensino das ciências pode contribuir para a promoção de uma cidadania participativa, ética e cientificamente informada. O estudo procurou responder a duas questões de investigação centrais: (i) em que medida uma intervenção educativa que integra bioética e geoética promove o desenvolvimento de conhecimentos, competências éticas e orientações para a ação; e (ii) qual a viabilidade e pertinência da integração destas dimensões no ensino formal das ciências em Portugal.

Optamos por um estudo de caso de natureza exploratória e interpretativa que adotou uma abordagem mista, com predomínio qualitativo, articulando um enquadramento teórico consistente com a conceção, implementação e avaliação de uma intervenção educativa desenvolvida em contexto de ensino não formal, complementada por um estudo diagnóstico junto de professores. A intervenção foi orientada por uma aprendizagem baseada em projetos, integrada numa perspetiva STEAM e ancorada em questões sociocientíficas, recorrendo a estratégias participativas e expressivas, como a análise de casos, a dramatização, jogos de simulação e atividades lúdicas. Foram concebidos e implementados seis recursos educativos originais e um guião teatral, com o objetivo de explorar possibilidades concretas de integração curricular da bioética e da geoética. A recolha de dados incluiu testes pré e pós-intervenção, guiões de entrevistas em grupos focais e individuais, análise de produções dos alunos e grelha de observação, permitindo uma triangulação sistemática de dados quantitativos e qualitativos.

Os resultados evidenciam progressos consistentes nos domínios cognitivo, ético-atitudinal e cidadão. A análise dos testes pré e pós-intervenção revelou melhorias

estatisticamente significativas na compreensão de conceitos de geoética ($Z = -3,302$, $p < 0,001$) e de bioética ($Z = -3,207$; $p = 0,001$), indicando um desenvolvimento da literacia científica dos participantes nestes temas. Ao nível ético-atitudinal, os dados provenientes das entrevistas, produções escritas e observação apontam para um aumento da sensibilidade a princípios como responsabilidade, prudência, justiça intergeracional e cuidado pela vida, bem como para uma maior capacidade de deliberação fundamentada face a dilemas sociocientíficos. No plano da ação cidadã, destacou-se a decisão autónoma dos participantes de conceber e apresentar uma peça de teatro dirigida a colegas mais novos, configurando uma forma concreta de participação cívica informada e responsável.

Relativamente à integração no ensino formal, os resultados do estudo diagnóstico junto de professores, articulados com a evolução observada nos participantes, indicam que a bioética e a geoética são reconhecidas como dimensões relevantes e compatíveis com as Aprendizagens Essenciais e os referenciais curriculares nacionais. Os docentes identificaram múltiplos tópicos curriculares passíveis de integrar estas dimensões, evidenciando potencial de transferência e adaptação das práticas desenvolvidas, desde que adequadamente contextualizadas.

Conclui-se que a bioética e a geoética podem constituir âncoras curriculares relevantes para uma Educação em Ciências orientada para a sustentabilidade e para a ação responsável, afirmando-se como um eixo estruturante de uma educação com (cons)ciência. Embora circunscritos ao contexto específico deste estudo de caso, os resultados obtidos configuram indicadores promissores e oferecem contributos consistentes para futuras investigações em contexto formal, bem como para o desenho de práticas pedagógicas mais humanistas, críticas e alinhadas com os desafios do século XXI.

Palavras-chave: Educação em Ciências, Ensino Não Formal, Ensino Orientado para a Aprendizagem por Projetos, Cidadania Participativa, Sustentabilidade, Bioética, Geoética.

Abstract

In a context marked by complex and interconnected socioscientific challenges—such as climate change, environmental degradation, public health, and social justice—Science Education is increasingly required to move beyond models focused exclusively on the transmission of conceptual knowledge, assuming a more active role in the formation of critical, ethically aware, and participatory citizens. Within this framework, it becomes essential to promote educational approaches that integrate science, ethics, and citizenship, enabling students to understand, deliberate, and act responsibly in the face of contemporary global challenges.

This research is situated within this perspective and aims to analyse how the integration of bioethics and geoethics into science education can contribute to the promotion of participatory, ethical, and scientifically informed citizenship. The study addresses two central research questions: (i) to what extent does an educational intervention integrating bioethics and geoethics promote the development of knowledge, ethical competences, and orientations for action; and (ii) what is the feasibility and relevance of integrating these dimensions into formal science education in Portugal.

An exploratory and interpretative case study was conducted, adopting a mixed-methods approach with a qualitative predominance. The study articulated a solid theoretical framework with the design, implementation, and evaluation of an educational intervention developed in a non-formal education context, complemented by a diagnostic study involving science teachers. The intervention was guided by project-based learning, embedded within a STEAM perspective and anchored in socioscientific issues, using participatory and expressive strategies such as case analysis, dramatization, simulation games, and playful activities. Six original educational resources and a theatrical script were designed and implemented to explore concrete possibilities for curricular integration of bioethics and geoethics. Data collection included pre- and post-intervention tests, focus group and individual interview protocols, analysis of students' productions, and an observation grid, enabling systematic triangulation of quantitative and qualitative data.

The results reveal consistent progress across cognitive, ethical-attitudinal, and civic domains. Analysis of pre- and post-intervention tests showed statistically significant improvements in participants' understanding of geoethics ($Z = -3.302$, $p < 0.001$) and

bioethics ($Z = -3.207$, $p = 0.001$), indicating enhanced scientific literacy in these areas. At the ethical-attitudinal level, data from interviews, written productions, and observations point to increased sensitivity to principles such as responsibility, prudence, intergenerational justice, and care for life, as well as a strengthened capacity for informed deliberation when addressing socioscientific dilemmas. In terms of civic action, a particularly notable outcome was the participants' autonomous decision to design and present a theatre play for younger peers, representing a concrete form of informed and responsible civic participation.

Regarding integration into formal education, results from the diagnostic study with teachers, articulated with the developments observed among participants, indicate that bioethics and geoethics are recognised as relevant and compatible dimensions within the Portuguese Essential Learnings and national curricular frameworks. Teachers identified multiple curricular topics suitable for integrating these dimensions, highlighting the potential for transfer and adaptation of the practices developed, provided they are appropriately contextualised.

It is concluded that bioethics and geoethics can function as meaningful curricular anchors for Science Education oriented towards sustainability and responsible action, affirming themselves as structuring axes of an education for the contemporary world. Although limited to the specific context of this case study, the results provide promising indicators and offer robust contributions for future research in formal education settings, as well as for the design of more humanistic, critical, and ethically grounded pedagogical practices aligned with the challenges of the twenty-first century.

Keywords: Science Education, Non-Formal Education, Project-Based Learning, Participatory Citizenship, Sustainability, Bioethics, Geoethics.

Índice

Lista de Figuras	xvi
Lista de Abreviaturas	xviii
Introdução.....	1
1. Contextualização da investigação	1
2. Finalidade, questões e objetivos da investigação	5
3. Organização da tese	7
Capítulo1. Ciência, Ética e Cidadania: Fundamentos para uma Educação em Ciências contemporânea.....	10
1.1. Educação em Ciências no século XXI: Desafios e finalidades educativas.....	10
1.2. Literacia científica no século XXI: Para além do conhecimento concetual	13
1.3. Ciência contemporânea: Valores, ética e responsabilidade social.....	16
1.4. Bioética e geoética na ciência contemporânea: Dois referenciais éticos emergentes	20
1.4.1. A Bioética na ciência contemporânea: A relação entre ciência, vida e sociedade	22
1.4.2. A Geoética na ciência contemporânea: Compreender e agir sobre o Sistema Terra.....	25
1.5. Cidadania participativa na Educação em Ciências: Enquadramentos e finalidades educativas.....	28
Capítulo 2. Educação em Ciências: Da deliberação ética à ação informada.....	32
2.1. Conhecimento científico e ação: Uma relação não linear na educação científica .	34
2.2. Deliberação ética na Educação em Ciências: Mediação entre ciência e ação ..	37
2.3. A Bioética e a Geoética na Educação em Ciências: Quadros operativos para a ação responsável	39
2.3.1. A articulação entre ciência, bioética e geoética: Implicações educativas ...	43
2.4. Integração curricular da bioética e da geoética em Portugal: Enquadramento normativo	48

2.4.1. Educação para a Cidadania e Educação em Ciências em Portugal: Princípios orientadores.....	48
2.4.2. Aprendizagens Essenciais em Ciências: Flexibilidade curricular e integração transversal	49
2.4.3. Quadros normativos nacionais: Convergências com a Bioética e a Geoética	52
Capítulo 3. Programa de intervenção: Conceção e implementação	56
3.1. Enquadramento da intervenção: O ensino não formal das ciências.....	56
3.1.1. Ensino não formal das Ciências: Educação inclusiva e o papel das instituições sociais	61
3.2. Metodologia da intervenção: Aprendizagem orientada por projetos.....	64
3.2.1. Da Aprendizagem por Projetos à Abordagem STEAM: Integrar Arte, Ciência e Ética na Educação em Ciências	66
3.3. Estudo diagnóstico: Perceções de professores de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia.....	70
3.4. Implementação do programa de intervenção: Estratégias e dinâmicas educativas	73
3.5. Desenvolvimento dos recursos educativos.....	76
3.6. O produto final do projeto: Da peça de teatro à cidadania participativa	83
3.6.1 Conceção e desenvolvimento do guião da peça de teatro	85
3.6.2. O guião da peça de teatro como recurso educativo	87
3.6.3. Atividade lúdica com o público: Bio & Geo-Heróis.....	89
Capítulo 4. Metodologia de investigação.....	93
4.1. Classificação da investigação.....	93
4.2. Caraterização das amostras.....	95
4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	99
4.3.1. Testagem.....	100
4.3.2. Inquérito por entrevista	105
4.3.3. Análise de registos: guião da peça de teatro.....	110
4.3.4. Observação: Registo das respostas ao jogo Bio e Geo-Heróis	111

4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados	114
4.5. Técnicas de análise e de tratamento de dados.....	116
4.5.1. Análise de dados quantitativos.....	117
4.5.2. Análise de dados qualitativos.....	117
4.6. Considerações éticas da investigação.....	119
Capítulo 5. Análise e discussão dos resultados	120
5.1. Análise dos resultados dos testes	120
5.1.1. Análise dos resultados do teste de geoética	120
5.1.2. Análise dos resultados dos testes de bioética	126
5.1.3. Análise integrada dos resultados dos testes de Bio e de Geoética	132
5.2. Análise dos resultados das entrevistas.....	135
5.2.1. Análise dos resultados das entrevistas aos participantes do projeto	135
5.2.2. Análise dos resultados das entrevistas aos espetadores do produto final (peça de teatro)	143
5.2.3. Análise dos resultados das entrevistas individuais às profissionais da instituição.....	148
5.3. Análise do guião da peça de teatro	155
5.4. Análise dos resultados da atividade lúdica Bio & Geo-Heróis.....	159
5.5. Discussão integrada dos resultados (testes, entrevistas, registos e observação).	160
Conclusão.....	168
1. Conclusão e considerações finais	168
2. Limitações e orientações para futuras investigações.....	170
Referências bibliográficas	172
Apêndice 1. Questionário do estudo diagnóstico	204
Apêndice 2. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos participantes do projeto	215
Apêndice 3. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos espetadores (alunos do 1ºCEB).....	236

Apêndice 4. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos espetadores (alunos do 2ºCEB).....	243
Apêndice 5. Transcrição das entrevistas individuais às colaboradoras da instituição	251
Apêndice 6. Transcrição das respostas à questão aberta (Q1) do pré e do pós-teste de Geoética	263
Apêndice 7. Guião da peça de teatro – (Cons)Ciência & Cidadania: Uma questão de Bio e de Geoética	266
Apêndice 8. Guião da Atividade Lúdica Bio & Geo-heróis.....	288
Apêndice 9. Grelha de observação da atividade lúdica Bio & Geo-heróis	290
Apêndice 10. Recurso Educativo 1	291
Apêndice 11. Recurso educativo 2.....	301
Apêndice 12. Recurso educativo 3.....	310
Apêndice 13. Recurso educativo 4.....	319
Apêndice 14. Recurso educativo 5.....	326
Apêndice 15. Recurso educativo 6.....	334
Apêndice 16. Correção do teste de Geoética.....	343
Apêndice 17. Correção do teste de Bioética	345
Apêndice 18. Acordo de cooperação	347
Apêndice 19. Declaração de consentimento informado dos encarregados de educação	349
Apêndice 20. Assentimento informado dos participantes	350
Anexo 1. Parecer da Comissão de Ética.....	351

Lista de tabelas

Tabela 1. Limites do Conceito de Literacia Científica.....	15
Tabela 2. Articulação entre Ciência, Bioética, Geoética e Cidadania na Educação em Ciências.....	42
Tabela 3. Da Literacia Científica à Ação Responsável.....	45
Tabela 4. Desafios Docentes na Implementação de Abordagens Orientadas Para a Deliberação Ética e a Ação Responsável	47
Tabela 5. Sugestões de Aprendizagens Essenciais com Potencial de Abordagem Bioética ou Geoética, de Acordo com o Ano de Escolaridade.....	51
Tabela 6. Caraterização da Amostra do Estudo Diagnóstico	71
Tabela 7. Correspondência entre os Domínios STEAM e os Recursos Educativos do Programa de Intervenção	81
Tabela 8. Síntese Comparativa dos Seis Recursos Educativos Desenvolvidos no Programa de Intervenção	82
Tabela 9. Afirmações e Questões Apresentadas na Atividade Lúdica Bio e Geo-heróis e Respetivos Objetivos Associados	91
Tabela 10. Resumo das Diferentes Amostras Participantes na Investigação e Respetivos Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados em Cada Grupo	96
Tabela 11. Caraterização Sociodemográfica da Amostra Participante (n=16).....	97
Tabela 12. Caraterização Sociodemográfica da Amostra de Espetadores da Peça de Teatro	98
Tabela 13. Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética e Respetivos Objetivos de Investigação	101
Tabela 14. Questões do Pré e Pós-Teste de Bioética e Respetivos Objetivos de Investigação	103
Tabela 15. Questões do Guião de Entrevista aos Participantes e Respetivos Objetivos de Investigação.....	107
Tabela 16. Questões do Guião de Entrevista Respondido pelos Espetadores da Peça de Teatro e Respetivos Objetivos de Investigação	108

Tabela 17. Questões e Respetivos Objetivos de Investigação do Guião de Entrevista Individual Aplicado aos Colaboradores da Instituição	109
Tabela 18. Categorias da Atividade Lúdica Bio e Geo-Heróis e Respetivos Objetivos de Investigação	112
Tabela 19. Resumo dos Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados na Investigação	114
Tabela 20. Estatística Descritiva Aplicada aos Resultados do Pré e Pós-Teste Sobre Geoética	121
Tabela 21. Distribuição das Respostas à Questão 1, do Domínio I, Sobre a Definição de Ética no Pré- e no Pós-Teste de Geoética, por Categorias.	122
Tabela 22. Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio II (Q2 e Q3).....	124
Tabela 23. Frequências de Resposta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio III, Atitudes e Comportamentos Pró-Ambientais (Q4 e Q5)	125
Tabela 24. Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio IV (Q6 e Q7)	126
Tabela 25. Estatística Descritiva Aplicada aos Resultados do Pré e Pós-Teste Sobre Bioética.....	127
Tabela 26. Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Bioética no Domínio I (Q1 e Q2)	128
Tabela 27. Resposta dos Participantes à Q3 do Teste de Bioética “Qual a Tua Opinião Sobre o Uso de Embriões Humanos na Investigação Científica?”	129
Tabela 28. Respostas dos Participantes à Q4 do Teste de Bioética “Concordas com a Utilização de Animais como Cobiaias na Investigação Científica?”.....	129
Tabela 29. Respostas dos Participantes à Q5 do Teste de Bioética “O que Pensas Sobre a Utilização da Inteligência Artificial na Tomada de Decisões Médicas (Por Exemplo, Fazer Diagnósticos ou Decidir Tratamentos)?”	130
Tabela 30. Resultados do Teste Exato de McNemar Para as Questões Q4 a Q6 do Teste de Bioética.....	131
Tabela 31. Frequências de Respostas Corretas à Questão Q6 e Q7 do Teste de Bioética	131

Tabela 32. Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria A - Interesse no Projeto (Q1)	136
Tabela 33. Frequência Absoluta de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria B - Metodologia de Ensino (Questões Q2 e Q3).....	137
Tabela 34. Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria C - Metodologia de Ensino (Q4)	138
Tabela 35. Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria D - Conhecimento e Aplicação dos Temas Abordados (Q5 e Q6).....	139
Tabela 36. Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à Categoria E - Benefícios da Participação (Q7 e Q8)	141
Tabela 37. Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à Categoria F - Relevância dos Temas (Q9)	142
Tabela 38. Resultados das Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores à Categoria A - Reação à Peça	144
Tabela 39. Resultados das Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria B - Estratégia de Aprendizagem.	145
Tabela 40. Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria C - Identificação dos Temas	146
Tabela 41. Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria D - Compreensão e Aplicação dos Conceitos.....	147
Tabela 42. Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais Relativamente à Categoria A - Interesse no Projeto (Q1)	149
Tabela 43. Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à Categoria B - Benefícios do Projeto (Q2).....	150
Tabela 44. Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à categoria C - Competências Interpessoais Desenvolvidas (Q3)	152

Tabela 45. Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à Categoria D - Relevância dos Temas Abordados (Q4).....	153
Tabela 46. Categorias e Evidências no Guião da peça de Teatro.....	158
Tabela 47. Frequências Absolutas das Respostas à Atividade Lúdica Bio e Geo-Heróis	159
Tabela 48. Interpretação Integrada dos Resultados em Função dos Objetivos.....	160

Lista de Figuras

Figura 1. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável Abordados na Presente Tese (United Nations, 2015).....	7
Figura 2. Evolução da Educação em Ciências: da Transmissão de Conteúdos à Ciência com (Cons)ciência	20
Figura 3. Da Literacia Científica à Cidadania Participativa e Informada: Conhecimento, Capacidades e Valores.....	22
Figura 4. Enquadramento Concetual da Educação em Ciências Sustentada pela Bioética e pela Geoética	31
Figura 5. Deliberação Ética Como Mediação Entre Conhecimento Científico e Ação Responsável.....	38
Figura 6. Bioética e Geoética Como Quadros Operativos da Ação: Escalas de Decisão e Focos de Responsabilidade.....	41
Figura 7. Progressão Concetual da Educação em Ciências à Ação Responsável	54
Figura 8. Enquadramento Concetual do Programa de Intervenção.....	59
Figura 9. Esquema Geral do Projeto de Investigação, com Indicação das Amostras e Técnicas/Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados nas Diversas Fases.....	75
Figura 10. Principais Etapas do Programa de Intervenção Desenvolvidas na Instituição Cooperante.....	76
Figura 11. Esquema dos Recursos Educativos Aplicados no Programa de Intervenção e das Respetivas Estratégias Educativas	78
Figura 12. Placas Fornecidas ao Público para a Atividade Lúdica: Bio e Geo-heróis..	90
Figura 13. Nuvem de Palavras Obtida a Partir das Respostas à Q1 do Pré (à Esquerda) e do Pós-teste (à Direita), Elaborada Através da Plataforma Mentimeter.....	123

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
BG	BIOLOGIA E GEOLOGIA
CEB	CICLO DO ENSINO BÁSICO
CIIMAR	CENTRO INTERDISCIPLINAR DE INVESTIGAÇÃO MARINHA E AMBIENTAL
CN	CIÊNCIAS NATURAIS
DGE	DIREÇÃO GERAL DA EDUCAÇÃO
DUBDH	DECLARAÇÃO UNIVERSAL DA BIOÉTICA E DOS DIREITOS HUMANOS
ENEC	ESTRATÉGIA NACIONAL DE EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA
EOAPj	ENSINO ORIENTADO PARA A APRENDIZAGEM POR PROJETOS
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
LC	LITERACIA CIENTÍFICA
ODS	OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
PASEO	PERFIL DO ALUNO À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PI	PROGRAMA DE INTERVENÇÃO
RE	RECURSO EDUCATIVO
SROI	SOCIAL RETURN ON INVESTMENT
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO

Introdução

A presente tese foi realizada no âmbito do Programa Doutoral em Ensino e Divulgação das Ciências, especialidade em Ensino das Ciências, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A investigação foi financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através da bolsa de doutoramento com a referência 2021.06518.BD.

1. Contextualização da investigação

O desenvolvimento científico e tecnológico ocorre atualmente a um ritmo acelerado, com impactos profundos nas esferas social, económica, ambiental e política. Neste contexto, torna-se imperativo que os sistemas educativos promovam, junto dos jovens em idade escolar, não apenas o desenvolvimento de conhecimentos, mas também de capacidades, atitudes e valores que lhes permitam fazer escolhas informadas, tomar decisões conscientes e enfrentar os desafios de um mundo complexo e incerto, afirmando-se como cidadãos responsáveis e participativos (AlAli, 2024; Lee et al., 2013; Martins et al., 2017; Nunes et al., 2015; Powell et al., 2021).

Para responder a estas exigências, a investigação em educação tem vindo a sublinhar a necessidade de recorrer a metodologias centradas no aluno, que promovam aprendizagens ativas e contextualizadas (Dobber et al., 2017; Kang & Keinonen, 2018; Sadler & Zeidler, 2004). Entre estas metodologias, destaca-se o ensino orientado para a aprendizagem por projetos (EOAPj), enquadrado numa perspetiva socioconstrutivista, que envolve os alunos em trabalho colaborativo orientado para a resolução de problemas reais e socialmente relevantes, favorecendo a integração de saberes, competências e valores (Bell, 2010; Dobber et al., 2017; Krajcik et al., 2008; Triana et al., 2020).

Um dos propósitos centrais da educação em ciências consiste no desenvolvimento da literacia científica (LC). Cidadãos com LC tendem a envolver-se de forma mais informada e ativa em processos de tomada de decisão relacionados com questões do quotidiano que possuem uma base científica subjacente, constituindo a LC uma condição fundamental para uma cidadania participativa (European Commission, 2015; Herman et al., 2021; Jufrida et al., 2019; Lederman et al., 2013; Ratcliffe & Grace, 2003; Yacoubian, 2018). Neste âmbito, as questões sociocientíficas assumem particular

relevância educativa, uma vez que se caracterizam pela complexidade, pela ausência de soluções únicas e pela presença de dimensões éticas, morais e sociais, permitindo estabelecer pontes entre o conhecimento científico escolar e os contextos sociais e políticos dos alunos (Chowning et al., 2012; Hancock et al., 2019; Reis & Galvão, 2008; Sadler & Zeidler, 2004; Zeidler & Sadler, 2023). A abordagem destas questões favorece, ainda, o desenvolvimento de concepções mais sofisticadas sobre a natureza da ciência, bem como de competências cognitivas de nível superior, como o pensamento crítico, a tomada de decisão e a resolução de problemas, essenciais para a transição para uma ação responsável no futuro (Herman et al., 2021; Miri et al., 2007; Ratcliffe & Grace, 2003).

Apesar dos progressos registados nas últimas décadas, persiste um debate relevante em torno do alcance e das finalidades da LC. Modelos educativos excessivamente centrados na aquisição de conhecimentos conceituais e procedimentais revelam limitações quando confrontados com problemas contemporâneos marcados por elevada complexidade, incerteza científica, controvérsia social e implicações éticas profundas (Develaki, 2024). Questões como as alterações climáticas, a justiça ambiental, a biotecnologia ou a gestão de riscos naturais exigem dos cidadãos não apenas compreensão científica, mas também capacidade de pensamento sistémico, deliberação ética e tomada de decisão informada em contextos reais (Barton et al., 2021).

Neste quadro, diversos autores defendem uma ampliação do conceito de LC, integrando explicitamente dimensões axiológicas, éticas e cidadãs (DeBoer, 2000; Kolstø, 2001; Osborne & Allchin, 2024; Sjöström, 2024; Usher, 2021; Yacoubian, 2018). Esta perspetiva reconhece que o conhecimento científico não é neutro nem dissociável dos valores, interesses e impactos sociais que lhe estão associados, o que requer abordagens educativas que promovam a reflexão crítica sobre as consequências das decisões humanas no presente e no futuro. A ausência de referenciais éticos claros no ensino das ciências pode conduzir, por um lado, a abordagens tecnocráticas e instrumentalizadas do conhecimento e, por outro, a formas de relativismo moral pouco fundamentadas. Neste sentido, a bioética e a geoética emergem como quadros de referência particularmente relevantes para a análise de dilemas sociocientíficos e socioambientais, ancorados em princípios de responsabilidade, justiça e cuidado com a vida e com o Sistema Terra.

A bioética centra-se na reflexão ética sobre questões associadas às ciências da vida, à saúde e à biotecnologia (Araújo et al., 2017; Engelhardt, 1996; Keskin-Samanci et al.,

2014; Neves & Osswald, 2014; Neves, 2009), enquanto a geoética se constitui como uma área emergente dedicada à análise dos valores que devem orientar a relação do ser humano com o Sistema Terra, nomeadamente no uso de recursos, na gestão de riscos e na prevenção de impactos ambientais (Bobrowsky et al., 2018; Peppoloni & Di Capua, 2017; Vasconcelos et al., 2020a). Ambas assumem um carácter transdisciplinar e teórico-prático, combinando um estatuto epistemológico com uma dimensão interventiva, ao promoverem uma consciência crítica e responsável sobre as implicações das ações humanas para o presente e para o futuro (UNESCO, 2006; Vasconcelos & Orion, 2021; Vasconcelos et al., 2016).

Apesar do seu potencial educativo, a integração curricular da bioética e da geoética no ensino das ciências permanece limitada, ocorrendo sobretudo no ensino superior e sendo residual ou inexistente nos ensinos básico e secundário (Paz & Vasconcelos, 2024). Mesmo quando questões éticas são abordadas no ensino pré-universitário, tal acontece frequentemente de forma implícita ou fragmentada, sem articulação sistemática com os conteúdos científicos nem com objetivos explícitos de formação cidadã. Esta lacuna evidencia a necessidade de desenvolver e testar modelos pedagógicos que articulem ciência, ética e cidadania de forma coerente, intencional e teoricamente sustentada (Allaste et al., 2021; Ariza et al., 2021; Coronado-Vázquez et al., 2025; Mendonça et al., 2025; Yanniris, 2021).

A opção pelo ensino não formal como contexto privilegiado para a presente investigação responde a esta necessidade. Entendido não como alternativa, mas como espaço complementar ao ensino formal, o ensino não formal oferece condições particularmente favoráveis à experimentação pedagógica, à abordagem aprofundada de questões éticas e sociocientíficas e à utilização de metodologias centradas no aluno (Guralp et al., 2024). Adicionalmente, experiências educativas não formais contribuem para o envolvimento sustentado dos jovens com a ciência, ao ampliarem os recursos culturais e sociais associados à sua participação em práticas científicas (DeWitt et al., 2016). Para além disso, a flexibilidade curricular e a proximidade aos contextos de vida dos participantes permitem explorar dinâmicas de aprendizagem que dificilmente encontram lugar em contextos escolares mais rigidamente estruturados. Esta perspetiva é igualmente sublinhada pela Comissão Europeia, que defende o reforço das articulações entre educação formal, não formal e informal, empresas e sociedade civil, como estratégia para promover um envolvimento ativo dos cidadãos com a ciência (European Commission, 2015).

Do ponto de vista científico, a investigação adota uma abordagem metodológica mista, de natureza predominantemente qualitativa e interpretativa, complementada por dados quantitativos. Parte-se do pressuposto de que a compreensão dos processos de aprendizagem ética e cidadã requer o recurso a múltiplas fontes de evidência, capazes de captar não apenas mudanças conceituais, mas também formas de argumentação, deliberação, expressão simbólica e ação. Neste contexto, a valorização de produtos construídos pelos participantes, como o guião da peça de teatro, enquanto fontes de dados, constitui uma opção epistemológica coerente com a perspetiva socioconstrutivista que sustenta o estudo, reconhecendo os alunos como agentes ativos na construção de significados, que reinterpretem e negociam ideias científicas através da interação e do discurso em contextos educativos (Driver et al., 1994).

A originalidade desta tese reside em vários níveis complementares. Em primeiro lugar, propõe um modelo concetual integrador que articula LC, bioética e geoética, orientado para a ação cidadã. Em segundo lugar, operacionaliza esse modelo através de um programa de intervenção estruturado e sustentado na aprendizagem orientada por projetos, com integração de estratégias expressivas, isto é, formas de expressão artística, corporal ou narrativa, articuladas com o conhecimento científico, com o objetivo de favorecer a compreensão de problemas complexos, a empatia e a participação ativa dos alunos (Dorion, 2009; Braund, 2015). Em terceiro lugar, mobiliza uma combinação diversificada de instrumentos de recolha de dados, tais como, testes, guiões de entrevistas, grelha de observação e análise de registos, permitindo uma leitura multidimensional dos efeitos da intervenção. Finalmente, contribui para o debate contemporâneo sobre o papel da educação em ciências na construção de sociedades mais justas, sustentáveis e participativas.

Sustenta-se, assim, a relevância e a pertinência desta investigação, que perscruta a aprendizagem da bioética e da geoética na escolaridade obrigatória, através da sua implementação num contexto de ensino não formal. Ao adotar uma abordagem inovadora no ensino das ciências, o estudo evidencia o potencial destas linguagens éticas para enriquecer a educação em ciências e promover a formação de cidadãos informados, participativos e comprometidos com a sustentabilidade. Para além de apresentar um programa educativo original, esta tese procura preencher uma lacuna na investigação em educação em ciências, ao articular, de forma sistemática, bioética e geoética num modelo pedagógico alinhado com referenciais contemporâneos, como o Learning Compass 2030 (OCDE, 2019), Education for human flourishing (OCDE, 2025a) e o GreenComp (Bianchi et al., 2022). O estudo contribui, assim, para o

desenvolvimento de práticas educativas mais integradoras e para o aprofundamento da LC alinhada com valores (OCDE, 2021a).

2. Finalidade, questões e objetivos da investigação

A presente investigação teve como finalidade promover o ensino das ciências através da integração de questões bioéticas e geoéticas em contexto de educação não-formal. Procurou-se, simultaneamente, criar oportunidades de aprendizagem que fomentassem uma cidadania ativa, participativa e comprometida com a sustentabilidade global.

De forma a garantir o seu alcance, foram definidos dois problemas de investigação:

P1. Verificar se atividades de educação não formal, orientadas para uma aprendizagem por projetos, podem, simultaneamente, promover conhecimentos em bioética e geoética e fomentar competências de cidadania participativa.

P2. Avaliar a pertinência e a viabilidade da integração da bioética e da geoética nos currículos do ensino formal em Portugal.

O primeiro problema desdobra-se em duas dimensões complementares: (i) a dimensão cognitiva, relativa ao desenvolvimento de conhecimentos em bioética e geoética; e (ii) a dimensão atitudinal e comportamental, referente ao desenvolvimento de atitudes e comportamentos associados a uma cidadania participativa. A sua análise encontra-se nos Capítulos 4 e 5, Metodologia de investigação e Análise e discussão dos resultados (páginas 93 e 120, respetivamente).

O segundo problema de investigação pretendeu verificar a possibilidade de integrar a aprendizagem de bioética e de geoética no ensino formal. A sua análise foi fundamentada nos documentos normativos portugueses definidos pelo Ministério da Educação, Ciência e Inovação e encontra-se apresentada na secção 2.4 (páginas 48 a 55). Adicionalmente, foi complementada pelos resultados de um estudo diagnóstico realizado junto de professores destas disciplinas, descrito no Capítulo 3, secção 3.3 (páginas 70 a 72).

No sentido de cumprir a finalidade e responder aos problemas de investigação apresentados, foram delineados os seguintes objetivos principais:

- Fomentar a literacia científica em bioética e em geoética da amostra participante no estudo;
- Consciencializar para a importância da adoção de perspetivas bio- e geoéticas relativamente a diversas questões do quotidiano, relacionadas com a saúde humana e animal, o uso/exploração de recursos naturais, os direitos humanos, as alterações climáticas e os riscos geológicos;
- Promover a inclusão de jovens integrados em associações de cariz social através de um ensino promotor de competências para uma cidadania participativa;
- Integrar o ensino da bioética e da geoética no currículo de ciências, através do desenvolvimento e aplicação de recursos educativos, num contexto de ensino não formal.

A presente investigação pretendeu contribuir para o cumprimento de diversos dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), definidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas (United Nations, 2015). Dada a sua natureza e o enquadramento educativo desta investigação, destaca-se o contributo para o ODS 4 – Educação de Qualidade, ao promover oportunidades de aprendizagem inclusivas e equitativas, centradas no desenvolvimento de conhecimentos, atitudes e valores. Através da abordagem de diversas temáticas bioéticas e geoéticas, esta tese encontra-se ainda alinhada com os ODS 3 (Saúde de qualidade), 11 (Cidades e Comunidades sustentáveis), 13 (Ação climática), 14 (Proteger a vida marinha) e 15 (Proteger a vida terrestre). Para além destes, a investigação assume igualmente um compromisso com o ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes, ao fomentar valores como o respeito, a cooperação, a justiça e a responsabilidade social, essenciais para a construção de sociedades mais pacíficas, inclusivas e participativas. A Figura 1 apresenta os ODS abordados na investigação.



Figura 1.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável Abordados na Presente Tese (United Nations, 2015)

3. Organização da tese

A presente tese encontra-se organizada em cinco capítulos, para além da introdução e da conclusão, articulando progressivamente os fundamentos teóricos, o enquadramento normativo, a conceção e a implementação da intervenção educativa, a metodologia de investigação e a análise e a discussão dos resultados.

O Capítulo 1 (páginas 10 a 31) estabelece o enquadramento teórico de base da investigação. Inicia-se com uma reflexão sobre a Educação em Ciências no século XXI, destacando os seus desafios e finalidades educativas, bem como a necessidade de ultrapassar abordagens centradas exclusivamente na transmissão de conhecimentos conceituais. A LC é analisada numa perspetiva ampliada, integrando dimensões éticas, sociais e cidadãs. O capítulo aprofunda ainda o papel dos valores, da ética e da responsabilidade social na ciência contemporânea, introduzindo a bioética e a geoética como referenciais éticos emergentes. Estas são analisadas enquanto quadros conceituais que permitem compreender e problematizar as relações entre ciência, vida, sociedade e Sistema Terra. O capítulo conclui com o enquadramento da cidadania participativa na Educação em Ciências, clarificando os seus referenciais e as suas finalidades educativas.

O Capítulo 2 (páginas 32 a 55) aprofunda o enquadramento conceitual iniciado no capítulo anterior, centrando-se na relação entre conhecimento científico, deliberação ética e ação. Discute-se a natureza não linear da relação entre ciência e ação, bem

como o papel da deliberação ética como mediação educativa essencial na abordagem de questões sociocientíficas. A bioética e a geoética são retomadas enquanto quadros operativos para a ação responsável, explorando-se as suas implicações educativas e a sua articulação com o desenvolvimento de competências para a sustentabilidade. O capítulo integra ainda uma análise do enquadramento normativo português, nomeadamente da Educação para a Cidadania e das Aprendizagens Essenciais, discutindo a viabilidade e pertinência da integração curricular da bioética e da geoética no ensino formal das ciências.

O Capítulo 3 (páginas 56 a 92) descreve a conceção, os pressupostos pedagógicos e a implementação do programa de intervenção desenvolvido no âmbito da investigação. Apresenta-se o ensino não formal das ciências como contexto privilegiado para a intervenção, destacando o seu potencial inclusivo e o papel das instituições sociais. É explicitada a opção metodológica pela aprendizagem orientada por projetos, articulada com a abordagem Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) e com a promoção da cidadania participativa. O capítulo inclui ainda a apresentação do estudo diagnóstico realizado junto de professores de Ciências Naturais (CN) e de Biologia e Geologia (BG), a descrição das estratégias e dinâmicas educativas implementadas, o desenvolvimento dos recursos educativos e a caracterização do produto final do projeto, com destaque para a peça de teatro e para a atividade lúdica Bio & Geo-Heróis.

O Capítulo 4 (páginas 93 a 119) explicita as opções metodológicas adotadas no estudo, enquadrando-o no paradigma da investigação em educação. São apresentadas a classificação da investigação, a caracterização das amostras, as técnicas e instrumentos de recolha de dados utilizados, bem como os procedimentos de validação e verificação da fidelidade dos instrumentos. O capítulo descreve ainda as técnicas de análise e tratamento dos dados quantitativos e qualitativos e explicita as considerações éticas subjacentes ao processo de investigação.

O Capítulo 5 (páginas 120 a 167) apresenta e analisa os resultados obtidos a partir dos diferentes instrumentos de recolha de dados. São analisados os resultados dos testes de bioética e de geoética, das entrevistas realizadas a participantes, espetadores e profissionais da instituição, bem como os dados provenientes da análise do guião da peça de teatro e da atividade lúdica Bio & Geo-Heróis. O capítulo culmina numa discussão integrada dos resultados, articulando os dados quantitativos e qualitativos com os objetivos e as questões de investigação, bem como com o enquadramento teórico apresentado nos capítulos iniciais.

Por fim, na Conclusão (páginas 168 a 171) sintetizam-se os principais contributos da investigação, refletindo sobre o cumprimento dos objetivos e a resposta aos problemas de investigação enunciados. São ainda apontadas as suas limitações, sugerindo-se caminhos para investigações futuras.

Capítulo 1. Ciência, Ética e Cidadania: Fundamentos para uma Educação em Ciências contemporânea

A Educação em Ciências ocupa, no século XXI, um lugar estratégico na formação de cidadãos capazes de compreender, avaliar e intervir num mundo marcado por complexidade crescente, incerteza científica e desafios socioambientais globais. As decisões informadas pela ciência, desde escolhas individuais relacionadas com saúde ou consumo até decisões coletivas associadas a políticas públicas, gestão ambiental ou inovação tecnológica, envolvem consequências éticas, sociais e ecológicas que ultrapassam largamente o domínio estritamente concetual do conhecimento científico.

Neste contexto, torna-se cada vez mais evidente que a finalidade da Educação em Ciências não pode limitar-se à transmissão de conteúdos disciplinares ou ao domínio de explicações científicas descontextualizadas. Pelo contrário, exige uma (re)configuração que articule compreensão científica, reflexão ética e responsabilidade cidadã, reconhecendo tanto o potencial transformador da ciência quanto os seus limites, enquanto instância normativa (Saxena, 2019; McCrory & Reiss, 2023).

Este capítulo tem como objetivo fundamentar a investigação, explicitando os pressupostos teóricos que sustentam a necessidade de integrar ética e cidadania na Educação em Ciências. Para tal, analisa-se, numa primeira fase, o lugar da ciência num mundo marcado pela incerteza e pela complexidade, bem como os limites dos modelos transmissivos de ensino. Em seguida, aprofunda-se o conceito de LC, evidenciando o hiato persistente entre conhecimento e ação. Por fim, discutem-se os papéis dos valores e da responsabilidade na ciência contemporânea, culminando na apresentação da bioética e da geoética como referenciais emergentes particularmente adequados para orientar uma Educação em Ciências comprometida com a ação responsável.

1.1. Educação em Ciências no século XXI: Desafios e finalidades educativas

O século XXI é marcado por uma intensificação sem precedentes da produção científica e tecnológica, acompanhada por uma crescente complexificação dos problemas que

atravessam as sociedades contemporâneas. Muitos dos desafios atuais, como as alterações climáticas, as crises sanitárias globais ou a degradação ambiental, caracterizam-se por interdependências fortes entre sistemas naturais, sociais e tecnológicos, bem como por elevados níveis de incerteza científica e imprevisibilidade dos impactos a médio e longo prazo (IPCC, 2021; World Health Organization, 2020).

Neste contexto, a ciência deixa de ser apenas uma fonte de explicações causais ou soluções técnicas, passando a integrar processos de decisão marcados por risco, incerteza e consequências distribuídas de forma desigual no tempo e no espaço. Como sublinham Ebi e colaboradores (2021) e Clarke e colaboradores (2022), muitas decisões baseadas na ciência são tomadas antes de haver consenso pleno ou evidência completa, o que exige prudência e a avaliação de cenários alternativos. A produção de conhecimento científico ocorre, assim, frequentemente em condições de incerteza epistemológica, com modelos concorrentes, margens de erro e pressupostos implícitos que devem ser reconhecidos explicitamente.

A investigação em educação científica tem vindo a demonstrar que a apresentação da ciência como um corpo de conhecimento certo e fechado entra em tensão com esta realidade. Segundo diversos autores (Funtowicz e Ravetz, 1993; Höttecke e Allchin, 2020; Osborne e Allchin, 2024), preparar cidadãos para lidar com a ciência em contextos reais implica desenvolver uma compreensão da incerteza, da controvérsia legítima e dos limites do conhecimento científico, o que exige processos deliberativos alargados. Neste sentido, lidar com a complexidade torna-se uma competência central da Educação em Ciências contemporânea, exigindo pensamento sistémico, a capacidade de integrar múltiplas escalas e o reconhecimento das limitações da evidência disponível (Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Apesar das transformações profundas atribuídas ao papel social da ciência, uma parte substancial do ensino das ciências permanece ancorada em modelos transmissivos, focados na entrega de conteúdos estabilizados e na avaliação da reprodução de respostas consideradas corretas (Lehesvuori et al., 2017; Oh et al., 2022). Esta abordagem reflete uma herança positivista que apresenta o conhecimento científico como um processo cumulativo, neutro e descontextualizado (Cachapuz et al., 2004; Karaman, 2022; Maksimović & Evtimov, 2023). Segundo Matthews (2022), esta persistência pedagógica aproxima-se daquilo que Kuhn (1962, 1970) designou como uma forma de “iniciação dogmática”, considerada funcional para a prática da chamada *ciência normal*. Neste enquadramento, o ensino é estruturado de modo a promover a adesão a paradigmas estabelecidos, favorecendo uma rigidez profissional que tende a

desencorajar a análise crítica da informação. Como resultado, perpetuam-se modelos de aprendizagem que privilegiam a convergência de pensamento e a reprodução de consensos, em detrimento da reflexão crítica e da problematização epistemológica.

A literatura tem evidenciado que tais abordagens apresentam limitações significativas quando o objetivo é preparar os alunos para enfrentar problemas sociocientíficos complexos. Segundo vários autores (Crowell & Schunn, 2016; Hodson, 2020; Howell e Brossard, 2021; Sadler & Zeidler, 2004), a aquisição de conhecimento concetual não se traduz automaticamente na capacidade de tomar decisões responsáveis em contextos marcados por incerteza, valores em conflito e implicações sociais. Pelo contrário, modelos excessivamente transmissivos tendem a evitar controvérsia e a marginalizar a dimensão ética da ciência, reforçando uma imagem idealizada e irrealista da prática científica.

Além disso, ao dissociar ciência e valores, estes modelos contribuem para uma compreensão empobrecida da ciência enquanto prática social. Fasce e Picó (2019) alertam que esta dissociação pode favorecer tanto o tecnocratismo, a ideia de que a ciência fornece respostas normativas diretas, como o relativismo, no qual o conhecimento científico perde estatuto face a opiniões não fundamentadas. Em ambos os casos, a capacidade de ação responsável fica comprometida.

Reconhecer os limites dos modelos transmissivos não implica abdicar do rigor científico nem do ensino sistemático de conceitos fundamentais. Implica, antes, questionar a sua suficiência face às finalidades educativas do século XXI e abrir espaço a abordagens que integrem conhecimento, reflexão crítica e deliberação ética.

Num mundo em que a ciência informa decisões com impactos profundos sobre a vida humana, os ecossistemas e o Sistema Terra, a questão da responsabilidade social da ciência assume centralidade crescente. A ciência contemporânea não se limita a descrever o mundo; participa ativamente na sua transformação, influenciando políticas públicas, práticas económicas e escolhas tecnológicas com consequências frequentemente irreversíveis (Resnik & Elliott, 2016).

Autores como Douglas (2023) demonstram que valores desempenham um papel inevitável na prática científica, particularmente em contextos de risco e incerteza. Decisões sobre níveis aceitáveis de risco, prioridades de investigação ou formas de comunicar resultados científicos não podem ser derivadas exclusivamente da evidência empírica, exigindo critérios éticos explícitos. Reconhecer esta dimensão valorativa não

compromete a objetividade científica; pelo contrário, contribui para uma ciência mais transparente, responsável e socialmente legítima (Rolin, 2020).

Para a Educação em Ciências, esta realidade implica uma reconfiguração das suas finalidades. Formar cidadãos com LC passa a significar não apenas compreender conceitos e processos científicos, mas também reconhecer como a ciência é mobilizada em processos de decisão, quem é afetado por essas decisões e quais as responsabilidades associadas ao uso do conhecimento científico (Laugksch (2000). Como sublinham Kumar e Choudhary (2025), Levinson (2010) ou Vesterinen e colaboradores (2016), a educação científica orientada para a cidadania deve preparar os alunos para participar de forma informada em decisões coletivas, e não apenas para compreender explicações científicas.

Neste enquadramento, a Educação em Ciências assume uma função cívica ampliada: preparar todos os alunos, e não apenas futuros especialistas, para viver em sociedades profundamente moldadas pela ciência e pela tecnologia. Esta preparação exige uma articulação explícita entre compreensão científica, reflexão ética e responsabilidade social, abrindo caminho para uma conceção de LC orientada para a ação informada, desenvolvida na secção seguinte.

1.2. Literacia científica no século XXI: Para além do conhecimento concetual

A LC tem sido amplamente reconhecida como um objetivo central da Educação em Ciências ao longo das últimas décadas, sendo frequentemente apresentada como condição necessária para a participação informada dos cidadãos em sociedades fortemente dependentes da ciência e da tecnologia. No entanto, a evolução contemporânea da investigação em educação científica revela um consenso crescente quanto à insuficiência de conceções de LC centradas exclusivamente na aquisição de conhecimentos concetuais ou procedimentais. Num contexto marcado por incerteza, controvérsia científica, riscos sistémicos e impactos socioambientais distribuídos de forma desigual, torna-se evidente que compreender ciência não equivale, necessariamente, a saber mobilizá-la de forma responsável. De acordo com Cvitanovic e colaboradores (2016), o conhecimento científico apenas é traduzido em impacto social quando acompanhado de processos eficazes de comunicação, envolvimento e tradução para a decisão.

Os modelos tradicionais de LC, fortemente influenciados por uma visão positivista da ciência, privilegiaram durante muito tempo a transmissão de conteúdos estabilizados e a familiarização com métodos científicos, partindo do pressuposto implícito de que o aumento do conhecimento conduziria, de forma quase automática, a melhores decisões individuais e coletivas. Contudo, a investigação tem demonstrado de forma consistente que este pressuposto não se verifica empiricamente. Indivíduos com elevados níveis de LC podem, ainda assim, revelar dificuldades significativas quando confrontados com decisões que envolvem riscos, conflitos de valores, incerteza persistente ou consequências éticas e sociais complexas (Ryder, 2001; Feinstein, 2011). Este desfasamento entre conhecimento e ação, frequentemente designado na literatura como um *knowledge–action gap*, constitui um dos principais desafios da Educação em Ciências contemporânea (Chakravartty, 2022; Dupont et al., 2024; Kang & Tolppanen, 2024; Mooney et al., 2022). Estudos em contextos como as alterações climáticas, a saúde pública, a biotecnologia ou a gestão de riscos ambientais mostram que a posse de informação científica rigorosa não garante, por si só, decisões responsáveis nem comportamentos alinhados com o bem comum (Kahan et al., 2012; Valladares, 2021). A tomada de decisão nestes domínios exige não apenas compreender dados e modelos científicos, mas também interpretar incertezas, ponderar valores, antecipar impactos e reconhecer responsabilidades individuais e coletivas. Em linha com esta perspetiva, autores da especialidade sublinham que o objetivo da educação científica não deve ser a formação de cidadãos especialistas, mas sim de cidadãos “competentes”, capazes de compreender evidência científica relevante, reconhecer incertezas e confiar de forma informada em processos e peritos científicos ao enfrentar desafios sociocientíficos complexos (Reyna, 2020; Osborne & Pimentel, 2023; Tasquier et al., 2022).

A crítica ao conceito de LC tem, assim, incidido sobre vários limites estruturais. Um primeiro limite prende-se com o reducionismo concetual, que traduz a LC em listas de conteúdos ou competências mensuráveis, frequentemente desligadas de contextos reais de decisão. Esta abordagem tende a produzir aprendizagens pouco transferíveis para situações concretas, mantendo o conhecimento confinado ao espaço escolar (Roberts, 2007). Um segundo limite relaciona-se com a neutralidade axiológica frequentemente atribuída à ciência no ensino, ocultando o papel inevitável dos valores nas decisões informadas pela ciência e dificultando a deliberação ética em contextos de risco e controvérsia (Douglas, 2009). Acresce ainda a individualização da LC, que privilegia o sujeito isolado e negligencia as dimensões sociais, institucionais e políticas da decisão científica, particularmente relevantes em problemas de escala coletiva, como a sustentabilidade ou a saúde pública (Jasanoff, 2004). Por fim, vários autores apontam

a ausência de ação como um limite central, quando a LC é concebida como um fim em si mesma, desvinculada de processos de participação, decisão e responsabilidade cidadã (Ryder, 2001; Zeidler et al., 2016).

A Tabela 1 sintetiza estes limites e explicita as suas principais implicações educativas.

Tabela 1.
Limites do Conceito de Literacia Científica

Limite identificado	Descrição	Implicação educativa
Reduccionismo	Ênfase excessiva de conceitos	Fraca transferência para situações reais
Neutralidade axiológica	Ocultação de valores	Incapacidade de decisão ética
Individualidade da literacia	Foco único no sujeito isolado	Ignora dimensões coletivas e sociais
Ausência de ação	Literacia como um fim	Desalinhamento com cidadania participativa

A sistematização destes limites evidencia que a LC, embora indispensável, não é suficiente para responder às exigências educativas do século XXI. O domínio do conhecimento científico não garante, por si só, decisões responsáveis, nem protege contra desinformação, polarização ou usos indevidos da autoridade científica (Feinstein & Baram-Tsabari, 2024; Roberts e Bybee, 2014). Pelo contrário, quando desprovida de enquadramento ético explícito, a LC pode sustentar abordagens tecnocráticas, que atribuem à ciência um poder normativo absoluto, ou, em sentido oposto, leituras relativistas acríticas, nas quais diferentes posições são tratadas como equivalentes independentemente da robustez da evidência disponível (Douglas, 2009).

Reconhecer estes limites não implica rejeitar a LC enquanto objetivo educativo, mas antes reconfigurá-la. A literatura converge na ideia de que a LC deve ser integrada em quadros educativos mais amplos, capazes de articular conhecimento científico, reflexão ética e responsabilidade cidadã. Nesta perspetiva, a LC passa a ser entendida como uma condição necessária, mas não suficiente, para a participação informada em sociedades marcadas por incerteza, controvérsia e conflitos de valores (Valladares, 2021).

É precisamente neste espaço de tensão que se torna evidente a necessidade de introduzir explicitamente a ética no ensino das ciências. A dificuldade não reside apenas em *ensinar mais ciência*, mas em criar dispositivos educativos que permitam mediar a passagem do conhecimento à decisão e à ação responsável. Esta constatação prepara o terreno concetual para a análise da dimensão ética da ciência contemporânea, desenvolvida na secção seguinte, e fundamenta a introdução da bioética e da geoética como referenciais estruturantes capazes de orientar a deliberação em contextos de complexidade, risco e responsabilidade intergeracional.

1.3. Ciência contemporânea: Valores, ética e responsabilidade social

A ciência contemporânea desenvolve-se num contexto marcado por crescente complexidade, incerteza e impacto social (Blauza et al., 2025; Chan & Erduran, 2025). As decisões informadas pela ciência influenciam hoje domínios tão diversos como a saúde pública, a governação ambiental, a segurança alimentar, a transição energética, a gestão de riscos naturais ou o desenvolvimento tecnológico. Neste cenário, torna-se cada vez mais difícil sustentar uma conceção da ciência como atividade axiologicamente neutra ou socialmente desligada das suas consequências. Pelo contrário, a relação entre ciência, valores e responsabilidade emerge como um eixo central da reflexão epistemológica, ética e educativa.

A ideia de que a ciência é, ou deve ser, livre de valores teve um papel histórico relevante na afirmação da objetividade científica, sobretudo como reação a usos ideológicos do conhecimento. Contudo, a filosofia da ciência contemporânea tem demonstrado que esta separação estrita entre factos e valores é concetualmente insustentável e empiricamente inadequada. Autores como Douglas (2009, 2023) ou García-Carmona (2024) mostram que valores não epistémicos intervêm legitimamente em múltiplas fases da prática científica, nomeadamente na definição de problemas relevantes, na gestão da incerteza, na avaliação de riscos aceitáveis e na comunicação pública dos resultados. Neste enquadramento, o argumento do risco indutivo, desenvolvido por Steel (2010), evidencia que decisões científicas tomadas sob incerteza implicam inevitavelmente juízos de valor sobre as consequências de erros possíveis, tornando a exclusão explícita dos valores não apenas ilusória, mas epistemicamente problemática. Em contextos de elevada incerteza ou de potenciais consequências graves, a exclusão explícita dos valores não elimina a sua influência, mas apenas a torna implícita e menos transparente. Esta constatação não implica relativizar o rigor científico nem dissolver

critérios epistémicos. Pelo contrário, implica reconhecer que a objetividade científica não resulta da ausência de valores, mas da sua explicitação, escrutínio e integração responsável nos processos de decisão. Rolin (2020) sublinha que a confiança pública na ciência depende precisamente da perceção de que as decisões cientificamente informadas são tomadas de forma responsável, transparente e sensível aos valores sociais relevantes. Assim, a responsabilidade científica não se limita à correção metodológica, mas inclui a consideração ética das consequências previsíveis do uso do conhecimento.

A questão da confiança pública na ciência assume particular centralidade num contexto marcado pela circulação acelerada de informação, pela amplificação de controvérsias em ambientes digitais e pela crescente exposição dos cidadãos a desinformação científica (Carrasco-Farré, 2022). A investigação recente evidencia que a erosão da confiança na ciência não decorre apenas de défices de conhecimento, mas de falhas na compreensão da natureza da ciência, do papel dos valores e da forma como a evidência é mobilizada em contextos sociais e políticos (Erduran & Dagher, 2014; Erduran et al., 2018; Mork et al., 2022). Neste sentido, a confiança científica deve ser entendida não como aceitação acrítica da autoridade científica, mas como confiança informada, baseada na compreensão dos processos científicos, dos seus limites e das responsabilidades associadas à sua aplicação.

Contributos recentes reforçam esta leitura ao demonstrar que a LC orientada exclusivamente para conteúdos concetuais é insuficiente para resistir à pseudociência e à desinformação. Fasce e Picó (2019) propõem a noção de “ciência como uma vacina”, argumentando que a compreensão crítica da ciência funciona como um fator protetor contra crenças infundadas. De forma convergente, estudos no domínio da educação científica mostram que a capacidade de avaliar fontes, interpretar intenções comunicativas e reconhecer usos indevidos da autoridade científica depende fortemente da integração explícita de dimensões éticas e epistémicas no ensino das ciências (Sinatra & Lombardi, 2020; Feinstein & Baram-Tsabari, 2024).

A literatura sublinha ainda que abordagens tecnocráticas, que apresentam a ciência como fonte direta e incontestável de decisões, tendem paradoxalmente a fragilizar a confiança pública, ao ocultarem incertezas, valores e dissensos legítimos. Como argumenta Erduran (2021), a transparência epistemológica e ética, incluindo a explicitação de conflitos de valores e limitações do conhecimento, constitui uma condição essencial para uma relação mais robusta entre ciência e sociedade. Assim, a integração da ética no ensino das ciências não apenas favorece a deliberação

responsável, mas também contribui diretamente para o fortalecimento da confiança pública na ciência, ao promover uma relação crítica, reflexiva e democrática com o conhecimento científico.

Esta problemática assume particular relevância no caso dos jovens, que constituem um dos grupos mais expostos à desinformação científica devido ao consumo intensivo de conteúdos em redes sociais e plataformas digitais. Estudos recentes mostram que adolescentes e jovens adultos tendem a utilizar as redes sociais como fonte primária de informação científica, frequentemente sem mediação institucional ou critérios explícitos de validação epistémica (Sinatra & Lombardi, 2020; Ecker et al., 2022). Nestes ambientes, a circulação de narrativas simplificadas, emocionalmente apelativas ou polarizadoras pode dificultar a distinção entre evidência científica, opinião e pseudociência. A investigação em educação científica tem evidenciado que esta vulnerabilidade não resulta de um défice de capacidade intelectual, mas da ausência de referenciais epistémicos e éticos que permitam interpretar criticamente a informação científica em contextos mediáticos complexos (Fasce & Picó, 2019; Feinstein & Baram-Tsabari, 2024). Este cenário reforça a necessidade de uma educação em ciências que vá além da transmissão de conhecimentos, integrando explicitamente a reflexão ética, a análise crítica da informação e a deliberação responsável como competências centrais para a cidadania científica.

A relação entre ciência, risco e decisão constitui um domínio particularmente revelador desta interdependência. Em áreas como a saúde pública, a gestão ambiental ou a regulação tecnológica, as decisões devem frequentemente ser tomadas com base em evidências incompletas, modelos probabilísticos e cenários incertos. Nestes contextos, a ciência não fornece respostas inequívocas, mas enquadramentos para a ação, exigindo escolhas normativas sobre níveis aceitáveis de risco, distribuição de benefícios e danos, e proteção de populações vulneráveis. Como argumenta Douglas (2009), nestas situações, a recusa em assumir explicitamente critérios éticos pode conduzir a decisões tecnicamente defensáveis, mas eticamente problemáticas.

Este quadro desafia tanto as abordagens tecnocráticas como as relativistas. O tecnocratismo atribui à ciência um papel normativo absoluto, tratando decisões complexas como meras aplicações da evidência, o que tende a excluir o debate democrático e a ocultar conflitos de valores. Por outro lado, perspectivas relativistas ou pós-verdadeiras diluem os critérios científicos, colocando diferentes posições no mesmo plano independentemente da robustez da evidência disponível. Ambas as abordagens

fragilizam a legitimidade social da ciência e comprometem a sua função pública (Jasanoff, 2004; Osborne & Allchin, 2024).

Entre estes extremos, emerge a necessidade de uma conceção da ciência como prática socialmente responsável, capaz de articular conhecimento rigoroso, reconhecimento da incerteza e reflexão ética. Esta perspetiva articula-se com abordagens que concetualizam a ciência como prática social situada, marcada por processos de decisão, argumentação e negociação, e não apenas como produção de conhecimento validado (García-Carmona & Acevedo-Díaz, 2018). Resnik e Elliott (2016) defendem que a responsabilidade social da ciência implica não apenas evitar má conduta ou fraude, mas também assumir responsabilidade pelas consequências sociais, ambientais e humanas das decisões informadas pela ciência. Esta perspetiva amplia o conceito de responsabilidade científica, deslocando-o de uma ética profissional restrita para uma ética pública da ciência.

No contexto do Antropocénico, esta ampliação torna-se particularmente relevante. A intensificação das alterações climáticas, a perda acelerada de biodiversidade, a degradação dos sistemas naturais e a desigual distribuição de riscos e impactos colocam desafios que ultrapassam fronteiras disciplinares, temporais e geográficas. As decisões científicas e tecnológicas tomadas no presente produzem efeitos duradouros sobre ecossistemas e gerações futuras, exigindo uma ética da responsabilidade intergeracional e uma visão sistémica do Sistema Terra (Orion, 2019; Ribeiro & Vasconcelos, 2025).

Neste enquadramento, a ética deixa de ser um complemento externo à ciência para se afirmar como dimensão constitutiva da sua aplicação social. A necessidade de integrar valores, responsabilidade e deliberação ética torna-se particularmente evidente em contextos educativos, onde se pretende formar cidadãos capazes de compreender a ciência não apenas como corpo de conhecimento, mas como prática humana situada, com implicações morais e sociais. A educação em ciências enfrenta, assim, o desafio de preparar os alunos para lidar com decisões complexas, marcadas por incerteza, pluralidade de valores e consequências assimétricas, enquadrando a ciência como uma prática social na qual o conhecimento científico desempenha um papel central na educação ética e política dos cidadãos (Duarte et al., 2021; Koster & De Regt, 2019).

A Figura 2 sintetiza esta trajetória, evidenciando a passagem de modelos predominantemente instrucionais para uma conceção de Educação em Ciências orientada para a LC crítica e para a responsabilidade cidadã.

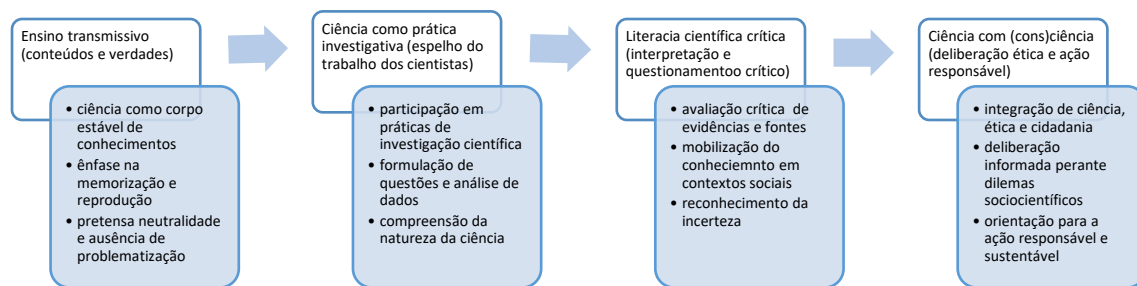


Figura 2.

Evolução da Educação em Ciências: da Transmissão de Conteúdos à Ciência com (Cons)ciência

A figura sintetiza a evolução da Educação em Ciências desde modelos transmissivos, centrados na reprodução de conteúdos e na pretensa neutralidade do conhecimento, até abordagens orientadas para a LC crítica e para a ciência com (cons)ciência. Esta progressão evidencia a incorporação gradual da investigação, do questionamento crítico, do reconhecimento da incerteza e, finalmente, da deliberação ética e da ação responsável, justificando a integração da bioética e da geoética como referenciais estruturantes da educação científica contemporânea.

A progressão representada não deve ser entendida como um percurso pedagógico linear ou prescritivo, mas como uma evolução concetual das finalidades atribuídas à Educação em Ciências.

Esta evolução evidencia que a Educação em Ciências deixou de se centrar exclusivamente na transmissão de conteúdos para assumir uma função formativa mais ampla, orientada para a interpretação crítica do conhecimento e para a ação responsável e sustentável (Caniglia et al., 2020; Holbrook et al., 2022). É neste contexto que a bioética e a geoética emergem como referenciais concetuais fundamentais, alvo de análise na secção seguinte.

1.4. Bioética e geoética na ciência contemporânea: Dois referenciais éticos emergentes

Os limites da LC discutidos nas secções anteriores, nomeadamente a dificuldade em sustentar decisões responsáveis em contextos de incerteza, a persistência do hiato entre conhecimento e ação e a vulnerabilidade crescente face à desinformação

científica, tornam evidente a necessidade de quadros éticos explícitos que permitam mediar a relação entre conhecimento científico, valores e ação. A ciência contemporânea, marcada por complexidade, controvérsia legítima e impactos sociais e ambientais assimétricos, não pode ser compreendida nem ensinada como um domínio axiologicamente neutro ou exclusivamente técnico (Osborne & Allchin, 2024; Fasce & Picó, 2019).

Neste contexto, a bioética e a geoética emergem como referenciais éticos particularmente relevantes para enquadrar a ação informada pelo conhecimento científico. Ambos os campos respondem a transformações profundas nas relações entre ciência, sociedade e natureza, oferecendo linguagens conceituais capazes de tornar visíveis responsabilidades morais frequentemente ocultas nas decisões tecnocientíficas. Embora possuam origens históricas distintas, bioética e geoética convergem na recusa de abordagens tecnocráticas e na afirmação da responsabilidade humana perante a vida, os sistemas naturais e as gerações futuras (Jonas, 1984; Peppoloni & Di Capua, 2017; Bobrowsky et al., 2018).

Neste sentido, a bioética e a geoética não devem ser compreendidas apenas como domínios éticos aplicados a áreas específicas do conhecimento, mas como quadros epistemológico-operativos que interrogam o próprio modo como a ciência produz conhecimento, exerce poder e participa na construção da sociedade. Ao tornarem explícita a dimensão valorativa inerente à prática científica, estes referenciais permitem ultrapassar a ficção da neutralidade axiológica da ciência e oferecem critérios conceituais para mediar a passagem do conhecimento à deliberação e à ação responsável. A sua relevância para a Educação em Ciências reside precisamente na capacidade de estruturar processos educativos que integrem evidência científica, reflexão ética e responsabilidade social (OECD, 2019; UNESCO, 2006).

A sua relevância para a Educação em Ciências decorre precisamente da capacidade de estruturar processos deliberativos em contextos marcados por controvérsia legítima, risco e pluralidade de valores. Ao contrário de códigos normativos fechados, estes referenciais não fornecem respostas prescritivas, mas critérios para analisar dilemas, justificar decisões e reconhecer consequências. Esta característica torna-os particularmente adequados para sustentar uma educação científica orientada para a cidadania, a responsabilidade e a ação informada, tal como apresentado na Figura 3.

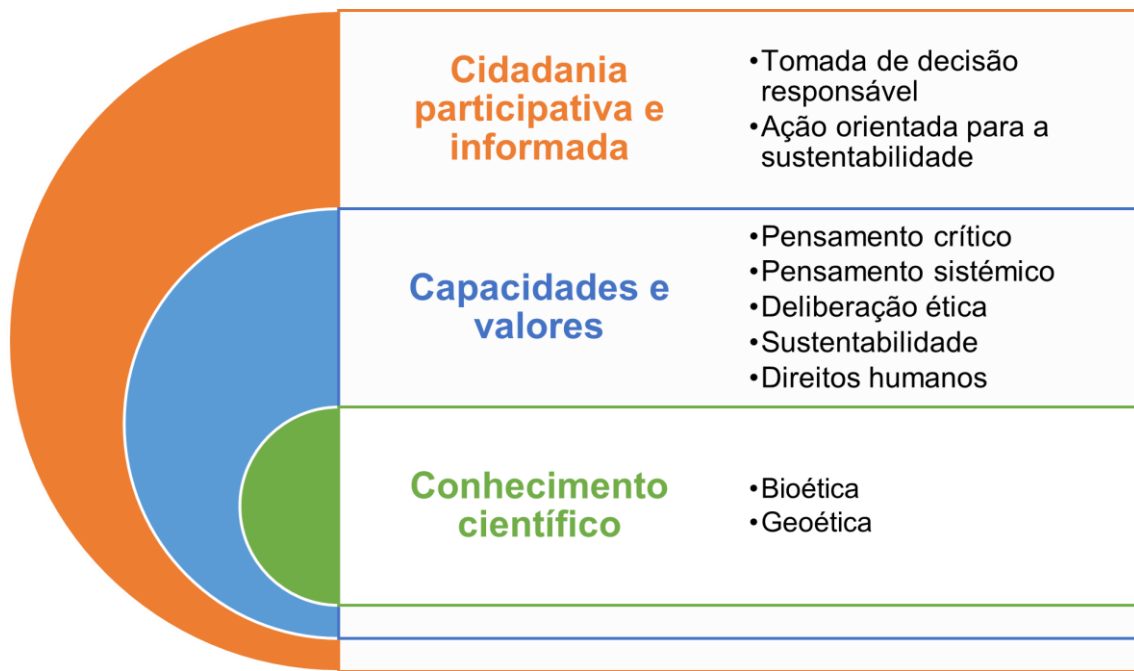


Figura 3.

Da Literacia Científica à Cidadania Participativa e Informada: Conhecimento, Capacidades e Valores

1.4.1. A Bioética na ciência contemporânea: A relação entre ciência, vida e sociedade

A bioética consolidou-se, ao longo da segunda metade do século XX, como um campo de reflexão ética indispensável para compreender e orientar a relação entre ciência, vida e sociedade. A sua emergência não decorre apenas da necessidade de regular práticas científicas específicas, mas de uma transformação mais profunda na consciência coletiva acerca do poder da ciência moderna e das suas consequências morais, sociais e políticas. Como sublinha Pellegrino (1999), a bioética nasce simultaneamente como resposta a abusos históricos e como tentativa de repensar o estatuto moral da ciência numa era caracterizada pela crescente capacidade de intervir sobre a vida humana.

Embora frequentemente associada aos marcos normativos do período pós-Segunda Guerra Mundial, a bioética possui uma genealogia intelectual mais ampla e plural. O Código de Nuremberga, de 1947, constitui um ponto de rutura decisivo ao afirmar o consentimento voluntário como princípio inalienável da investigação com seres humanos, introduzindo uma limitação ética explícita ao poder científico e rompendo com a ideia de que o progresso poderia justificar qualquer meio. Este princípio inaugura uma mudança estrutural na relação entre ciência e sociedade, ao reconhecer a dignidade e a autonomia da pessoa como valores superiores à utilidade científica.

Este movimento foi aprofundado em 1964, pela Declaração de Helsínquia, cuja evolução reflete uma crescente sofisticação ética, integrando preocupações com justiça, equidade, transparência e proteção de populações vulneráveis. Estudos recentes demonstram que este documento permanece normativamente relevante, dialogando com desafios contemporâneos como a investigação em contextos globais desiguais e a articulação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Segura et al., 2025). A consolidação normativa da bioética é reforçada pelo Relatório Belmont, de 1979, que sistematiza os princípios de respeito pelas pessoas, beneficência e justiça, estabelecendo uma gramática ética que continua a estruturar a deliberação em investigação biomédica.

Paralelamente, o modelo principialista de Beauchamp e Childress (2019) forneceu uma estrutura analítica amplamente utilizada, ainda que objeto de críticas quanto à sua universalização. Importa, contudo, sublinhar, como argumenta Pellegrino (1999), que reduzir a bioética a um conjunto de princípios normativos seria ignorar a sua dimensão filosófica mais profunda: a reflexão sobre o significado da vida humana, da vulnerabilidade, do sofrimento e da responsabilidade moral num mundo tecnocientífico.

Desde cedo, a bioética ultrapassou o espaço estrito da clínica e da investigação biomédica. Potter (1971) introduziu a noção de bioética global, concebendo-a como uma ponte entre o conhecimento biológico e os valores humanos, orientada para a sobrevivência da humanidade e para a preservação da vida na Terra. Esta perspetiva antecipou debates contemporâneos sobre saúde planetária, justiça ambiental e interdependência entre sistemas naturais e sociais. O contributo de Jonas (1984) reforçou esta ampliação concetual ao formular o princípio da responsabilidade, defendendo que o poder transformador da ciência moderna exige uma ética orientada para o futuro e para a proteção das gerações vindouras.

Autores contemporâneos sublinham o carácter intrinsecamente interdisciplinar da bioética. Etim (2021) argumenta que os desafios bioéticos atuais não podem ser adequadamente compreendidos a partir de uma única disciplina, exigindo metodologias que integrem ciência, filosofia, direito, educação e ciências sociais. Esta interdisciplinaridade não é apenas metodológica, mas epistemológica, refletindo a complexidade dos problemas que a bioética procura abordar.

A literatura recente converge na ideia de que a bioética enfrenta hoje desafios simultaneamente clássicos e emergentes. Leão e colaboradores (2022) defendem a necessidade de uma bioética menos reativa e mais prospetiva, capaz de integrar

múltiplas escalas de responsabilidade e de dialogar com outros referenciais éticos e científicos, num contexto marcado por desigualdades globais, crises sanitárias e erosão da confiança pública na ciência. Também Anderson (2023), Donadoni e Ciliberti (2024), Foster e colaboradores (2019), Lee (2017) e Macpherson (2022) reconfiguram a bioética para além do espaço clínico, reconhecendo que crises globais, como a pandemia de COVID-19, expõem limites de abordagens centradas no indivíduo e no “próximo” e convocam uma ética de saúde planetária que integra ecologia, clima e relações socioambientais mais amplas. Esta viragem desloca o foco da bioética para interdependências entre saúde humana, sistemas ecológicos e justiça, aproximando-a de agendas de sustentabilidade e defesa por condições de habitabilidade do planeta (Anderson, 2023), o que reforça a importância da educação como espaço privilegiado para a promoção da saúde planetária, tal como proposto por Baena-Morales e Fröberg (2023). Adicionalmente, vários autores sublinham que a bioética do século XXI deve integrar dimensões educativas, políticas e comunitárias, reforçando o seu papel na promoção de justiça social e cidadania informada (Churchill & Schenck, 2021; Gómez, 2021; Klimovich-Mickael et al., 2024; Ward 2020).

Todavia, embora para alguns autores a bioética contemporânea possa incorporar interdependências ecológicas e climáticas, a geoética mantém um foco distintivo: a responsabilidade epistemológica e social associada à produção e ao uso do conhecimento geocientífico e às decisões que afetam diretamente o Sistema Terra (Bobrowsky et al., 2018; Martin & Peppoloni, 2017; Peppoloni & Di Capua, 2017).

1.4.1.1. A dimensão educativa da bioética: direitos humanos, justiça e responsabilidade social

A dimensão cívica e educativa da bioética encontra expressão clara na sua consagração internacional, nomeadamente através da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos (UNESCO, 2006), que articula dignidade humana, responsabilidade social, solidariedade e proteção das gerações futuras. Este documento explicita que a bioética não se limita à regulação profissional, possuindo implicações diretas para a educação, a cidadania e a participação democrática.

Neste sentido, a bioética afirma-se como um referencial educativo fundamental. Ahmed (2025) defende que a bioética deve ser entendida como uma forma de investigação ética sobre a ciência, capaz de promover pensamento crítico, responsabilidade social e consciência moral em cidadãos não especialistas. No contexto da Educação em

Ciências, esta dimensão é particularmente relevante para enfrentar fenómenos como a desinformação científica, a hesitação vacinal e a fragilização da confiança pública na ciência.

A integração da bioética em contextos educativos permite criar espaços de deliberação estruturada, nos quais os estudantes analisam dilemas reais, explicitam valores em conflito e ponderam consequências sociais e intergeracionais. A investigação em educação científica evidencia que esta abordagem favorece o desenvolvimento articulado de competências epistémicas e éticas, funcionando como uma forma de LC ética (Zeidler et al., 2016; Fasce & Picó, 2019).

Contudo, os desafios contemporâneos enfrentados pela bioética revelam também os limites de uma ética centrada exclusivamente na relação entre ciência e indivíduo. A crescente interdependência entre sistemas sociais, ambientais e tecnológicos evidencia que a proteção da vida humana não pode ser dissociada das condições ecológicas, territoriais e planetárias que a sustentam. É neste ponto de transição que emerge a geoética como referencial complementar e necessário, alargando a reflexão ética à relação entre ação humana e Sistema Terra.

1.4.2. A Geoética na ciência contemporânea: Compreender e agir sobre o Sistema Terra

Nos últimos anos, a comunidade científica vem progressivamente reconhecendo que as condições únicas da Terra, para a sobrevivência humana, podem desaparecer em breve, sendo imperativo adotar formas mais sustentáveis de agir (Vasconcelos et al., 2020b).

A investigação em geociências tem evoluído de forma a responder aos desafios da sociedade atual. No mesmo sentido, é importante que o ensino das geociências se transforme, no sentido de melhor preparar os alunos para o futuro, isto é, conferindo-lhes a melhor preparação científica possível e, ao mesmo tempo, dotando-os de competências de pensamento crítico e trabalho cooperativo (Mosher. & Keane, 2021; Scherer et al., 2017). A perspetiva sistémica proposta por Lovelock (2000), através da hipótese de Gaia, contribuiu para a compreensão da Terra como um sistema integrado, influenciando as abordagens atuais sobre desenvolvimento sustentável e sobre a educação para o Sistema Terra.

Neste cenário, a geoética emerge como um referencial ético fundamental para repensar a relação entre a ação humana e o Sistema Terra. O seu desenvolvimento está intimamente ligado ao reconhecimento de que as atividades humanas adquiriram uma

escala e intensidade tão alargadas que a humanidade se afirma hoje como uma força geológica, característica central do Antropocénico (Peppoloni & Di Capua, 2017; Bobrowsky et al., 2018; Vasconcelos et al., 2020b). Neste contexto, a geoética não se limita a um código deontológico profissional, mas constitui um quadro normativo alargado, orientado para a responsabilidade, a justiça e a sustentabilidade planetária.

Do ponto de vista concetual, a geoética pode ser entendida como a reflexão sistemática sobre os valores que devem orientar comportamentos e práticas sempre que as atividades humanas interagem com o Sistema Terra. Este campo situa-se na interseção entre as geociências, a ética ambiental, a filosofia, as ciências sociais e a educação, respondendo à necessidade de integrar conhecimento científico, responsabilidade moral e tomada de decisão em contextos marcados por complexidade, incerteza e risco (Peppoloni & Di Capua, 2017).

No centro da reflexão geoética encontra-se o princípio da responsabilidade, entendido numa perspetiva alargada e intergeracional. A geoética propõe um antropocentrismo responsável, no qual o ser humano reconhece que o seu bem-estar é inseparável da integridade dos sistemas naturais que o sustentam. Esta perspetiva exige uma visão holística do planeta enquanto sistema complexo e adaptativo, no qual alterações introduzidas num subsistema podem desencadear efeitos em cascata noutros subsistemas, frequentemente de forma imprevisível (Vasconcelos & Orion, 2021).

A relevância ética da geoética torna-se particularmente evidente na gestão dos recursos geológicos e na mitigação de riscos naturais. As sociedades contemporâneas dependem fortemente de recursos minerais e energéticos, essenciais para a transição digital e energética, mas geologicamente finitos. A sua exploração envolve impactos ambientais, sociais e territoriais significativos, levantando questões éticas relacionadas com limites planetários, justiça territorial, legitimidade social e direitos de comunidades locais e indígenas (Ribeiro & Vasconcelos, 2025). De forma convergente, fenómenos como cheias, secas, deslizamentos ou erupções vulcânicas evidenciam que a vulnerabilidade social resulta frequentemente de decisões humanas tomadas à margem do conhecimento científico, reforçando a necessidade de uma ética da prevenção, da prudência e da responsabilidade coletiva (Ebi et al., 2021; Clarke et al., 2022).

Para além do seu enquadramento ético e científico, a geoética assume igualmente uma dimensão educativa e cívica central, particularmente relevante no contexto da Educação em Ciências orientada para a sustentabilidade e para a ação responsável (Marone & Bohle, 2020; Paz et al., 2022).

1.4.2.1. Dimensão educativa da geoética: cidadania, sustentabilidade e responsabilidade intergeracional

No plano educativo, a geoética oferece um enquadramento particularmente fecundo para a Educação em Ciências orientada para a cidadania e a sustentabilidade. Investigação recente demonstra que a sua integração favorece o desenvolvimento do pensamento sistémico, da visão prospetiva, da avaliação de riscos e da deliberação ética informada, competências centrais para enfrentar desafios socioambientais complexos e característicos do Antropocénico (Ribeiro & Vasconcelos, 2025; Tytler et al., 2025; Vasconcelos & Orion, 2021).

A articulação entre geoética e Educação em Sistema Terra permite compreender os fenómenos naturais como processos simultaneamente científicos, sociais e morais. Esta abordagem contribui para ultrapassar visões fragmentadas da realidade, promovendo a compreensão das interdependências entre sistemas geológicos, ecológicos, económicos e sociais, bem como das consequências de longo prazo das decisões humanas. Ao integrar escalas espaciais e temporais alargadas, a geoética introduz na educação científica uma consciência explícita da responsabilidade intergeracional e dos limites planetários.

Neste contexto, a educação assume um papel decisivo na construção de uma cultura geoética. Abordagens sobre educação do Sistema Terra e pedagogias sensíveis ao lugar sublinham a importância de desenvolver nos alunos um “sentimento de pertença” entendido como a ligação cognitiva, emocional e ética aos territórios que habitam (Lynch & Mannion, 2021). Este vínculo favorece atitudes de cuidado, responsabilidade e participação ativa na proteção do património geológico e ambiental, transformando conhecimentos abstratos e descontextualizados numa experiência educativa situada, com relevância social e potencial para a ação cidadã. Esta perspetiva converge com a noção de “agência no Antropocénico” proposta por White et al. (2024), que sublinha a importância de experiências educativas capazes de promover o sentido de responsabilidade, a capacidade de agir e o envolvimento informado como condição para enfrentar diversos desafios contemporâneos, integrando o desenvolvimento de pensamento prospetivo, enquanto competência essencial para antecipar cenários, refletir sobre consequências futuras e sustentar decisões informadas em contextos de incerteza, tal como sublinhado por Jones e colaboradores (2012) ou Levrini e colaboradores (2019). No mesmo sentido, Strachan e Markwick (2025) defendem uma abordagem pedagógica para a Educação em Ciências orientada por uma consciência

planetária, integrando conhecimento científico, valores éticos e responsabilidade face às interdependências socioecológicas.

A dimensão educativa da geoética reforça, assim, uma conceção de cidadania científica que integra conhecimento, valores e ação. Ao promover a compreensão crítica dos riscos naturais, da exploração de recursos e das alterações ambientais, a geoética contribui para formar cidadãos capazes de participar de forma informada em processos de tomada de decisão coletiva, alinhadas com a sustentabilidade (Vasconcelos et al., 2016), tanto a nível local como global. Tal como a bioética, a geoética afirma-se como um quadro ético orientado para a ação responsável; distingue-se, contudo, por incorporar explicitamente dinâmicas planetárias, escalas temporais longas e responsabilidades intergeracionais.

Consideradas em conjunto, bioética e geoética não constituem campos paralelos, mas referenciais éticos complementares para a Educação em Ciências: enquanto a bioética ilumina as dimensões morais da relação entre ciência, vida e sociedade, a geoética alarga essa reflexão à relação entre ação humana, território e Sistema Terra, sustentando uma educação científica orientada para a sustentabilidade, a justiça e o bem comum.

1.5. Cidadania participativa na Educação em Ciências: Enquadramentos e finalidades educativas

Segundo a Comissão Europeia, a cidadania participativa diz respeito à intervenção dos cidadãos na sociedade civil, na comunidade e/ou na vida política, orientada por princípios de respeito mútuo, não-violência e conformidade com os direitos humanos e democráticos (Hoskins et al., 2012). Este enquadramento reconhece explicitamente que a cidadania participativa não constitui uma disposição inata, mas uma competência construída através de processos de aprendizagem, atribuindo à educação um papel central na sua promoção, em contextos formais, não formais e informais.

Num cenário social marcado por incerteza científica, controvérsia legítima e pluralidade de valores, a cidadania participativa implica mais do que envolvimento cívico genérico ou adesão normativa a princípios abstratos. Pressupõe a capacidade de deliberação informada, isto é, de analisar evidência científica, reconhecer limites do conhecimento, explicitar valores em jogo, justificar posições e participar de forma responsável em processos de decisão coletiva (Georgiou & Kyza, 2023; Osborne & Allchin, 2024). Nesta

perspetiva, a cidadania participativa distingue-se claramente de abordagens meramente ativistas ou retóricas, exigindo práticas educativas que articulem conhecimento, reflexão ética e ação contextualizada.

A relação entre educação e cidadania tem-se afirmado, nas últimas décadas, como um domínio relevante de investigação, em particular no campo da Educação em Ciências (Pineda-Alfonso et al., 2018). A educação científica assume um papel privilegiado na promoção da cidadania participativa, ao favorecer o desenvolvimento da LC em torno de problemas contemporâneos com forte impacto social, ambiental e ético, como a saúde pública, as alterações climáticas, o uso de recursos naturais ou os riscos tecnológicos (European Commission, 2015; Vesterinen et al., 2016; Chowdhury et al., 2020). Ao proporcionar instrumentos para compreender estes problemas, a Educação em Ciências contribui para que os cidadãos possam participar de forma informada e crítica na vida democrática (Bansal, 2018).

Sendo uma competência orientada para a ação, a cidadania participativa não pode ser promovida através de modelos de ensino exclusivamente transmissivos ou discursivos. Pelo contrário, exige práticas educativas de natureza vivencial, deliberativa e contextualizada, ancoradas em problemas reais e socialmente relevantes (Hoskin et al., 2012; Monteiro et al., 2017). A aprendizagem da cidadania participativa implica a criação de espaços pedagógicos onde os alunos possam debater, argumentar, negociar significados, tomar decisões e refletir sobre as consequências individuais e coletivas das suas ações, desenvolvendo simultaneamente pensamento crítico, capacidade argumentativa e sentido de responsabilidade.

Neste enquadramento, a integração da bioética e da geoética assume particular relevância. Estes referenciais éticos oferecem quadros conceituais explícitos para estruturar a deliberação em torno de questões sociocientíficas complexas, tornando visíveis responsabilidades morais frequentemente implícitas nas decisões tecnocientíficas. Ao articular ciência, valores e ação, a bioética e a geoética contribuem para uma cidadania participativa informada, capaz de considerar impactos sociais, ambientais e intergeracionais, evitando reduções tecnocráticas ou simplificadoras da participação cívica.

A centralidade da cidadania participativa encontra igualmente respaldo nos documentos normativos portugueses. O *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (PASEO) identifica a “cidadania e participação” como um valor estruturante, associado à capacidade de respeitar a diversidade humana e cultural, agir de acordo com os

direitos humanos, negociar soluções de conflitos em prol da sustentabilidade ecológica e assumir iniciativa e responsabilidade na intervenção social (Martins et al., 2017). Estes princípios reforçam a necessidade de abordagens educativas que integrem conhecimento científico, reflexão ética e participação ativa, em coerência com os objetivos formativos da educação contemporânea.

A nível internacional, referenciais como o *OECD Learning Compass 2030* sublinham igualmente a importância de desenvolver competências nos alunos que promovam a sua capacidade de influenciar o mundo de forma responsável, mobilizando conhecimentos, capacidades, atitudes e valores (OECD, 2019, 2025). Esta perspetiva converge com a conceção de cidadania participativa adotada nesta tese, entendida como um processo educativo contínuo que prepara os jovens para lidar com a complexidade, exercer julgamento ético e participar de forma informada na construção de futuros desejáveis (Young & Malone, 2023).

Assim, no presente trabalho, a cidadania participativa é concebida como um resultado educativo intencional que emerge da articulação entre LC, deliberação ética e envolvimento ativo em problemas sociocientíficos reais, tal como proposto por Nolan e Zeidler (2025). Esta conceção orienta o desenho da intervenção desenvolvida, fundamenta a opção por metodologias participativas e expressivas e constitui um eixo central para a interpretação dos resultados apresentados nos capítulos empíricos, em particular no que respeita à integração da bioética e da geoética como referenciais operativos de uma Educação em Ciências orientada para a ação informada e responsável, tal como se apresenta na Figura 4.

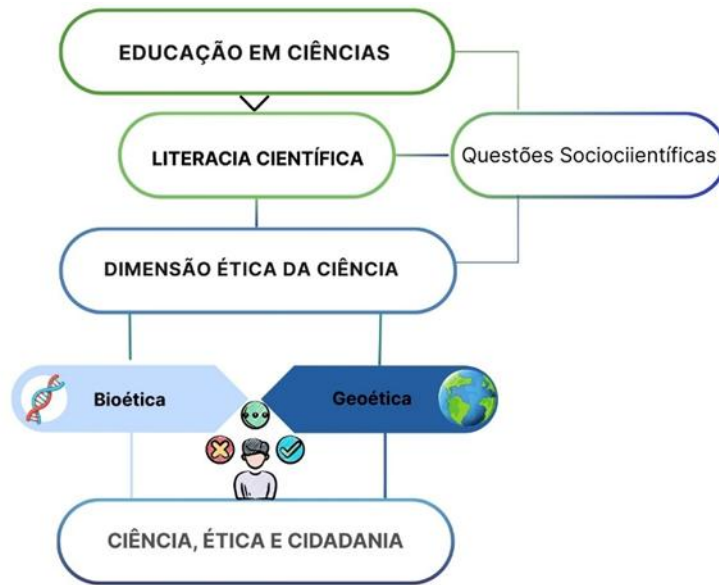


Figura 4.

Enquadramento Conceitual da Educação em Ciências Sustentada pela Bioética e pela Geoética

Neste modelo, a articulação entre ciência, ética e cidadania constitui o horizonte (trans)formativo da Educação em Ciências, orientado para a deliberação ética, a participação informada e a sustentabilidade, estabelecendo a base conceitual que será aprofundada no capítulo seguinte.

Capítulo 2. Educação em Ciências: Da deliberação ética à ação informada

O Capítulo 1 demonstrou que os desafios contemporâneos enfrentados pela ciência e pela sociedade, marcados por incerteza persistente, complexidade sistémica, controvérsia legítima e impactos distribuídos de forma desigual no tempo e no espaço, não podem ser adequadamente abordados a partir de uma conceção da Educação em Ciências centrada exclusivamente na transmissão de conhecimento concetual. A análise desenvolvida evidenciou que a LC, embora indispensável, se revela insuficiente quando dissociada de referenciais éticos explícitos e de processos educativos orientados para a deliberação responsável em contextos sociocientíficos reais.

Neste enquadramento, o presente capítulo aprofunda a forma como a Educação em Ciências pode operacionalizar a articulação entre conhecimento científico, deliberação ética e ação informada, deslocando o foco de uma lógica predominantemente cognitiva para uma abordagem deliberativa, situada e orientada para a responsabilidade. Ao contrário de leituras instrumentais ou ativistas da ação, a ação informada é aqui entendida como resultado de processos de interpretação crítica da evidência, explicitação de valores, reconhecimento da incerteza e justificação pública das decisões, incluindo, quando eticamente fundamentado, a decisão de não agir.

A literatura contemporânea em educação científica converge na ideia de que o envolvimento dos alunos em processos de decisão informada constitui uma dimensão central da LC no século XXI (Sadler, 2004; Hodson, 2003; Pedretti, 1999; Vesterinen et al., 2016). Contudo, estes processos não emergem automaticamente da compreensão científica nem do contacto com problemas socialmente relevantes. Pelo contrário, exigem mediações educativas intencionais, capazes de tornar visíveis os critérios éticos implicados na mobilização do conhecimento científico e de apoiar os alunos na construção de decisões justificadas em contextos de pluralidade de valores e interesses.

É neste espaço de mediação que a deliberação ética assume um papel estruturante. Tal como discutido no capítulo anterior, a deliberação ética não constitui um complemento externo à ciência, mas uma dimensão constitutiva da tomada de decisão cientificamente informada (Douglas, 2009; Douglas, 2023; Rolin, 2020). Decidir com base em ciência implica inevitavelmente ponderar riscos, benefícios, vulnerabilidades e consequências sociais e ambientais, o que torna insuficientes abordagens educativas

que tratam a ciência como valor-neutra ou que transferem implicitamente a responsabilidade decisória para a autoridade científica.

No campo educativo, esta constatação tem implicações diretas. Investigações mostram que mesmo alunos com elevados níveis de compreensão concetual revelam dificuldades em mobilizar o conhecimento científico em situações de decisão que envolvem controvérsia, risco ou implicações morais, precisamente porque tais situações exigem juízos de valor e critérios de responsabilidade que não são fornecidos pelo conhecimento científico em si mesmo (Bell & Lederman, 2003; Zeidler et al., 2016; Osborne & Allchin, 2024). A Educação em Ciências é, assim, confrontada com o desafio de preparar os alunos não apenas para compreender explicações científicas, mas para participar de forma informada e responsável em processos individuais e coletivos de decisão.

Este capítulo assume, portanto, que a deliberação ética e a ação informada não constituem etapas lineares, mas dimensões coconstitutivas da LC orientada para a cidadania. A ação informada emerge de processos deliberativos sustentados pelo conhecimento científico, por referenciais éticos explícitos e pela compreensão dos contextos sociais e institucionais em que as decisões ocorrem. Esta perspetiva permite evitar tanto o tecnocratismo, que atribui à ciência um poder normativo que ela não possui, como o relativismo acrítico, que dilui a responsabilidade ética em opiniões individuais desancoradas de critérios de justificação pública (Douglas, 2009; Peppoloni & Di Capua, 2017).

Com base neste enquadramento, o capítulo organiza-se em torno de três eixos centrais. Em primeiro lugar, analisa-se a relação entre conhecimento científico, decisão e ação, explicitando os limites de abordagens que pressupõem uma transição automática do saber para o agir. Em segundo lugar, aprofunda-se o papel da deliberação ética enquanto mediação educativa essencial entre ciência e ação responsável, incluindo a legitimação ética da não ação em contextos de elevada incerteza ou risco. Por fim, o capítulo explora as implicações educativas desta perspetiva, discutindo os desafios colocados a professores e alunos e preparando o terreno concetual para a apresentação das opções metodológicas desenvolvidas no capítulo seguinte.

Deste modo, o Capítulo 2 estabelece a ponte entre os fundamentos teóricos apresentados no Capítulo 1 e a operacionalização pedagógica da investigação, sustentando a proposta de uma Educação em Ciências orientada para a deliberação ética e para a ação informada, no quadro de uma ciência com (cons)ciência.

2.1. Conhecimento científico e ação: Uma relação não linear na educação científica

Um dos pressupostos implícitos mais persistentes no discurso educativo e político sobre a Educação em Ciências é a ideia de que o aumento do conhecimento científico conduz, de forma relativamente direta, a decisões mais responsáveis e a comportamentos socialmente desejáveis. Esta conceção linear, frequentemente expressa na sequência *compreender - decidir - agir*, tem sustentado, durante décadas, a centralidade da LC como resposta quase suficiente aos desafios das sociedades tecnocientíficas contemporâneas. Contudo, a investigação em Educação em Ciências e em estudos sociais da ciência tem demonstrado de forma consistente que esta relação é profundamente não linear, contingente e mediada por múltiplos fatores de natureza ética, social, cultural e emocional. (Arnold, 2018; Dawson et al., 2024; Fang et al., 2019; Feinstein & Baram-Tsabari, 2024; Ke et al., 2021; Lymbouridou, 2025; Malone & Schuchardt, 2023).

A literatura identifica este desfasamento entre conhecimento e comportamento como um *knowledge-action gap*, um fenómeno amplamente documentado em contextos como a saúde pública, as alterações climáticas, a sustentabilidade ambiental e a adoção de tecnologias emergentes (Hodson, 2003; Kollmuss & Agyeman, 2002; Vesterinen et al., 2016). Indivíduos com elevados níveis de LC podem reconhecer consensos científicos robustos, por exemplo, sobre a origem antropogénica das alterações climáticas ou a eficácia das vacinas, e, ainda assim, não apoiar políticas de mitigação, não alterar comportamentos pessoais ou mesmo adotar posições contrárias às evidências disponíveis. Este desfasamento revela que a decisão e a ação não decorrem automaticamente da compreensão concetual, mas dependem de processos de mediação complexos.

Um primeiro elemento central para compreender esta não linearidade reside no carácter normativo da decisão. Ao contrário da explicação científica, que procura descrever e interpretar fenómenos naturais com base em evidência empírica, a decisão envolve sempre juízos de valor, ponderação de riscos, prioridades sociais e avaliação de consequências. Como argumenta Douglas (2009), nenhuma decisão tecnocientífica relevante é axiologicamente neutra: escolher agir, não agir ou adiar uma intervenção implica sempre assumir valores, mesmo quando estes não são explicitados. Assim, a educação científica que se limita à transmissão de conhecimento corre o risco de preparar alunos para compreender fenómenos, mas não para lidar com a dimensão ética inerente às decisões que deles decorrem.

Além disso, a ação não constitui um bloco homogêneo. A literatura distingue diferentes formas de resposta face ao conhecimento científico: ação imediata, ação gradual, ação coletiva mediada por instituições, resistência informada, ou mesmo decisão consciente de não agir. Em contextos de incerteza científica persistente ou de riscos distribuídos de forma desigual, a inação pode constituir uma escolha eticamente justificável, desde que deliberada e fundamentada (Stilgoe et al., 2013). Este aspeto é particularmente relevante em Educação em Ciências, pois contraria abordagens pedagógicas que associam automaticamente “boa ciência” a “ação correta”, simplificando dilemas que são, por natureza, complexos.

Outro fator decisivo na compreensão da lacuna entre o conhecimento e o comportamento (entendido como ação efetiva) prende-se com a influência dos contextos sociais e individuais na tomada de decisão. Estudos no domínio da cognição cultural demonstram que indivíduos interpretam informação científica à luz das suas pertenças sociais, valores culturais e identidades políticas, o que pode levar à rejeição seletiva de evidência científica mesmo quando esta é compreendida (Kahan et al., 2012). Este fenómeno evidencia que a educação científica não pode ignorar os contextos socioculturais em que o conhecimento é mobilizado, sob pena de sobrestimar o poder transformador da informação científica isolada.

No caso dos jovens, esta questão assume particular relevância. A investigação mostra que adolescentes e jovens adultos, apesar de elevados níveis de exposição a informação científica, são especialmente vulneráveis à desinformação e à polarização, devido ao consumo intensivo de conteúdos em redes sociais e plataformas digitais, onde a informação científica circula frequentemente descontextualizada, emocionalizada ou instrumentalizada (Erduran & Kaya, 2019; Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Sinatra & Lombardi, 2020; Ecker et al., 2022). Nestes contextos, a capacidade de decidir e agir de forma informada depende menos da quantidade de conhecimento disponível e mais da capacidade de avaliar fontes, reconhecer incerteza, interpretar intenções comunicativas e integrar valores em jogo. Neste sentido, o ensino de ciências é também convocado como um espaço de formação democrática, capaz de desenvolver o pensamento crítico, a LC e competências deliberativas essenciais à resistência face a discursos autoritários e simplificadores, tal como defendido por Galamba e Matthews (2021), por Kaufman (2021) ou por Redaelli e colaboradores (2025), destacando a importância de abordagens pedagógicas orientadas para o confronto crítico com informação controversa em contextos educativos. Esta função formativa concretiza-se através de práticas pedagógicas que promovem o diálogo, a problematização e a participação ativa

dos alunos, favorecendo a sua constituição como “críticos” da ciência, capazes de a questionar e deliberar sobre o conhecimento científico e as suas implicações sociais (Iwuanyanwu, 2023).

A literatura em Educação em Ciências tem vindo, por isso, a defender uma deslocação do foco educativo: da ideia de que o objetivo central é “produzir cidadãos cientificamente informados” para a conceção de uma educação orientada para a tomada de decisão informada em contextos reais. Ryder (2001) propõe distinguir entre ciência como conhecimento e ciência para a cidadania, sublinhando que esta última exige competências que vão além do domínio concetual, incluindo deliberação ética, argumentação, negociação de significados e participação cívica. Numa linha convergente, Hodson (2003) argumenta que uma educação científica comprometida com a cidadania deve preparar os alunos para analisar criticamente opções de ação, reconhecer interesses em conflito e assumir responsabilidades sociais. Neste enquadramento, a ação deixa de ser entendida como consequência automática do conhecimento e passa a ser concebida como resultado de processos deliberativos situados. Assim, a Educação em Ciências é chamada a criar espaços educativos onde os alunos possam experimentar, de forma orientada, a complexidade da decisão em contextos sociocientíficos: avaliar evidência incompleta, ponderar riscos e benefícios, explicitar valores, reconhecer limites do conhecimento e justificar escolhas perante perspetivas divergentes. (Fang et al., 2019; Kim et al., 2024; Lymbouridou, 2025; Pedretti, 1999; Sakamoto et al., 2021; Watkins & Manz, 2022; Yacoubian, 2018)

Deste modo, não pretendemos que esta abordagem produza consenso, nem orientar os alunos para posições normativas pré-definidas, mas desenvolver a sua capacidade de deliberar de forma responsável e em contextos de incerteza. Assim, reconhecer a não linearidade entre conhecimento, decisão e ação não significa desvalorizar a LC, mas reposicioná-la como condição necessária, porém insuficiente, para a ação informada. É precisamente neste espaço de insuficiência, entre compreender e agir, que emerge a necessidade de uma mediação educativa explícita, capaz de articular conhecimento científico, reflexão ética e responsabilidade cidadã.

2.2. Deliberação ética na Educação em Ciências: Mediação entre ciência e ação

A deliberação ética constitui o mecanismo central que permite transformar conhecimento científico em ação, ou em decisão justificada de não ação, em contextos marcados por incerteza, controvérsia e impacto social. Ao contrário de abordagens normativas prescritivas, a deliberação ética não procura fornecer respostas corretas ou universais, mas estruturar processos de análise nos quais evidência científica, valores, interesses e consequências são explicitamente considerados e articulados.

Sempre que a ciência informa decisões com efeitos sobre pessoas, comunidades ou sistemas naturais, entram inevitavelmente em jogo juízos de valor. A filosofia da ciência contemporânea tem demonstrado que os valores não são externos à prática científica, intervindo de forma legítima na definição de problemas, na avaliação da evidência e na comunicação de resultados, sobretudo em contextos de risco e incerteza (Douglas, 2023). Reconhecer esta dimensão valorativa não compromete a objetividade científica; pelo contrário, torna os processos decisórios mais transparentes e socialmente responsáveis (Rolin, 2020).

Do ponto de vista educativo, a deliberação ética pode ser entendida como um processo estruturado que envolve: (i) a explicitação de valores em tensão; (ii) a ponderação de consequências sociais, ambientais e intergeracionais; (iii) o reconhecimento da incerteza e do risco moral; (iv) a consideração das escalas de agência — individual, coletiva e institucional; e (v) a justificação argumentada das opções consideradas. Estes elementos distinguem a deliberação ética tanto da aplicação mecânica de regras morais como da expressão de opiniões individuais não fundamentadas.

Importa sublinhar que a deliberação ética não conduz necessariamente à ação imediata. Em muitos contextos, a decisão responsável pode traduzir-se na prudência, na suspensão da ação ou na escolha consciente da não ação, quando a evidência é insuficiente, os riscos são elevados ou as consequências potencialmente irreversíveis. Esta possibilidade é crucial para evitar leituras ativistas ou tecnocráticas da ação cientificamente informada, frequentemente criticadas na literatura em educação científica (Hodson, 2003).

A investigação em ciência socialmente responsável e em Educação em Ciências reforça esta perspetiva. Fuchs e Tan (2022) argumentam que preparar cidadãos para a responsabilidade científica implica criar espaços educativos nos quais os alunos

aprendam a justificar decisões, a reconhecer limites do conhecimento disponível e a explicitar os valores que orientam as suas escolhas. Do mesmo modo, estudos sobre ensino baseado em questões sociocientíficas evidenciam que a deliberação ética promove competências de argumentação, pensamento crítico e participação democrática, sem reduzir a ciência a um instrumento normativo (Lindahl et al., 2019; Pedretti, 1999; Zeidler et al., 2016).

A centralidade da deliberação ética torna-se ainda mais evidente em contextos de participação pública e ciência cidadã. Processos de decisão partilhada exigem transparência, inclusão e reconhecimento de assimetrias de poder, sob pena de comprometer a legitimidade das decisões informadas pela ciência (Groot & Abma, 2022). Nestes contextos, a deliberação ética assume uma dimensão social e educativa, indo além da reflexão individual (Levinson & Reiss, 2003; Li & Guo, 2021).

Assim, a deliberação ética funciona como mediação educativa essencial entre LC e ação informada. Ao integrar evidência, valores, incerteza e responsabilidade, permite estruturar decisões justificáveis em contextos complexos, preparando os alunos para participar de forma crítica e responsável em processos individuais e coletivos de decisão, tal como apresentado na Figura 5.



Figura 5.

Deliberação Ética Como Mediação Entre Conhecimento Científico e Ação Responsável

A Figura 5 sintetiza o argumento central desenvolvido neste subcapítulo, evidenciando que a relação entre conhecimento científico, decisão e ação não é linear nem automática. O conhecimento científico, embora indispensável, constitui apenas uma condição necessária para a ação informada, sendo mediado por processos de deliberação ética que integram valores em tensão, reconhecimento da incerteza, avaliação de consequências sociais e ambientais e consideração das diferentes escalas de agência. Explicita igualmente que a ação responsável pode assumir diferentes formas, individual, coletiva ou institucional, e inclui a possibilidade de não-ação justificada, entendida como decisão eticamente legítima em contextos de incerteza elevada ou risco moral significativo. Ao incorporar mecanismos de retroação entre resultados e conhecimento, o esquema reforça a ideia de aprendizagem situada e reflexiva, sustentando a necessidade de uma Educação em Ciências que vá além da transmissão de conteúdos e promova a deliberação ética como competência central para a cidadania científica.

Esta mediação constitui o eixo central do presente capítulo e será aprofundada na secção seguinte, através da análise da deliberação ética como elemento estruturante da Educação em Ciências orientada para a ação informada.

É neste quadro que se torna necessário explicitar referenciais éticos capazes de sustentar essa mediação de forma consistente, nomeadamente a bioética e a geoética, analisados nas secções seguintes.

2.3. A Bioética e a Geoética na Educação em Ciências: Quadros operativos para a ação responsável

A deliberação ética, enquanto mediação educativa entre LC e ação responsável (secção 2.2), requer referenciais que permitam transformar reflexão em orientação prática. Embora ferramentas educativas como as questões sociocientíficas (QSC) criem condições para a problematização de dilemas contemporâneos, a sua eficácia depende da existência de quadros éticos estruturantes que orientem a análise, a argumentação e a tomada de decisão em contextos marcados por incerteza científica, pluralidade de valores e impactos distribuídos no tempo e no espaço. Neste enquadramento, a bioética e a geoética afirmam-se como quadros operativos para a ação, capazes de articular conhecimento científico, valores e responsabilidade cívica.

Nas últimas décadas, ambos os campos têm sido progressivamente redesenhados como éticas de ação, ultrapassando abordagens centradas apenas na análise retrospectiva de dilemas morais. A literatura contemporânea reconhece que bioética e geoética operam hoje como estruturas transdisciplinares destinadas a orientar políticas públicas, práticas institucionais e ação cidadã em cenários de crise global, como pandemias, alterações climáticas, degradação ambiental e escassez de recursos (res, 2016; Bobrowsky et al., 2018).

A proposta de uma bioética global, formulada por Van Rensselaer Potter, constitui um marco neste processo de reconfiguração. Ao expandir o foco biomédico tradicional, Potter integra saúde humana, ecossistemas, políticas públicas e sobrevivência da humanidade num mesmo horizonte ético, concebendo a bioética como uma “ponte para o futuro”, isto é, como um código adaptativo de governança que articula ciência, valores e sistemas normativos para orientar decisões em contextos de risco sistémico (Potter, 1971; Potter, 1988). Esta perspetiva é posteriormente consolidada em documentos internacionais como a *Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos*, que explicita princípios como dignidade humana, autonomia, responsabilidade individual e social, justiça, solidariedade e proteção das gerações futuras e do ambiente, da biosfera e da biodiversidade (UNESCO, 2006).

De forma convergente, a geoética tem vindo a afirmar-se como a reflexão sobre os valores que orientam comportamentos e práticas adequadas sempre que as atividades humanas interagem com o Sistema Terra. Segundo vários trabalhos, a geoética enfatiza princípios como dignidade, liberdade, responsabilidade, integridade científica e justiça, aplicáveis não apenas aos geocientistas, mas também a todos os agentes que atuam no planeta. Esta abordagem desloca a ética das geociências de um domínio estritamente profissional para uma ética pública da relação Homem–Terra, reconhecendo a ação humana como força geológica com efeitos globais e potencialmente irreversíveis (Bobrowsky et al., 2018; Di Capua et al., 2021; Marone & Bohle, 2020; Peppoloni & Di Capua, 2020; Peppoloni et al, 2019). Esta perspetiva articula-se igualmente com debates contemporâneos sobre justiça planetária, que sublinham a necessidade de enquadrar decisões individuais e coletivas à luz das responsabilidades intergeracionais, das desigualdades globais e da integridade dos sistemas socioecológicos (Hickey & Robeyns, 2020).

A complementaridade entre bioética e geoética revela-se particularmente fecunda no contexto do Antropocénico. Enquanto a bioética se centra historicamente nos dilemas associados à vida, à saúde e à biomedicina, a geoética amplia o horizonte ético para

incluir escalas espaciais e temporais alargadas, justiça intergeracional e visão sistémica da Terra. Em conjunto, estes quadros rejeitam reducionismos disciplinares e convergem numa ética holística, que reconhece a interdependência entre saúde, sociedade e biosfera como unidade simultânea de análise e de responsabilidade moral.

Do ponto de vista operativo, estes quadros oferecem critérios de avaliação, linguagens de justificação e orientações de responsabilidade. A bioética tem sido aplicada através de metodologias orientadas para mapear, enquadrar e modelar problemas complexos, frequentemente organizadas em ciclos adaptativos de decisão e revisão de políticas, como evidenciado em áreas como a gestão em saúde, a vigilância epidemiológica, a resistência antimicrobiana e a gestão integrada da produção e da biodiversidade (ten Have, 2016; Beauchamp & Childress, 2019). A geoética, por sua vez, propõe um “racional geoético” centrado no ator, baseado na articulação entre virtudes, conhecimento científico e direitos universais, aplicável a profissionais, a decisores políticos e a cidadãos (Peppoloni & Di Capua, 2017).

Para tornar explícita esta complementaridade entre a bioética e a geoética enquanto quadros operativos, apresenta-se a Figura 6. A figura evidencia como estes referenciais operam desde decisões individuais até processos coletivos e institucionais, estruturando a passagem da deliberação ética para a ação em contextos sociocientíficos complexos.



Figura 6.

Bioética e Geoética Como Quadros Operativos da Ação: Escalas de Decisão e Focos de Responsabilidade

A figura representa a articulação entre bioética e geoética enquanto quadros operativos da ação, organizada segundo dois eixos complementares: a escala de decisão e nível de agência (do individual ao coletivo) e o objeto ético ou foco da responsabilidade. Nos quadrantes inferiores, a bioética estrutura decisões centradas na relação ciência–pessoa e na proteção da vida e da saúde, tanto em contextos individuais como públicos e globais. Nos quadrantes superiores, a geoética amplia o foco da responsabilidade para a relação entre o Homem e o Sistema Terra, integrando comportamentos individuais informados e decisões sistémicas associadas a alterações climáticas, exploração de recursos naturais e gestão de riscos. Esta representação evidencia a complementaridade entre bioética e geoética e o seu papel na orientação da ação informada e eticamente responsável em múltiplas escalas.

De forma a tornar explícita a articulação operativa entre ciência, bioética, geoética e cidadania discutida nesta secção, apresenta-se a Tabela 2, que sintetiza os principais focos educativos e competências associadas a cada uma destas dimensões no contexto da Educação em Ciências orientada para a ação responsável.

Tabela 2.

Articulação entre Ciência, Bioética, Geoética e Cidadania na Educação em Ciências

Dimensão	Foco educativo	Competências desenvolvidas
Ciência	Compreensão de fenómenos	Pensamento crítico; análise de evidências
Bioética	Relação entre o desenvolvimento científico e a vida e a saúde	Deliberação ética; justiça, responsabilidade.
Geoética	Interligação sociedade-Sistema Terra; visão holística Sistema Terra	Responsabilidade ambiental, pensamento sistémico, justiça; sustentabilidade.
Cidadania	Ação informada	Participação; tomada de decisão.

Neste sentido, bioética e geoética não devem ser entendidas como domínios temáticos adicionais nem como meros complementos curriculares. Funcionam como linguagens éticas estruturantes, capazes de operacionalizar a passagem da compreensão científica para a ação informada e eticamente responsável, reforçando a noção de agência enquanto capacidade de estabelecer objetivos, refletir e agir de forma responsável para produzir mudança, tal como reconhecido em referenciais internacionais (OCDE, 2019)

e em propostas que defendem uma fundamentação ética explícita da competência global como condição para o exercício da agência responsável (Tan, 2024).

2.3.1. A articulação entre ciência, bioética e geoética: Implicações educativas

A integração da bioética e da geoética enquanto quadros operativos tem implicações profundas para as finalidades da Educação em Ciências e para as práticas pedagógicas que a sustentam. Em primeiro lugar, contribui para uma conceção de LC orientada para a ação, na qual o conhecimento científico é condição necessária, mas não suficiente, para decisões responsáveis. A mobilização do conhecimento em contextos reais exige a integração explícita de valores, critérios éticos e compreensão das consequências sociais, ambientais e intergeracionais das decisões tecnocientíficas. A literatura em Educação sobre o Sistema Terra sublinha que a articulação entre geociências, ética e cidadania favorece o desenvolvimento do pensamento sistémico e do *environmental insight*, entendido como a capacidade de compreender a interdependência entre ações humanas e dinâmicas do Sistema Terra (Orion, 2007, 2019; Vasconcelos & Orion, 2021). A incorporação de princípios geoéticos no currículo contribui para que os alunos reconheçam responsabilidades associadas ao uso de recursos, à gestão de riscos geológicos e à conservação do património natural, reforçando compromissos com sustentabilidade e justiça intergeracional (Bobrowsky et al., 2018; Vasconcelos et al., 2020).

No domínio da bioética, a investigação evidencia que a sua integração longitudinal e contextualizada no ensino das ciências promove processos de humanização da educação científica, favorecendo o desenvolvimento de valores como cuidado com a vida, justiça, responsabilidade social e não maleficência (UNESCO, 2006; Samuelsson & Lindström, 2022). Em contextos de ensino superior, currículos que articulam bioética com problemas reais demonstram impactos positivos no conhecimento, nas competências argumentativas e no comportamento ético dos estudantes (Biedenweg et al., 2013; Cooke & Hubbard, 2022; Jordan & Kristjánsson, 2017).

Do ponto de vista pedagógico, esta articulação reforça a necessidade de trabalhar com controvérsia, incerteza e desacordo como elementos constitutivos da aprendizagem. Dilemas bioéticos e problemas geoéticos tornam visíveis os limites do conhecimento científico e a necessidade de processos deliberativos informados, promovendo pensamento crítico, argumentação fundamentada, resolução interdisciplinar de problemas e capacidade de antecipação. Estas competências são centrais para uma

cidadania científica, alinhada com a sustentabilidade (Redman et al., 2021), que ultrapassa a mera expressão de opiniões e se traduz em participação informada em processos de decisão coletiva.

A investigação documenta, adicionalmente, que as estratégias orientadas para a participação são mais eficazes no desenvolvimento do sentido de responsabilidade e de competências para a ação do que a transmissão passiva de conhecimento (Baptista et al., 2025; Kang & Tolppanen, 2024; Trott & Weinberg, 2020; Wass et al., 2023). Tais abordagens promovem o conhecimento e a reflexão crítica, bem como atitudes pró-ambientais, sem reduzir a educação científica a uma prescrição moral ou a um ativismo acrítico. Neste âmbito, trabalhos recentes registaram indicadores positivos em contextos não formais de ensino (Paz & Vasconcelos, 2025; Ribeiro & Vasconcelos, 2024).

Esta reconfiguração implica igualmente uma redefinição do papel do professor/educador como mediador pedagógico. Longe de atuar como transmissor de respostas normativas, o professor é chamado a gerir a complexidade, legitimar a pluralidade de valores, assegurar o rigor científico das discussões e apoiar os alunos na construção de decisões justificadas.

Tal como sublinhado pela literatura crítica sobre cidadania global, formar para a ação responsável exige desenvolver capacidades de deliberação situada, evitando abordagens superficiais centradas apenas em atitudes genéricas de “boa cidadania” (Akkari, A., & Maleq, 2019; Bosio & Schattle, 2021; Bosio et al., 2023; Franch, 2020; Goren & Yemini, 2017; Torres & Bosio, 2020). Neste sentido, Estéllés e Fischman (2020) alertam para a necessidade de enquadrar a educação para a cidadania global em referenciais críticos na formação de professores, capazes de reconhecer as dimensões políticas, culturais e contextuais da cidadania e de promover práticas educativas que ultrapassem discursos universalistas e descontextualizados.

Para sintetizar as implicações pedagógicas da articulação entre ciência, bioética e geoética, apresenta-se a Tabela 3, que explicita a transição de modelos de ensino centrados na transmissão de conteúdos para abordagens orientadas para a deliberação ética e para a ação informada e responsável.

Tabela 3.

Da Literacia Científica à Ação Responsável

Dimensão	Ensino transmissivo	Ensino Orientado para a deliberação
Conhecimento	Conteúdos estáveis	Conhecimento contextualizado
Papel do aluno	Reprodutor	Deliberador
Controvérsia	Evitada	Trabalhada
Ética	Implícita	Estruturante
Ação	Ausente	Intencional

Em síntese, a articulação entre ciência, bioética e geoética sustenta uma conceção de educação científica relacional, situada e orientada para o bem comum, alinhada com orientações internacionais que enfatizam a necessidade de preparar os alunos para navegar a complexidade, exercer agência e participar na construção de um futuro orientado para a sustentabilidade (OECD, 2019; OECD, 2025b), necessitando para isso de reimaginar a educação. Neste enquadramento, reconhece-se também o papel dos educadores como agentes de mudança, capazes de promover aprendizagens transformadoras orientadas para a sustentabilidade (Farioli & Mayer, 2022; Hogan & O’Flaherty, 2021). A Educação em Ciências afirma-se, assim, como espaço privilegiado de deliberação ética e de preparação para a ação informada e eticamente responsável face aos desafios sociocientíficos do século XXI.

Contudo, a transição de abordagens transmissivas para modelos orientados para a deliberação ética e para a ação informada e responsável coloca constrangimentos pedagógicos significativos aos professores de ciências, que importa explicitar para evitar leituras demasiado idealizadas da inovação educativa. Revisões recentes mostram que, embora os docentes reconheçam a relevância das questões sociocientíficas para o aumento da LC e para a educação para a cidadania, continuam a enfrentar dificuldades na sua operacionalização didática, seja por falta de referenciais claros, de modelos pedagógicos estruturados, de recursos que integrem conhecimento científico, deliberação ética e participação cívica de forma coerente (Bayram-Jacobs et al., 2019; Chen & Xiao, 2021; Estéllés & Fischman, 2020; Paz & Vasconcelos, 2024;

Paz & Vasconcelos, 2025; Ribeiro & Vasconcelos, 2024). Esta tensão entre reconhecimento concetual e implementação prática sugere a necessidade de quadros integradores que apoiem os professores na tradução curricular da tríade ciência–ética–ação, oferecendo linguagens, princípios e recursos pedagógicos operacionalizáveis. Adicionalmente, trabalhar com temas sociocientíficos complexos, que envolvem controvérsia legítima, incerteza científica e pluralidade de valores, exige competências específicas de mediação pedagógica que nem sempre fazem parte da formação inicial ou contínua dos docentes (Cebesoy & Rundgren, 2021; Chen & Xiao, 2021; Ozcan-Ermis & Hervé, 2023; Schenk et al., 2021; Viehmann et al., 2024). A gestão da incerteza e do desacordo pode gerar insegurança profissional (Manz e Suárez, 2018), conduzindo, em alguns casos, à eviçao da controvérsia ou à simplificação excessiva dos problemas abordados (Bossér, 2023; Garrecht et al., 2022).

Acresce o risco de moralização implícita das discussões, quando a reflexão ética não é sustentada por critérios explícitos de argumentação e deliberação, podendo comprometer tanto a autonomia dos alunos como o rigor científico do ensino (Berne, 2014; Sadler et al., 2006; Saunders & Rennie, 2013; Zhang & Hsu, 2025). Estes desafios são frequentemente agravados por constrangimentos curriculares e institucionais, incluindo a pressão para cumprir programas extensos, a escassez de tempo letivo e a valorização predominante de aprendizagens facilmente avaliáveis (Naquines et al., 2025; Tidemand & Nielsen, 2017; Viehmann et al., 2024; Zhang & Hsu, 2025). Nestes contextos, ao contrário do que defendemos, a integração da bioética e da geoética pode ser percecionada como um acréscimo temático, em vez de uma reconfiguração estruturante da Educação em Ciências.

Reconhecer estes constrangimentos é fundamental para compreender que as dificuldades associadas à implementação de abordagens orientadas para a deliberação ética e para a ação responsável não resultam de limitações individuais dos professores, mas de condições estruturais do sistema educativo. Tal reconhecimento reforça a necessidade de enquadramentos pedagógicos coerentes, apoio institucional e modelos metodológicos claros que sustentem a prática docente e tornem exequível a articulação entre ciência, bioética e geoética em contextos educativos reais, particularmente no que diz respeito aos desafios impostos pelo Antropocénico (Yavuzkaya et al., 2024).

Neste enquadramento, a Tabela 4 sistematiza os principais desafios docentes associados à implementação de abordagens orientadas para a deliberação ética e para a ação responsável, bem como os riscos pedagógicos e as necessidades educativas que lhes correspondem.

Tabela 4.

Desafios Docentes na Implementação de Abordagens Orientadas Para a Deliberação Ética e a Ação Responsável

Desafio	Risco	Necessidade pedagógica
Gestão da incerteza	Evitar controvérsia	Mediação deliberativa da incerteza e da controvérsia
Ética sem moralização	Normatividade	Explicitação de critérios éticos e argumentativos
Pressão curricular	Superficialidade	Integração curricular de problemas complexos
Formação docente	Insegurança	Desenvolvimento profissional orientado por quadros estruturantes

Em síntese, o presente capítulo aprofundou a transição da Educação em Ciências da compreensão científica para a ação informada e eticamente responsável, evidenciando que essa passagem não é linear nem automática, mas mediada por processos deliberativos e por quadros éticos estruturantes. A articulação entre ciência, bioética e geoética foi analisada como um eixo central para enfrentar a complexidade dos problemas sociocientíficos contemporâneos, permitindo integrar evidência científica, pluralidade de valores, escalas de decisão e responsabilidade intergeracional.

Ao longo do capítulo, argumentou-se que a bioética e a geoética funcionam como quadros operativos da ação, fornecendo critérios de avaliação, linguagens de justificação e orientações de responsabilidade que tornam possível a passagem da LC à participação cidadã informada. Esta abordagem sustenta uma conceção de educação científica relacional, situada e orientada para o bem comum, em consonância com orientações internacionais que valorizam a agência, a deliberação ética e a construção de futuros desejáveis.

Simultaneamente, o capítulo reconheceu que a operacionalização destas abordagens coloca desafios pedagógicos e estruturais significativos, particularmente para os professores de Ciências, cuja prática se desenvolve em contextos curriculares e institucionais marcados por constrangimentos reais. A explicitação destes desafios reforça a necessidade de dispositivos educativos intencionalmente concebidos, enquadramentos metodológicos claros e apoio à mediação docente, evitando leituras idealizadas da inovação pedagógica.

Neste quadro, o contributo central deste capítulo reside na fundamentação teórica de uma Educação em Ciências orientada para a deliberação ética e para a ação responsável, ancorada na bioética e na geoética como referenciais estruturantes. Esta base conceitual legítima e enquadra as opções pedagógicas adotadas na presente investigação, cuja operacionalização empírica será apresentada no capítulo seguinte.

2.4. Integração curricular da bioética e da geoética em Portugal: Enquadramento normativo

A integração da bioética e da geoética no ensino das Ciências Naturais e da Biologia e Geologia encontra um enquadramento sólido no sistema educativo português, estando alinhada com os princípios, finalidades e competências consagrados nos principais documentos normativos nacionais. Longe de constituir uma adição externa ao currículo, a articulação entre ciência, ética e cidadania emerge de forma consistente das orientações oficiais, que reconhecem a ciência como prática humana situada, com implicações sociais, ambientais e morais, e atribuem à educação um papel central na formação de cidadãos críticos, responsáveis e participativos.

As Aprendizagens Essenciais (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e, 2018f, 2018g), o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017) e a Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania (DGE, 2025) convergem na valorização de competências que ultrapassam a mera aquisição de conteúdos disciplinares, enfatizando pensamento crítico, autonomia, responsabilidade, participação democrática e compromisso com a sustentabilidade. Embora os termos bioética e geoética não surjam explicitamente nestes documentos, os seus pressupostos axiológicos e formativos são amplamente compatíveis com os princípios destes campos, legitimando a sua mobilização no ensino das ciências e criando condições para a sua operacionalização pedagógica.

2.4.1. Educação para a Cidadania e Educação em Ciências em Portugal: Princípios orientadores

O PASEO estabelece um conjunto de áreas de competências que estruturam a formação dos alunos ao longo da escolaridade obrigatória, incluindo o raciocínio científico, o pensamento crítico e criativo, o desenvolvimento pessoal e social, a

sensibilidade ética e estética, bem como a responsabilidade e a participação cívica (Martins et al., 2017). Estas orientações fornecem um enquadramento axiológico claro para a integração da bioética e da geoética na Educação em Ciências, ao reconhecerem que a formação científica deve contribuir para a capacidade de interpretar a realidade, tomar decisões informadas e agir de forma responsável em contextos complexos.

Este documento sublinha que estas competências não se desenvolvem exclusivamente através da transmissão de conhecimento, mas exigem experiências educativas que promovam análise crítica, confronto fundamentado de perspetivas, reflexão ética e deliberação informada. Neste sentido, a bioética e a geoética funcionam como quadros conceituais que tornam operacionais as finalidades formativas do PASEO no ensino das ciências, ao fornecerem critérios para avaliar consequências, ponderar valores e justificar decisões associadas ao uso do conhecimento científico.

A Educação para a Cidadania reforça esta orientação ao assumir como objetivos centrais o desenvolvimento da autonomia, da responsabilidade individual e coletiva, da justiça social e ambiental e da participação democrática (DGE, 2025). Estes princípios encontram correspondência direta nos referenciais bioéticos e geoéticos, que enfatizam a dignidade da vida, a proteção da vulnerabilidade, a responsabilidade perante o Sistema Terra e a justiça intergeracional, consolidando a coerência entre educação científica e formação cidadã.

2.4.2. Aprendizagens Essenciais em Ciências: Flexibilidade curricular e integração transversal

As Aprendizagens Essenciais (AE) de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia organizam o currículo em torno de competências que ultrapassam o domínio conceitual, valorizando o pensamento crítico, o raciocínio baseado em evidências, a interpretação de dados, a compreensão da incerteza, a análise de impactos e a tomada de decisão fundamentada (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e, 2018f, 2018). Estas competências são particularmente relevantes na abordagem de dilemas bioéticos e geoéticos, nos quais os alunos são chamados a mobilizar conhecimentos científicos para avaliar cenários complexos, ponderar alternativas e formular juízos críticos.

Apesar desta orientação, as dimensões éticas surgem frequentemente formuladas de modo implícito nas AE, através de referências a “impactos”, “implicações”, “riscos” ou “decisões fundamentadas”, sem a explicitação de quadros conceituais ou metodologias

que apoiem a deliberação ética em contexto de sala de aula. Esta opção confere flexibilidade curricular, mas coloca desafios acrescidos aos professores, que são chamados a operacionalizar estas dimensões sem orientações pedagógicas sistemáticas para o trabalho com conflitos de valores ou situações de incerteza científica.

É neste espaço entre intenção curricular e prática pedagógica que a bioética e a geoética podem assumir um papel estruturante, ao fornecerem referenciais claros para a análise ética de problemas científicos. Temas centrais das AE, como reprodução humana, genética, saúde pública, biodiversidade, alterações climáticas, exploração de recursos geológicos, riscos naturais ou sustentabilidade, possuem uma dimensão ética intrínseca, envolvendo escolhas, impactos sociais e ambientais e responsabilidades individuais e coletivas. A sua abordagem sem explicitação destas dimensões empobreceria a aprendizagem, reduzindo a ciência a um conjunto de factos descontextualizados.

Assim, uma abordagem mais interdisciplinar e contextualizada das AE reforça este potencial ao permitir a integração transversal de ética, sustentabilidade e cidadania. A Tabela 5 ilustra esta possibilidade, sistematizando unidades temáticas das AE com potencial de abordagem bioética ou geoética, articuladas com diversos domínios da Educação para a Cidadania, evidenciando a viabilidade curricular desta integração em diferentes níveis de escolaridade.

A análise sintetizada na Tabela 5 evidencia que os conteúdos científicos previstos nas AE colocam frequentemente os alunos perante situações que implicam avaliação de consequências, ponderação de valores e tomada de decisão informada. Contudo, estas exigências surgem maioritariamente formuladas de forma implícita, o que reforça a pertinência de quadros conceituais, como a bioética e a geoética, que tornem explícita e pedagogicamente operacional esta dimensão ética da educação científica.

Tabela 5.

Sugestões de Aprendizagens Essenciais com Potencial de Abordagem Bioética ou Geoética, de acordo com o Ano de Escolaridade

Ano/ Disciplina	Domínio/ Unidade	Sugestão integração	Exemplo de AE mobilizada	Correspondência ENEC
7º CN	Terra em transformação	Geoética	Explicitar a importância do conhecimento geológico para a sustentabilidade da vida na Terra.	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>
8º CN	Terra, planeta com vida.	Geoética	Discutir opções para a conservação dos ecossistemas e o seu contributo para as necessidades humanas; analisar criticamente como a ação humana interfere nos ciclos de matéria e afeta ecossistemas.	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>
9º CN	Viver melhor na terra.	Bioética	Discutir o papel da ciência e da tecnologia na identificação de infeções sexualmente transmissíveis e o contributo do cidadão na implementação de medidas de saúde sexual e reprodutiva.	Saúde; Direitos Humanos; <i>Media</i>
10º BG	Biodiversidade	Geoética	Relacionar a diversidade biológica com intervenções antrópicas que podem interferir na dinâmica dos ecossistemas (interações bióticas/abióticas, extinção e conservação de espécies).	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>
11º BG	Reprodução e renovação celular	Bioética	Explicar a importância da diversidade dos processos de reprodução e das características dos ciclos de vida no crescimento das populações, sua variabilidade e sobrevivência.	Saúde; Direitos Humanos; <i>Media</i>
11º BG	Exploração sustentada de recursos	Geoética	Analisar dados e formular juízos críticos, cientificamente fundamentados, sobre a exploração sustentável de recursos geológicos em Portugal.	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>
12º Biologia	Reprodução, fertilidade e bioetecnologia	Bioética	Explorar informação sobre aspetos regulamentares e bioéticos associados à manipulação da fertilidade humana e às tecnologias de reprodução assistida.	Saúde; Direitos Humanos; <i>Media</i>

12º Biologia	Preservar e recuperar o ambiente	Geoética	Realizar intervenções de cidadania responsável (exequíveis e fundamentadas) orientadas para prevenir, minimizar ou remediar problemáticas ambientais e promover o uso sustentado dos recursos naturais.	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>
12º Geologia	A história da Terra e da vida	Geoética	Discutir a possível relação entre atividades antropogénicas e mudanças ambientais; inferir cenários para o século XXI como consequência do aquecimento global e de mudanças ambientais.	Educação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável; <i>Media</i>

Apesar de a relevância dos temas da bioética e da geoética se encontrar amplamente sustentada pela literatura da especialidade (conforme analisado na secção 2.3), e da sua viabilidade curricular estar comprovada pela análise dos documentos normativos portugueses (de acordo com a informação apresentada na Tabela 5), constata-se que a sua integração no ensino formal permanece, até ao momento, praticamente inexistente. As dificuldades inerentes à intervenção no ensino formal, decorrentes dos fatores anteriormente identificados, conduziram à opção por desenvolver o presente estudo num contexto de educação não formal. Este enquadramento permitiu não só a implementação de práticas educativas inovadoras, mas também a recolha de evidências empíricas que sustentem a reflexão pedagógica e contribuam para a fundamentação de futuras decisões e políticas educativas orientadas para a integração da bioética e da geoética no ensino obrigatório.

2.4.3. Quadros normativos nacionais: Convergências com a Bioética e a Geoética

A Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania (ENEC) constitui um quadro transversal que amplia e consolida a articulação entre ciência, ética e cidadania. Ao integrar domínios como Ambiente, Desenvolvimento Sustentável, Saúde, Direitos Humanos, Bem-Estar Animal, Segurança e Literacia Científica, a ENEC legitima a discussão ética em contextos científicos e promove coerência entre disciplinas, evitando abordagens fragmentadas da formação cidadã (DGE, 2017).

No domínio da bioética, a ENEC oferece um enquadramento claro para abordar questões relacionadas com saúde, justiça social, direitos humanos e proteção da vulnerabilidade. A Educação para a Saúde incentiva a compreensão dos determinantes biológicos, sociais e ambientais da saúde e promove escolhas responsáveis, criando condições para discutir dilemas associados à vacinação, à prevenção da doença, à privacidade genética ou ao acesso equitativo aos cuidados de saúde. O domínio dos Direitos Humanos sustenta princípios como dignidade, autonomia, justiça e não maleficência, amplamente reconhecidos como pilares da bioética contemporânea (UNESCO, 2006; Samuelsson & Lindström, 2022). A inclusão do bem-estar animal reforça igualmente a pertinência de discutir, em contexto escolar, questões éticas relacionadas com práticas científicas e sociais que envolvem outras formas de vida.

A geoética encontra também na ENEC um enquadramento pedagógico robusto. Domínios como Educação Ambiental, Desenvolvimento Sustentável, Risco e Segurança articulam-se diretamente com valores geoéticos fundamentais, como responsabilidade perante o Sistema Terra, uso prudente dos recursos, mitigação de riscos naturais e justiça intergeracional (Bobrowsky et al., 2018; Mogk et al., 2018; Vasconcelos et al., 2020). A ENEC enfatiza a avaliação de impactos ambientais, a gestão territorial e a participação informada em decisões socioecológicas, aspetos centrais da formação geoética.

A análise integrada das AE, do PA e da ENEC evidencia, assim, uma convergência clara entre os quadros normativos nacionais e os princípios da bioética e da geoética. Embora estes referenciais não sejam explicitamente nomeados, os documentos oficiais não apresentam contradições face à sua mobilização, antes criando espaços legítimos de operacionalização pedagógica. Esta convergência confirma que a integração da bioética e da geoética na Educação em Ciências não constitui uma inovação exógena, mas uma explicitação coerente de dimensões éticas já inscritas nas finalidades e competências curriculares.

Para além da coerência normativa, a integração da bioética e da geoética no ensino das ciências apresenta um potencial formativo particularmente relevante para a educação para a sustentabilidade. Ao promover a análise de consequências, a ponderação de valores e a responsabilidade face a impactos sociais, ambientais e intergeracionais, estes referenciais contribuem para uma conceção de sustentabilidade que ultrapassa abordagens instrumentais ou meramente comportamentais. A bioética permite problematizar escolhas associadas à vida, à saúde, à justiça e à proteção da vulnerabilidade, enquanto a geoética amplia o horizonte ético para a relação entre

sociedades humanas e o Sistema Terra, incorporando escalas temporais longas, limites planetários e responsabilidade intergeracional (UNESCO, 2006; Bobrowsky et al., 2018; Vasconcelos et al., 2020). Neste sentido, a convergência entre os quadros normativos nacionais e os referenciais bioéticos e geoéticos sustenta uma educação científica orientada para a sustentabilidade enquanto prática ética informada, capaz de preparar os alunos para compreender a complexidade dos desafios contemporâneos e participar de forma responsável na construção de futuros desejáveis, em consonância com orientações internacionais para a educação no século XXI (OECD, 2019; OECD, 2025).

A Figura 7 sintetiza a progressão concetual que estruturou a presente tese, evidenciando a passagem dos fundamentos da Educação em Ciências para a construção das condições educativas, éticas e normativas que sustentam a ação informada e responsável.

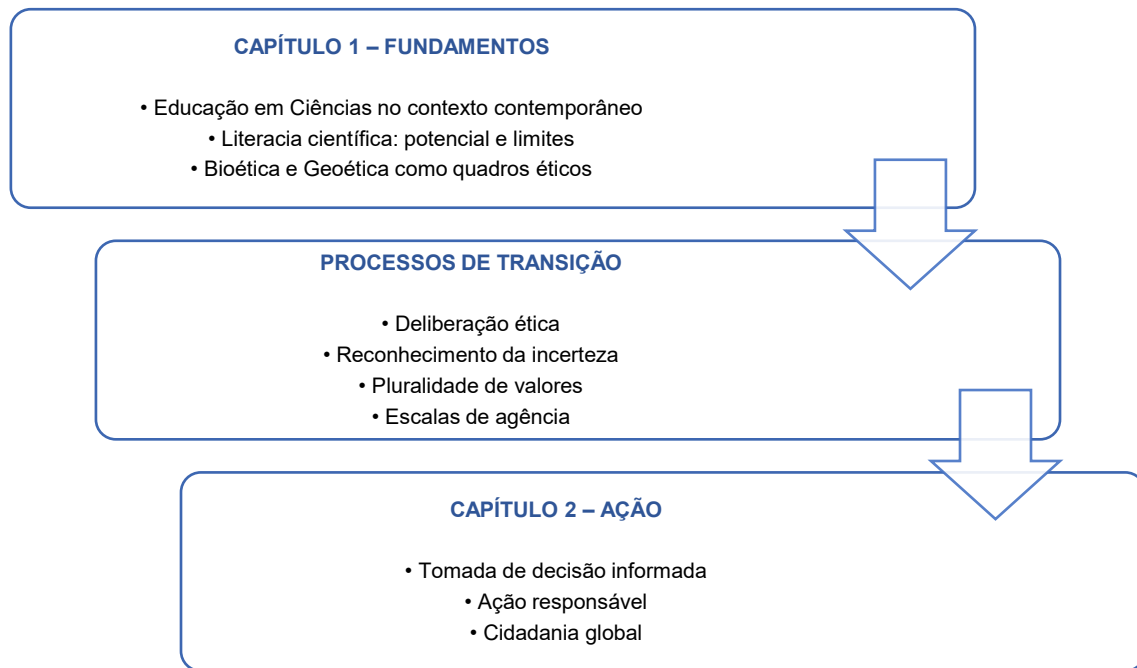


Figura 7.

Progressão Concetual da Educação em Ciências à Ação Responsável

Assim, os dois primeiros capítulos estabeleceram um quadro teórico-concetual integrado que sustenta a Educação em Ciências como espaço de deliberação ética e de preparação para a ação responsável, ancorado na bioética e na geoética.

Este enquadramento converge com propostas recentes de uma pedagogia social planetária, que concetualizam a educação como prática relacional orientada para a justiça social, a sustentabilidade e a responsabilidade ética num mundo marcado por

interdependências globais e limites ecológicos, deslocando a educação científica para além de perspetivas estritamente antropocêntricas (Jeong et al., 2021; Lotz-Sisitka, 2017; Salonen et al., 2023). Esta perspetiva não pretende oferecer um modelo universal de decisão, mas sim um dispositivo pedagógico transferível, sensível ao contexto e à pluralidade de valores.

É a partir do mesmo que se apresenta, no capítulo seguinte, o programa de intervenção que operacionaliza estes princípios num contexto educativo concreto.

Capítulo 3. Programa de intervenção: Conceção e implementação

Após os dois primeiros capítulos, onde se procurou explanar a contextualização teórica desta tese, este capítulo apresenta o programa de intervenção desenvolvido no âmbito da presente investigação, concebido com o objetivo de integrar a bioética e a geoética na formação científica de jovens, num contexto de ensino não formal.

O capítulo organiza-se em seis secções principais. Na primeira (3.1), é apresentado o enquadramento da intervenção, destacando-se a relevância do ensino não formal das ciências como espaço de experimentação pedagógica. Depois, apresenta-se o ensino orientado para a aprendizagem por projetos como metodologia centrada no aluno e promotora de cidadania participativa (3.2). Em seguida, descreve-se um estudo diagnóstico (3.3), que recolheu as perceções de professores portugueses sobre a integração da bioética e da geoética no ensino formal. Posteriormente (3.4), explicam-se as estratégias e dinâmicas implementadas no programa de intervenção, detalhando o processo de conceção e aplicação. O subcapítulo 3.5 apresenta os recursos educativos construídos, que materializam as opções metodológicas do projeto. Finalmente, é descrito o produto final da intervenção, o guião da peça de teatro *(Cons)Ciência e Cidadania: uma questão de Bioética e Geoética*, e, por fim, a atividade de interação com o público, concretizada na atividade lúdica *Bio & Geo Heróis* (3.6).

3.1. Enquadramento da intervenção: O ensino não formal das ciências

O ensino não formal, entendido como um conjunto de práticas educativas organizadas, intencionais e estruturadas fora do sistema escolar tradicional, oferece um ambiente privilegiado para testar metodologias e estratégias educativas. Estas experiências são frequentemente mais flexíveis, centradas nos alunos e adaptadas ao contexto, permitindo integrar dimensões éticas e cidadãs com maior profundidade e liberdade metodológica (Eshach, 2007; Johnson & Majewska, 2022; Tudor, 2013). Adicionalmente, o ambiente de ensino não formal oferece um ambiente privilegiado para desenvolver competências de pensamento crítico, argumentação ética, colaboração e participação ativa (Berg et al., 2021; Bianchi et al., 2022; Falk & Dierking, 2000).

Neste trabalho, este contexto de ensino não é concebido como alternativa ou sucedâneo do ensino formal, nem como um espaço de menor exigência epistemológica ou pedagógica. É, antes, assumido como um laboratório educativo que complementa o currículo formal, ao permitir observar, testar e aprofundar processos de deliberação ética e de ação informada em condições dificilmente reproduzíveis em estruturas curriculares mais rígidas, conforme reconhecido por diversos autores (Gross & Rutland, 2017; Paraskeva-Hadjichambi et al., 2020; Romi & Schmida, 2009).

Segundo Eshach (2007), a educação não formal tem o potencial de aproximar os alunos da ciência, promovendo não só o conhecimento concetual, mas também o envolvimento emocional, social e comportamental. Estes ambientes oferecem experiências de aprendizagem mais holísticas e afetivas, favorecendo a construção de sentido e o envolvimento pessoal com os temas abordados. Vários autores destacam que este tipo de ensino contribui para o desenvolvimento de competências alinhadas com a sustentabilidade (Essomba et al., 2022; Jiménez-Liso et al., 2018; Paz & Vasconcelos, 2025; Ribeiro & Vasconcelos, 2024) e proporciona condições favoráveis para a abordagem de QSC, frequentemente negligenciadas nos contextos formais devido à falta de tempo, formação específica ou receio que a discussão dessas questões complexas gere controvérsia na sala de aula (Chen & Xiao, 2021; Nielsen et al., 2020).

A Comissão Europeia (EC, 2020) também reconhece o valor da aprendizagem não formal no desenvolvimento de uma cidadania ativa e participativa, sobretudo no campo das ciências. Além disso, estudos recentes demonstram que estas experiências educativas favorecem o envolvimento dos alunos, a compreensão crítica da ciência e a consciencialização sobre a necessidade de agir perante diversos desafios globais como as alterações climáticas, a justiça social ou a sustentabilidade (Ribeiro & Vasconcelos, 2024; Wals & Benavot., 2017).

Neste contexto, o programa de intervenção apresentado neste capítulo assume-se como uma implementação exploratória de natureza piloto, concebida para testar a viabilidade e a pertinência pedagógica de uma metodologia e de estratégias de ensino inovadoras em contexto de educação não formal. O programa foi desenhado para experimentar abordagens centradas nos participantes, com o objetivo de promover o desenvolvimento de competências científicas, éticas e cidadãs através da exploração de questões de âmbito bioético e geoético. A sua implementação procurou avaliar o potencial da educação não formal como via complementar ao currículo oficial, capaz de informar práticas pedagógicas transferíveis para contextos formais e de contribuir para

o enriquecimento da Educação em Ciências com foco na justiça, na responsabilidade social, na sustentabilidade e na participação ativa.

Embora este programa tenha decorrido num ambiente de ensino não formal, concretamente numa instituição de solidariedade social de apoio a jovens, a sua estrutura, conteúdos e objetivos foram deliberadamente alinhados com os referenciais curriculares do ensino básico e secundário português, em particular com as AE de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia e com o PA. Esta opção foi orientada pela necessidade de explorar, de forma mais flexível e experimental, formas pedagógicas inovadoras que permitissem integrar dimensões éticas e cidadãs no ensino de ciências. No caso específico desta investigação, o contexto de ensino não formal possibilitou a abordagem aprofundada de questões sociocientíficas relevantes, como os dilemas associados às alterações climáticas, à justiça ambiental ou ao uso ético da biotecnologia, que muitas vezes enfrentam constrangimentos de tempo, formação ou sensibilidade no espaço escolar formal (Evagorou et al., 2015; Reiss, 2020). Ao mesmo tempo, o programa foi desenhado para ser transferível e adaptável a contextos formais de ensino, contribuindo para enriquecer práticas e recursos educativos centrados no desenvolvimento de competências.

A Figura 8 retoma o enquadramento concetual da investigação apresentado no capítulo 1, mas agora complementa-o com a forma como foi operacionalizada a articulação entre ciência, ética e cidadania, recorrendo à metodologia de aprendizagem orientada por projetos, e seguindo uma abordagem STEAM (detalhadas nas secções 3.2 e 3.2.1):

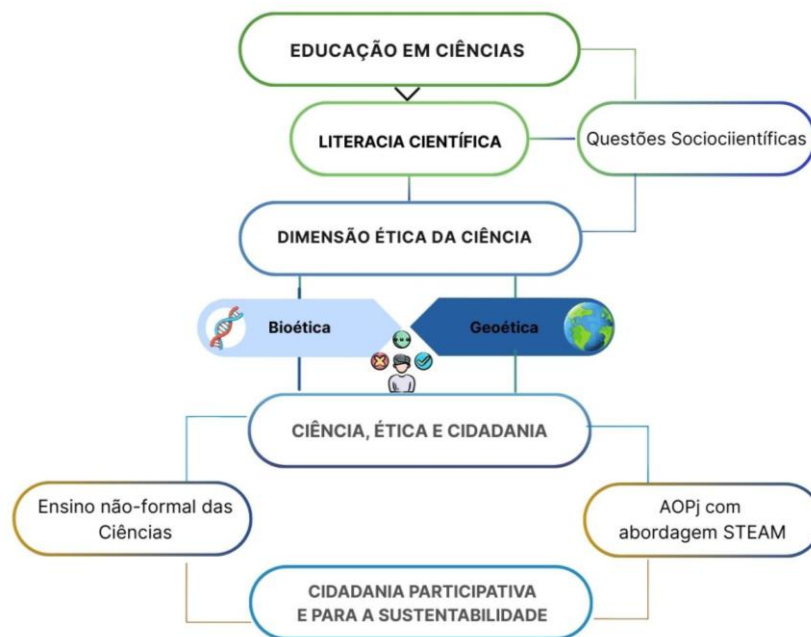


Figura 8.

Enquadramento Conceitual do Programa de Intervenção

Posteriormente, os dados recolhidos e analisados permitiram refletir sobre os desafios e oportunidades associados à integração curricular da bioética e da geoética, fornecendo contributos para o seu desenvolvimento tanto em ambientes formais como não formais.

Num contexto social fortemente marcado pela primazia de indicadores económicos imediatos, tende a prevalecer a perceção de que apenas as intervenções que geram benefícios financeiros diretos e mensuráveis possuem valor social reconhecido. A educação, em particular nas suas dimensões ética, cidadã e científica, enfrenta assim o desafio de tornar visíveis impactos que se manifestam sobretudo a médio e longo prazo, de forma difusa, cumulativa e sistémica, escapando frequentemente às métricas tradicionalmente sujeitas a avaliação. Neste âmbito, documentos estratégicos recentes sublinham que a educação constitui um investimento estruturante para o desenvolvimento social, mesmo quando os seus efeitos não são imediatamente quantificáveis em termos económicos, exigindo abordagens de avaliação mais amplas e prospetivas (ONEVALUE, 2025; PlanAPP, 2023).

É neste enquadramento que metodologias de avaliação de impacto social, como o *Social Return on Investment* (SROI), têm vindo a ganhar relevância, ao procurarem traduzir em termos compreensíveis para decisores políticos e institucionais os benefícios sociais, educativos e ambientais gerados por intervenções que não

produzem retorno financeiro direto. O SROI não pretende reduzir o valor da educação a uma lógica estritamente económica, mas, antes, oferecer uma linguagem de mediação entre a complexidade do impacto social e os processos de decisão frequentemente orientados por critérios de custo-benefício, articulando resultados educativos com a criação de valor público e social (Nicholls et al., 2012; Millar & Hall, 2013; OECD, 2021b).

Estudos e relatórios que aplicam metodologias SROI a programas educativos e de cidadania ambiental evidenciam que intervenções orientadas para a literacia, a participação cívica e a sustentabilidade podem gerar rácios positivos de criação de valor social, mesmo quando os seus efeitos se distribuem ao longo do tempo. A análise SROI realizada pelo Global Action Plan, por exemplo, demonstra que programas de educação ambiental e mudança comportamental produzem benefícios sociais que superam o investimento realizado, ao considerar resultados como o aumento da consciência ambiental, a adoção de práticas mais sustentáveis e o fortalecimento do envolvimento cívico (Social Value UK, 2023). Também a nível nacional, relatórios SROI desenvolvidos por organizações como a *GALP* reforçam igualmente a aplicabilidade desta abordagem à avaliação de programas educativos e sociais, legitimando o seu uso como instrumento de apoio à decisão e de prestação de contas do impacto gerado (GALP, 2023).

Embora a presente investigação não tenha sido concebida para realizar uma análise SROI formal, os resultados obtidos evidenciam mudanças que, à luz deste tipo de abordagem, podem ser interpretadas como geradoras de valor social futuro. O desenvolvimento de LC e ética, o reforço da capacidade de deliberação informada, a promoção da cidadania participativa e a disseminação intergeracional do conhecimento científico e ético constituem indicadores que, noutros contextos avaliados por metodologias de impacto social, têm sido associados a benefícios duradouros para indivíduos, comunidades e sistemas educativos (OECD, 2019; Social Value International, 2022).

A pertinência desta reflexão torna-se particularmente evidente no contexto das políticas educativas. O recente debate público em torno da Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania ilustra as dificuldades persistentes em reconhecer e integrar dimensões como a bioética e a geoética nos documentos orientadores, apesar da sua relevância para enfrentar desafios contemporâneos complexos, como as alterações climáticas, a justiça ambiental ou os dilemas associados à ciência e à tecnologia. Neste sentido, mesmo estudos de pequena escala, como o presente estudo de caso, podem desempenhar um papel relevante ao fornecer evidência empírica sobre o impacto educativo e social de abordagens inovadoras, contribuindo para uma tomada de decisão

mais informada, sistémica e orientada para o futuro, em consonância com perspetivas que defendem a antecipação, a responsabilidade intergeracional e a criação de valor social como princípios centrais da educação para a sustentabilidade (OECD, 2019; Wals & Benavot, 2017).

3.1.1. Ensino não formal das Ciências: Educação inclusiva e o papel das instituições sociais

A intervenção educativa concebida neste estudo foi desenvolvida no contexto de uma instituição de solidariedade social, frequentada por crianças e jovens de uma zona urbana socialmente desfavorecida. Este enquadramento confere à investigação uma dimensão particular de inclusão social e educativa, na medida em que se procurou demonstrar que o ensino das ciências, mesmo em ambientes não formais, pode ser um instrumento de equidade, participação e cidadania ativa (Kicherova et al., 2022). De acordo com a UNESCO (2020), as instituições de apoio social desempenham um papel essencial na promoção da justiça educativa, oferecendo oportunidades de aprendizagem significativas a públicos que, frequentemente, permanecem à margem do sistema formal de ensino. Neste sentido, o programa de intervenção foi desenhado para integrar conteúdos científicos e éticos num contexto comunitário, transformando-o num espaço de aprendizagem inclusiva e emancipadora.

A investigação tem demonstrado que a LC começa a ser moldada em idades muito precoces, estando fortemente associada às experiências e estímulos disponíveis no contexto familiar. Bae e colaboradores (2023) evidenciam que um ambiente familiar onde seja desenvolvida uma ligação a atividades de índole científicas, como a conversas sobre ciência, a realização de atividades exploratórias e o acesso a recursos informais, constituem preditores significativos da LC em idade escolar. De forma convergente, Kähler e colaboradores (2020) mostram que diferenças na LC das crianças emergem ao nível do pré-escolar e tendem a ampliar-se ao longo do percurso escolar caso não sejam objeto de intervenção educativa intencional, reforçando a importância de estratégias precoces e inclusivas de promoção da LC. Por este motivo, a educação deve ser entendida como um processo contínuo orientado por valores, visando a remoção de barreiras à participação e à aprendizagem de todos os alunos, independentemente dos contextos educativos em que ocorre (Booth & Ainscow, 2016; Cobian et al., 2024).

A escolha de um ambiente não formal assentou também na convicção de que a aprendizagem significativa ocorre quando o conhecimento é vivido e contextualizado. A investigação de Brown (2017a) evidencia que práticas educativas culturalmente situadas e baseadas na investigação são fundamentais para promover a equidade na Educação em Ciências. O mesmo autor refere que as práticas educativas da educação não formal não visam prescrever respostas, mas, antes, abrir espaços para reflexão e amadurecimento ético, permitindo que os participantes desenvolvam, de forma autónoma, o(s) seu(s) caminho(s) de ação, orientados para a mudança social (Brown, 2017b). Segundo o conceito de aprendizagem experiencial de Kolb (2015), o conhecimento constrói-se a partir da ação, da reflexão e da experimentação. Assim, as atividades planeadas, como debates, dramatizações, jogos e modelação, foram concebidas para mobilizar o pensamento crítico e a deliberação ética, permitindo que os alunos participassem ativamente na construção de soluções para problemas reais. De acordo com Dillon (2013), estas metodologias participativas são particularmente eficazes na educação científica em contextos de diversidade social e cultural, ao aproximar a ciência da experiência quotidiana dos estudantes.

O programa de intervenção foi, assim, orientado pelos princípios da educação inclusiva e participativa, entendida como um processo sistémico e colaborativo, assente na colaboração entre a escola, a comunidade e organizações sociais, exigindo articulação entre diferentes setores e níveis de atuação educativa (European Agency for Special Needs and Inclusive Education, 2025). Neste quadro, a instituição de solidariedade social assume-se como elo entre a educação formal e a comunidade, promovendo a circulação do conhecimento e a criação de pontes entre o saber científico e os saberes da vida quotidiana. A colaboração ativa entre a investigadora e os jovens participantes constituiu um elemento central do projeto, permitindo a construção de uma dinâmica horizontal de aprendizagem, na qual cada participante se afirmou como agente do seu próprio processo de reflexão e de construção de conhecimento. Procurou-se promover formas de comunicação dialogadas e exploratórias, condição essencial para uma educação orientada para a agência e a cidadania (Menninga et al., 2021; Montrosse-Moorhead et al., 2024).

Do ponto de vista político-educativo, o projeto alinha-se com os princípios da ENEC (DGE, 2017), que sublinha a importância de desenvolver competências éticas, sociais e ambientais através de experiências integradas de aprendizagem. O modelo de intervenção concebido neste estudo concretiza estes princípios ao articular ciência, valores e cidadania, promovendo competências que incluem a deliberação ética, a

empatia e o sentido de responsabilidade coletiva. Em conformidade com o *OECD Learning Compass 2030* (OECD, 2019), o programa valoriza o desenvolvimento da capacidade de agir dos alunos, com base em valores, e de participar ativamente na construção de um futuro sustentável. O projeto foi, assim, planeado para ser inclusivo na sua conceção, participativo nas suas metodologias e transformador nas suas finalidades.

A perspetiva inclusiva da intervenção encontra também fundamento numa abordagem que combina a aquisição de conhecimentos e deliberação ética com o envolvimento comunitário e o compromisso social (Ainscow, 2020; Billig, 2019; Matějka & Kořán, 2024). Neste caso, os alunos foram convidados a usar o conhecimento científico e ético como ferramenta de comunicação e sensibilização, desenvolvendo um recurso, como a peça de teatro, destinado a promover reflexão e deliberação entre outros públicos da instituição, neste caso, os colegas mais novos. Desta forma, a intervenção visou romper com a lógica tradicional do ensino transmissivo, favorecendo uma aprendizagem colaborativa e criativa, em que os mais velhos ensinam os mais novos e todos aprendem uns com os outros. A literatura sobre educação não formal destaca ainda o potencial das experiências intergeracionais para promover competências sociais, empatia e compreensão de múltiplas perspetivas, elementos essenciais para a participação cidadã. Estes processos contribuem para a construção de capital social e reforçam a aprendizagem ética e comunitária (Matějka & Kořán, 2024) .

Em síntese, o projeto foi concebido para demonstrar que as instituições sociais podem constituir espaços privilegiados de ensino de ciência e de ética, desde que sustentadas em princípios de inclusão, diálogo e cooperação. Neste sentido, o ensino não formal pode ser um contexto epistemologicamente privilegiado para observar processos de deliberação ética, construção de agência e negociação de valores em tempo real, antes da sua transposição para contextos curriculares mais normativos. O ensino não formal, quando aliado a metodologias ativas e à valorização da diversidade, tem potencial para gerar conhecimento relevante e transformar realidades sociais. Assim, a intervenção que se descreve nos capítulos seguintes reflete a convicção de que inclusão, ética e ciência não são dimensões paralelas, mas elementos interdependentes de uma educação integral e humanista, orientada para a justiça, a solidariedade e a sustentabilidade.

3.2. Metodologia da intervenção: Aprendizagem orientada por projetos

A conceção da intervenção assentou na convicção de que a educação científica deve constituir uma prática de inclusão e de cidadania, em que o conhecimento se constrói através da participação, colaboração e diálogo ético. Assim, a operacionalização deste estudo enquadra-se na perspetiva de ética do cuidado proposta por De Arriba Rivas e Del Portal (2023), entendida como um referencial educativo relacional que privilegia a atenção ao outro, a responsabilidade nas relações educativas, a empatia e a construção da cidadania através de práticas concretas de cuidado.

Neste quadro, o EOAPj foi selecionado como a metodologia mais coerente com os objetivos da intervenção. Ao promover o envolvimento ativo dos alunos em etapas de investigação, planificação, deliberação e ação, esta abordagem estruturou o processo educativo como um percurso de cocriação de conhecimento com sentido social. Assim, o subcapítulo seguinte apresenta o racional pedagógico e os fundamentos teóricos desta metodologia, destacando o seu papel no desenvolvimento da autonomia, do pensamento crítico e da cidadania participativa, dimensões centrais para compreender a estrutura e o desenvolvimento do programa de intervenção.

O EOAPj constitui uma metodologia educativa ativa, centrada no aluno, que favorece a mobilização integrada de conhecimentos, atitudes e competências ao serviço da resolução de problemas reais (Blumenfeld et al., 1991; Eliza et al., 2025; Kokotsaki et al., 2016; Miller & Krajcik, 2019; Thomas et al., 1999; Wijnia et al., 2024). Esta metodologia é particularmente adequada à promoção de uma cidadania participativa, ao proporcionar aos alunos oportunidades concretas de intervir no seu contexto, de forma crítica e colaborativa, desenvolvendo simultaneamente a LC e ética. Assenta na premissa de que a aprendizagem ocorre quando os alunos se envolvem em tarefas autênticas, com propósito claro e impacto social (Barron & Darling-Hammond, 2008).

Não sendo condição suficiente para manter a motivação dos participantes em relação às temáticas abordadas, uma vez que esta depende também, e em grande medida, da própria motivação do professor ou educador, segundo Blumenfeld e colaboradores (1991), o EOAPj contribui para o envolvimento na aprendizagem e para a manutenção de maiores níveis de motivação se se verificarem algumas condições: (i) as tarefas são variadas e incluem elementos de novidade, (ii) o problema é autêntico e tem valor, (iii) o projeto é desafiante; (iv) o projeto tem uma data definida para entrega do produto final,

(v) os alunos têm a possibilidade de tomar decisões ao longo do projeto e (vi) o trabalho no projeto é colaborativo.

O EOAPj é ainda reconhecido como metodologia eficaz para o desenvolvimento de competências-chave para a sustentabilidade, ao articular conhecimento científico, pensamento sistémico e ação orientada para a resolução de problemas complexos do mundo real (Birdman et al., 2021). Ao serem colocados na posição de investigadores, tomadores de decisão e agentes de mudança, os alunos puderam desenvolver competências de pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação e trabalho em equipa, competências transversais associadas ao PA e aos referenciais internacionais de educação para a sustentabilidade (Bianchi et al., 2022; OECD, 2024; UNESCO, 2016). Apesar do reconhecimento do seu elevado potencial educativo, o EOAPj enfrenta desafios significativos na sua implementação no ensino fomal, mormente os relacionados com a gestão do tempo dos docentes, dificuldades inerentes à avaliação dos alunos, a falta de apoio institucional e lacunas na preparação docente para implementar esta metodologia (Lewis et al., 2019; Oduro et al., 2024)

Nesta investigação, o EOAPj foi aplicado ao ensino de temas com implicações bioéticas e geoéticas, como a justiça no acesso à saúde, a exploração de recursos naturais, os impactos das alterações climáticas e a experimentação em seres vivos. Os alunos foram desafiados a aprofundar o conhecimento científico enquanto refletiam sobre os valores e as consequências éticas das decisões humanas nesses contextos (Sadler, 2004; Zeidler et al., 2005). Esta articulação entre ciência, ética e ação orientou a construção de uma consciência cidadã ativa e reflexiva, em linha com os princípios da educação em ciências contemporânea.

O desenvolvimento de projetos em contexto de educação não formal, como o que sustentou o presente estudo, permitiu ampliar o espaço-tempo da aprendizagem para além da sala de aula, favorecendo abordagens mais flexíveis, interdisciplinares e centradas nos interesses e experiências dos participantes (Larmer et al., 2015; Guerts et al., 2025). A liberdade metodológica e a proximidade entre investigadora e participantes criaram um ambiente propício à criatividade, ao pensamento crítico, à construção de sentido(s) e ao diálogo. O contacto com o projeto permitiu abordar questões reais e contextualizadas, permitindo a construção de pontes entre o que se aprende e situações reais do quotidiano (Bell, 2010; Blumenfeld et al., 1991; Dilekli, 2020; Krajcik et al., 2008).

O programa educativo implementado neste contexto traduziu esses princípios em ação. Os participantes foram convidados a explorar, ao longo de vários meses, um conjunto de recursos educativos originais, elaborados pela investigadora, centrados em dilemas bioéticos e geoéticos, culminando na criação coletiva de uma peça de teatro apresentada a colegas mais novos da mesma instituição. Este processo foi concebido para integrar conhecimentos científicos com competências sociais e éticas, promovendo uma aprendizagem ativa, colaborativa e contextualizada socialmente.

O EOAPj foi, assim, estruturado como estratégia pedagógica de base do programa, permitindo a operacionalização da tríade ciência–ética–cidadania no ensino não formal. A sua natureza flexível e participativa tornou possível integrar abordagens artísticas e reflexivas, favorecendo uma aprendizagem que valoriza o envolvimento pessoal e a deliberação moral dos participantes. Desta forma, o EOAPj constituiu o alicerce metodológico sobre o qual se articulou uma abordagem STEAM, entendida não como metodologia autónoma, mas, antes, como o complemento natural e potenciador deste modelo. A integração entre ciência e arte permitiu conceber experiências educativas mais inclusivas, emocionais e expressivas, nas quais a construção do conhecimento se alia à ética e à capacidade de expressão.

3.2.1. Da Aprendizagem por Projetos à Abordagem STEAM: Integrar Arte, Ciência e Ética na Educação em Ciências

A abordagem *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* (STEAM) foi integrada no programa de intervenção como uma abordagem capaz de unir ciência, tecnologia e artes, com o objetivo de formar indivíduos criativos, críticos e preparados para os desafios do século XXI (Amanova et al., 2025; Dignam & Taylor, 2024; Halverson & Sawyer, 2022; Henriksen, 2014; Marín-Marín et al., 2021; Sousa & Pilecki, 2013). Mais do que acrescentar uma dimensão estética às disciplinas científicas, a abordagem STEAM foi planeada para promover uma visão holística da aprendizagem (Jesionkowska et al., 2020; Garner et al., 2017), favorecendo o desenvolvimento do pensamento sistémico (Danielson et al., 2022), resultado também evidenciado em estudos empíricos que mostram que abordagens STEAM integradoras promovem envolvimento e aprendizagem significativa em contextos educativos não formais (Teles et al., 2024).

Ao incentivar a compreensão das interdependências entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, esta abordagem procurou estimular uma forma de pensamento

que integrasse razão e emoção, ciência e ética, teoria e prática, num processo dinâmico de construção de sentido(s). No âmbito do programa de intervenção, a abordagem STEAM foi concebida de modo a unir conteúdos científicos, valores humanos e expressão artística, estimulando o desenvolvimento de conhecimento, competências socioemocionais e cidadania participativa (Santos et al., 2023).

O modelo STEAM assenta na premissa de que o conhecimento é interdisciplinar, experiencial e emocionalmente significativo, e que a aprendizagem mais duradoura ocorre quando os alunos exploram problemas reais, criam soluções e comunicam resultados de forma criativa. Como salientam Kolb (2015) e Eisner (2002), a experiência estética e a reflexão crítica desempenham um papel central na formação de juízos éticos e na capacidade de compreender o mundo sob múltiplas perspetivas. A arte, quando integrada no ensino das ciências, funciona como mediadora entre o conhecimento e a ação, favorecendo a empatia, a imaginação moral e a deliberação responsável, dimensões essenciais para o exercício de uma cidadania responsável, justa e sustentável.

Neste enquadramento, Braund e Reiss (2019) defendem que a integração das artes nas ciências permite tornar a aprendizagem científica mais autêntica e experiencial, aproximando os estudantes dos processos de investigação, deliberação e criatividade que caracterizam a prática científica real. De modo semelhante, Correia e colaboradores (2024) sublinham o potencial das metodologias baseadas nas artes na comunicação pública da ciência, destacando o papel da dramatização na acessibilidade de conceitos abstratos e complexos, sobretudo junto de públicos mais jovens ou menos familiarizados com a linguagem científica. Assim, ao transformar ideias científicas e éticas em narrativas e símbolos, o teatro facilita a compreensão cognitiva e a ligação emocional, traduzindo conteúdos teóricos em experiências concretas. No programa de intervenção, a dramatização foi estruturada como ferramenta central para aproximar os participantes mais novos de temas científicos e éticos potencialmente abstratos, convertendo-os em vivências significativas e socialmente partilhadas (Baselga et al., 2020; Bellow, 2007).

Do ponto de vista pedagógico, Lin e colaboradores (2021) evidenciam que a integração da arte nas práticas de ensino das ciências potencia a criatividade, a motivação, a expressão emocional e a reflexão ética, reforçando a ligação entre conhecimento científico e valores humanos. Os autores observam também que os professores que integram atividades artísticas tendem a adotar pedagogias mais colaborativas e inclusivas, nas quais os alunos são encorajados a explorar, representar e comunicar

ideias de forma pluriestratégica, princípios que orientaram igualmente o desenho deste programa de intervenção.

Em termos teóricos, Mejias e colaboradores (2021) propõem uma tipologia crítica da abordagem STEAM, distinguindo entre perspetivas instrumentais, pedagógicas, mutuamente instrumentais e transdisciplinares. A intervenção desenvolvida inspirou-se nesta última perspetiva, a STEAM transdisciplinar, que compreende a arte e a ciência como dimensões interligadas de um mesmo processo de construção de conhecimento. Assim, o teatro não foi apenas utilizado como recurso de motivação, mas como espaço de produção epistémica e ética, no qual a aprendizagem científica se expressa como experiência criativa, reflexiva e socialmente situada.

A literatura recente tem sublinhado que a abordagem STEAM, além de promover a criatividade, o pensamento crítico e a motivação para aprender, constitui uma via para o desenvolvimento da literacia ética, científica e emocional (Biedenweg et al., 2013; Mendonça et al., 2025). Garner e colaboradores (2017) reforçam esta visão ao demonstrar que a integração de princípios socioemocionais no ensino STEAM favorece a empatia, a colaboração e a consciência global desde os primeiros níveis de escolaridade. Segundo os autores, a aprendizagem científica emocionalmente informada contribui para a criação de ambientes educativos inclusivos, nos quais o conhecimento é vivido como experiência social e ética. Esta dimensão humana da educação STEAM orientou o presente programa, que foi desenhado para equilibrar racionalidade científica e sensibilidade ética, promovendo não apenas competências cognitivas, mas também atitudes de cuidado, cooperação e responsabilidade.

De igual modo, vários autores defendem que a educação baseada em valores deve ser integrada nas metodologias STEM ou STEAM para favorecer a paz e a justiça social e (Moorthy et al., 2021; Ortiz-Revilla et al., 2020). Para estes autores, a formação científica e tecnológica sem uma base ética sólida pode gerar desequilíbrios sociais e ambientais, sendo essencial formar cidadãos capazes de aliar inovação e responsabilidade. Na mesma linha, outros autores sublinham a harmonia entre conhecimento, virtude e natureza, como princípio moral da sustentabilidade (Jeng e t al., 2022; Jordan e Kristjánsson, 2017).

A integração das artes e da ética no ensino das ciências foi também entendida como resposta a um desafio contemporâneo central: reconstruir a confiança e a LC num mundo saturado de informação e desinformação. Fasce e Picó (2019) argumentam que a ciência deve ser compreendida como uma “vacina” contra crenças infundadas,

defendendo que a LC inclui necessariamente a compreensão dos valores e da ética que orientam a prática científica. Neste sentido, a abordagem STEAM foi concebida para aproximar os estudantes da ciência enquanto atividade humana, criativa e moralmente situada, estimulando a competência epistémica e ética e promovendo uma relação confiante e informada com o conhecimento.

Diversos autores reconhecem que projetos que unem ciência e arte podem promover uma cidadania participativa orientada para a sustentabilidade (Biedenweg et al., 2013; Clark & Button, 2011; Heinrich & Kørnø, 2021; Samuelsson e Lindström, 2022; Trortt et al., 2020), ampliando a capacidade dos alunos de compreender e intervir nos sistemas socioecológicos de forma responsável. A combinação entre ciência, ética e criatividade foi, por isso, considerada essencial para desenvolver competências emocionais, morais e sistémicas que sustentam o pensamento crítico e a ação transformadora, em consonância com os pilares do *GreenComp* (Bianchi et al., 2022), especialmente nos clusters “incorporar valores de sustentabilidade” e “agir para a sustentabilidade”.

Assim, o recurso ao STEAM foi estruturado como abordagem integradora do programa de intervenção, concebida para estimular simultaneamente o pensamento científico, o julgamento ético e a expressão criativa. Ao unir ciência e arte, conhecimento e sensibilidade, este modelo educativo procurou concretizar o princípio de que aprender ciência é também aprender a ser e a agir (OECD, 2019; Vasconcelos & Orion, 2021). Desta forma, a abordagem STEAM foi planeada como meio de traduzir conceitos éticos e científicos abstratos em experiências concretas e partilhadas, promovendo a articulação entre conhecimento, emoção e ação. O programa foi, assim, desenhado para criar oportunidades de aprendizagem integradas, em que os participantes pudessem desenvolver literacia ética, científica e socioemocional, em consonância com os objetivos da intervenção e com os referenciais internacionais de educação para a sustentabilidade e cidadania global.

Antes de delinear e implementar o programa, tornou-se necessário conhecer o ponto de partida do ensino formal no que respeita à integração da bioética e da geoética na educação em ciências. A revisão da literatura sugeria que, embora reconhecidas como áreas essenciais para a formação científica e cidadã, estas ainda não se encontravam sistematicamente representadas nos programas disciplinares (Paz & Vasconcelos, 2024; Vasconcelos & Orion, 2021; Mendonça et al., 2025). Por esse motivo, foi realizado um estudo diagnóstico junto de professores portugueses de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, de modo a caracterizar perceções, práticas e desafios associados

ao ensino da bioética e da geoética, e a garantir que as estratégias educativas delineadas fossem coerentes com as realidades e necessidades concretas do contexto escolar português.

3.3. Estudo diagnóstico: Perceções de professores de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia

Antes da implementação do programa de intervenção, foi realizado um estudo diagnóstico com o objetivo de explorar as perceções de professores de Ciências Naturais (CN) e de Biologia e Geologia (BG) sobre a integração da bioética e da geoética no ensino básico e secundário em Portugal, identificando obstáculos e potencialidades. Este estudo preliminar procurou igualmente recolher contributos que orientassem a construção dos recursos educativos da presente investigação, contribuindo, assim, para a sua pertinência pedagógica e científica. Em seguida, apresentam-se, de forma resumida, os seus principais resultados (para maior detalhe, consultar Paz & Vasconcelos, 2026).

O questionário foi originalmente aplicado via *Google Forms*, entre junho e agosto de 2023, sendo aqui apresentado em formato Word para efeitos de transparência e reprodutibilidade metodológica (Apêndice 1, página 204 a 214).

A amostra participante foi construída por 56 docentes, apresentando-se a sua caracterização na Tabela 6. A recolha de dados foi realizada através de um questionário construído pela equipa de investigação, validado por três especialistas em educação em ciências e sujeito a teste de fidelidade (teste-reteste) com um grupo piloto de três docentes com mais de 10 anos de experiência profissional. A análise dos dados permitiu identificar tendências relevantes para a compreensão do espaço real e potencial da bioética e da geoética no ensino das ciências em Portugal.

Tabela 6.

Caraterização da Amostra do Estudo Diagnóstico

Dados sociodemográficos		Professores	
		n	%
Sexo	Feminino	45	80,4
	Masculino	11	19,6
Idade (intervalo)	21-30	7	12,5
	31-40	6	10,7
	41-50	26	46,4
	51-60	12	21,4
	> 60	5	8,9
	< 5	12	21,4
Tempo serviço	5-10	1	1,8
	11-16	8	14,3
	16-20	8	14,3
	> 20	27	48,2
Formação base	Biologia	21	37,5
	Geologia	11	19,6
	Biologia e Geologia	23	41,1
	Matemática e Ciências Naturais	1	1,8
Tipo de ensino	Público	44	78,6
	Privado	12	21,4

Os participantes foram maioritariamente do sexo feminino (n=45; 80,4) e perto de metade encontrava-se na faixa de idade entre os 41 e os 50 anos (n=26; 46,4). A maioria dos professores respondentes possuíam ampla experiência de ensino, sendo que apenas 12 (n=12; 21,4%) lecionavam há menos de cinco anos e quase metade (n=27; 48,2%) exerciam a docência há mais de 20 anos. A maioria dos professores lecionava em estabelecimentos do ensino público (n=44; 78,6%).

Os resultados mostraram que, embora a bioética esteja explicitamente presente apenas no currículo da disciplina de Biologia do 12.º ano, e a geoética não seja mencionada nos documentos curriculares obrigatórios, a maioria dos docentes inquiridos indicou abordar

temas de bioética (96,4%) e geoética (85,7%) nas suas aulas. Estes temas são geralmente tratados entre três a cinco vezes por ano letivo, refletindo uma frequência ocasional, com foco em temas relacionados com a saúde, reprodução, sustentabilidade e o uso responsável dos recursos naturais.

De acordo com os docentes participantes, a seleção dos temas baseia-se, sobretudo, na proximidade com a realidade dos alunos e no desenvolvimento de competências como o pensamento crítico, a argumentação e a tomada de decisão. No que respeita às estratégias pedagógicas, os professores afirmam recorrer frequentemente a recursos multimédia, notícias e discussões em grupo, e avaliam preferencialmente os alunos através da sua participação em debates. Entre os principais constrangimentos, destacaram-se a extensão dos programas e a falta de tempo, dificultando a integração mais sistemática destes conteúdos. No plano pedagógico, os professores recorrem sobretudo a recursos multimédia, notícias e debates, privilegiando a participação dos alunos como forma de avaliação.

Relativamente à frequência de formação profissional nos temas, apenas seis docentes (10,7%) tinham frequentado formação específica em bioética e/ou geoética, sublinhando a necessidade de maior oferta nesta área.

A maioria dos docentes respondentes, (n = 32; 57,1%), considerou que os temas devem ser introduzidos desde os primeiros ciclos de ensino, pré-escolar ou 1º CEB, adaptando-se à maturidade dos alunos, enquanto apenas três participantes defenderam a sua inclusão exclusiva no ensino secundário (n=3; 5,4%).

Estes resultados sugerem a pertinência da intervenção educativa desenvolvida na presente tese, evidenciando a necessidade de recursos didáticos adequados, propostas inovadoras e formação contínua que apoiem a integração destas temáticas no ensino. Assim, o estudo diagnóstico realizado a docentes serviu de base à conceção do programa de intervenção, orientando:

- a seleção temática (por exemplo, temas relacionados com a saúde, a sustentabilidade, a justiça intergeracional ou o uso responsável de recursos);
- a aposta em estratégias como os debates, a análise de notícias reais e contextualizadas ou o *role-play*;
- a produção de materiais de apoio que otimizem o tempo letivo e facilitem a integração transversal.

3.4. Implementação do programa de intervenção: Estratégias e dinâmicas educativas

De forma geral, os participantes demonstraram elevado envolvimento nas atividades propostas, manifestando particular entusiasmo nas de carácter mais prático e colaborativo. As sessões foram planeadas de modo a combinar momentos de exploração concetual, reflexão ética e experimentação criativa, criando um equilíbrio entre pensar, fazer e sentir, conforme defendem Kolb (2015) e Larmer e colaboradores (2015) no âmbito da aprendizagem experiencial e orientada por projetos. Esta abordagem favoreceu a participação ativa dos alunos, reforçando o sentimento de pertença e o envolvimento emocional no processo de aprendizagem, fatores essenciais para a motivação intrínseca e o desenvolvimento da autonomia (Deci & Ryan, 2000).

À medida que o projeto evoluía, os recursos educativos e as estratégias pedagógicas foram sendo progressivamente aprimorados, com base na observação das reações dos participantes e na reflexão conjunta entre investigadora e educadoras. Foi evidente a necessidade de reduzir a carga teórica e aumentar a componente prática e interativa, de modo a tornar as sessões mais acessíveis, inclusivas e estimulantes. Segundo Vygotsky (1978), a aprendizagem é maximizada quando o conhecimento é construído socialmente e mediado pela interação; assim, a ênfase em atividades colaborativas e concretas permitiu situar a aprendizagem na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, respeitando o seu ritmo e contexto.

Os temas abordados foram selecionados com base em três critérios principais: (i) os resultados do estudo diagnóstico realizado junto de professores de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, que revelaram lacunas na abordagem de conteúdos éticos no ensino formal; (ii) os interesses e gostos manifestados pelos participantes, identificados em conversas exploratórias no início do projeto; e (iii) a necessidade de garantir ensino contextualizado e significativo, em consonância com os princípios de Ausubel (1968), segundo os quais o novo conhecimento é mais eficazmente aprendido quando relacionado com a experiência prévia e com situações do quotidiano. Assim, os tópicos trabalhados englobaram dilemas sobre saúde, ambiente, responsabilidade social e sustentabilidade, e foram sempre introduzidos através de situações concretas e próximas da realidade dos alunos, que serviram como ponto de partida para a reflexão ética e científica.

Deste modo, o processo de implementação foi dinâmico e interativo, marcado por momentos de ajustamento e coconstrução. À medida que o grupo se apropriava dos conceitos de bioética e geoética, as atividades tornavam-se mais complexas e abertas, privilegiando o debate, o diálogo e a deliberação coletiva. Esta evolução está alinhada com o modelo de ensino das QSC, que propõe o uso de dilemas éticos e científicos para desenvolver competências de pensamento crítico, argumentação e tomada de decisão (Sari et al., 2025; Zeidler et al., 2005; Zeidler & Nichols, 2009). Desta forma, as estratégias de ensino aplicadas foram adaptadas para estimular a reflexão moral e a tomada de decisão fundamentada, em vez de promover respostas certas ou erradas, transformando o espaço educativo num laboratório de ética participativa (Ottander & Simon, 2021).

Além disso, a integração de estratégias centradas no aluno e criativas, como o teatro educativo, a modelação, os jogos de deliberação e as atividades de *role play*, proporcionou oportunidades de aprendizagem mais diversificadas e significativas. Estas estratégias, segundo Çakici e Bayir (2012), Dillon (2013) e Falk e Dierking (2018), são fundamentais para aproximar a ciência dos contextos sociais e culturais dos alunos, promovendo aprendizagens que unem razão e emoção. O ambiente inclusivo e colaborativo criado durante a intervenção permitiu que todos os participantes se sentissem escutados, valorizados e emocionalmente envolvidos, reforçando a confiança e o sentido de pertença ao grupo. Como sublinha OECD (2019), a aprendizagem profunda e sustentável ocorre quando o aluno é participante ativo e agente das suas próprias escolhas, o que ficou patente no modo como os jovens se implicaram nas diferentes fases do projeto.

Em síntese, a implementação do programa caracterizou-se por uma abordagem flexível, reflexiva e centrada nos alunos, que combinou investigação científica, reflexão crítica e ética e expressão criativa e comunicação. O processo de ajustamento contínuo das estratégias e recursos demonstrou uma adaptação contextual bem-sucedida, orientada por princípios de aprendizagem significativa, experiencial e colaborativa, em consonância com o perfil dos participantes e os objetivos inclusivos da intervenção.

A Figura 9 sintetiza a estrutura geral da investigação, evidenciando as relações entre as diferentes fases, amostras e instrumentos de recolha de dados. Esta representação visa clarificar o percurso metodológico do estudo e a ligação entre todas as fases da investigação, desde a exploração diagnóstica até à implementação, avaliação e comunicação do impacto educativo. A análise detalhada dos resultados de cada fase é apresentada no capítulo 5.

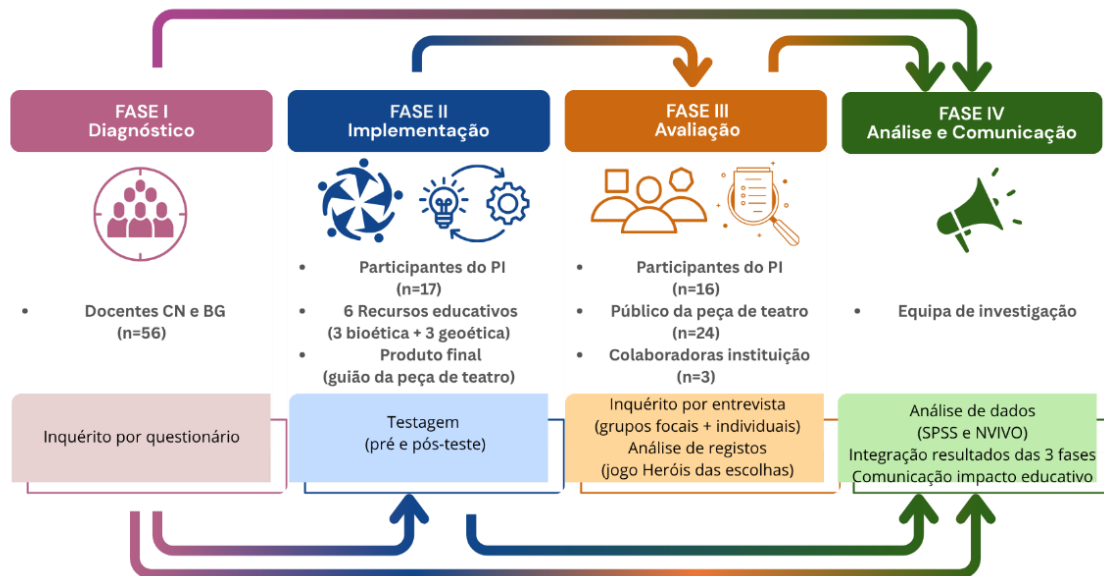


Figura 9.

Esquema Geral do Projeto de Investigação, com Indicação das Amostras e Técnicas/Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados nas Diversas Fases

O diagrama da figura 9 apresenta as quatro fases do programa: (I) Diagnóstico junto de docentes de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia; (II) Implementação com os participantes do programa, envolvendo seis recursos educativos e um produto final teatral; (III) Avaliação, que integrou participantes, público e colaboradoras da instituição; e (IV) Análise e Comunicação, fase transversal de integração e disseminação dos resultados.

Na instituição cooperante, o PI decorreu entre novembro de 2023 e julho de 2024. Nesse período, a investigadora desenvolveu as atividades com os participantes, divididos em dois grupos distintos, durante 1 hora por semana para cada grupo, excetuando os períodos de interrupções letivas correspondentes às férias de Natal, Carnaval e Páscoa. No total, cada participante teve cerca de 22 sessões de ensino não formal, num projeto intitulado “(Cons)Ciência & Cidadania: Uma questão de Bio- e de Geoética”.

O pré-teste foi aplicado no início do projeto, em novembro de 2023, e o pós-teste em maio de 2024, correspondendo a um intervalo aproximado de seis meses entre os dois momentos de recolha de dados. A peça de teatro foi apresentada à comunidade educativa da instituição no dia 5 de julho. Após esta atividade, as crianças e jovens que assistiram ao teatro participaram na atividade lúdica Bio & Geo-Heróis. Na semana seguinte, 8 dias depois, foram realizadas as entrevistas em grupos focais (aos

participantes e aos espetadores da peça de teatro) e as entrevistas individuais. A Figura 10 ilustra a linha temporal do programa de intervenção desenvolvido na instituição cooperante, entre novembro de 2023 e julho de 2024.



Figura 10.

Principais Etapas do Programa de Intervenção Desenvolvidas na Instituição Cooperante

3.5. Desenvolvimento dos recursos educativos

Com o objetivo de operacionalizar a aprendizagem de Bioética e de Geoética, foram concebidos recursos educativos específicos que proporcionassem aos alunos a oportunidade de refletir, debater e agir sobre questões contemporâneas relevantes.

Foram desenvolvidos três recursos educativos centrados em dilemas bioéticos contemporâneos, e outros três recursos baseados em dilemas geoéticos:

- I. Limites da Biotecnologia na Ciência: Este recurso explora os dilemas associados à utilização da biotecnologia para a revivificação de espécies extintas, questionando as implicações ecológicas, éticas e sociais de tais práticas. Problematizações como "Devemos trazer de volta os dinossauros?" ou "Quem decide que espécies merecem regressar?" foram usadas para estimular o pensamento crítico e ético dos estudantes (Apêndice 10, página 291 a 300).
- III. Consentimento Informado: Inspirado no caso real de Henrietta Lacks e das células HeLa, este recurso leva os alunos a refletirem sobre o direito à privacidade, à informação e ao consentimento na investigação biomédica, reforçando a centralidade da dignidade humana nas práticas científicas (Apêndice 12, página 310 a 318).
- V. Experimentação Animal e Inteligência Artificial na Medicina: Este recurso propõe um debate sobre os limites éticos da investigação científica, abordando o uso de animais em experimentação e a utilização de inteligência artificial em

diagnósticos médicos, colocando os estudantes perante dilemas entre avanços científicos e o respeito pela vida (Apêndice 14, página 326 a 333).

- II. Mineração Submarina: Este recurso analisa o impacto ambiental, económico e social da exploração mineral do fundo oceânico, confrontando os alunos com dilemas entre a transição energética e a preservação do ecossistema marinho (Apêndice 11, página 301 a 309).
- IV. Responsabilidade em Cenários de Sismos: A partir de uma atividade de modelação, os alunos são convidados a refletir sobre o papel dos geocientistas na mitigação de riscos sísmicos e na proteção de comunidades vulneráveis, sublinhando a dimensão ética da previsão e da prevenção (Apêndice 13, página 319 a 325).
- VI. Mitigação de Desastres Naturais – Inundações: Recorrendo à análise de uma situação concreta, este recurso centra-se na análise de estratégias de redução de riscos de inundações, considerando as responsabilidades técnicas, políticas e sociais na salvaguarda da gestão do território e das populações (Apêndice 15, página 334 a 342).

Todos os recursos foram desenhados com a preocupação de: (i) articular conhecimento científico e reflexão ética; (ii) promover a argumentação baseada em evidências; (iii) estimular a participação crítica e a ação responsável; (iv) alinhar os conteúdos com as Aprendizagens Essenciais de Ciências Naturais e Biologia e Geologia (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e, 2018f, 2018g); (v) recorrer a diversas estratégias educativas no âmbito de uma abordagem STEAM.

Os recursos educativos (RE) foram concebidos como módulos interligados de um percurso pedagógico centrado na reflexão ética aplicada às ciências. Cada módulo abordou um dilema específico relacionado com a bioética ou a geoética, procurando articular conhecimentos científicos com questões de valores, cidadania e sustentabilidade. Os recursos foram desenvolvidos progressivamente ao longo do projeto, com base na observação do envolvimento dos participantes e na adaptação das estratégias pedagógicas descritas na secção anterior. A intencionalidade educativa esteve presente em todas as etapas: desde a escolha dos temas até ao formato das atividades.

Os temas selecionados resultaram da conjugação de três critérios principais: (i) os resultados do estudo diagnóstico aplicado a professores, que identificaram lacunas na

abordagem da bioética e da geoética no ensino formal; (ii) os interesses manifestos pelos participantes, recolhidos nas primeiras sessões exploratórias; e (iii) a pertinência dos temas no quadro da Educação para a Sustentabilidade e da Cidadania Científica. Esta triangulação assegurou a relevância dos conteúdos e a sua adequação ao contexto educativo da instituição.

Cada recurso combinou componentes cognitivas, éticas e expressivas, incorporando estratégias como *role-play*, modelação, debates, jogos, análise de casos e atividades práticas. Estas permitiram abordar os dilemas de forma experiencial e participativa, fomentando o desenvolvimento do pensamento crítico e a capacidade de argumentação moral, dimensões fundamentais da aprendizagem baseada em problemas e projetos (Larmer et al., 2015; Kolb, 2015). Assim, cada módulo funcionou como um microambiente de deliberação, no qual os alunos assumiram papéis, tomaram decisões e refletiram sobre as implicações das suas escolhas.

A Figura 11 apresenta, de forma resumida, os seis recursos educativos concebidos e aplicados ao longo da intervenção, organizados segundo os temas centrais da bioética e da geoética, bem como as estratégias educativas utilizadas, apresentadas sob a forma de ícones visuais.

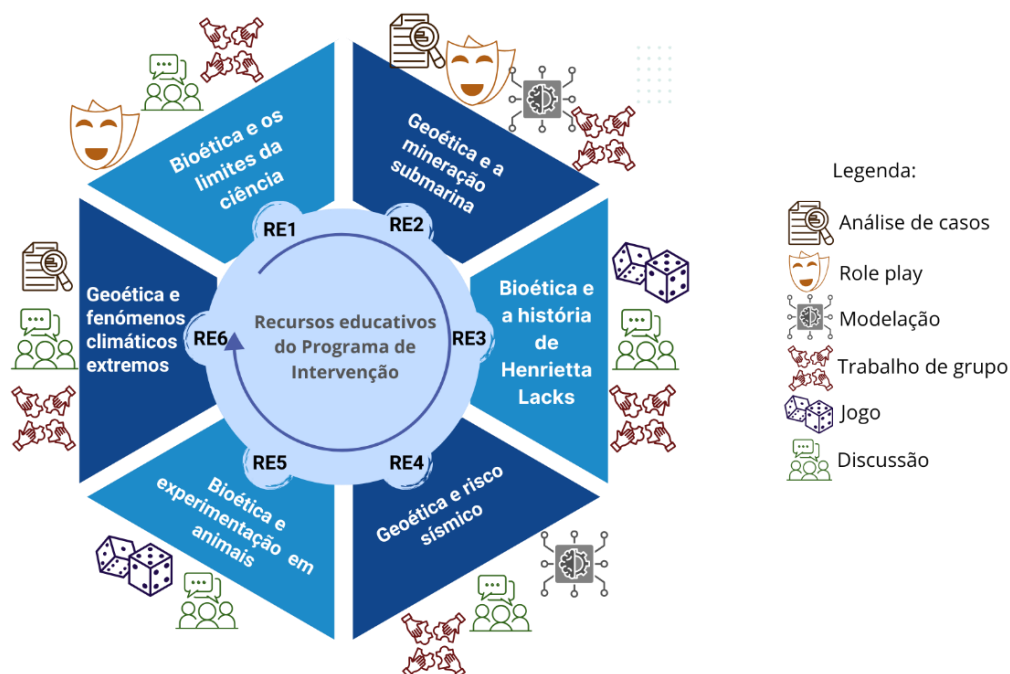


Figura 11.

Esquema dos Recursos Educativos Aplicados no Programa de Intervenção e das Respetivas Estratégias Educativas

Nota. Cada ícone representa as principais estratégias implementadas em cada recurso educativo.

A sequência representada na Figura 11 evidencia uma progressão pedagógica estruturada do pensamento ético à ação ética, partindo de questões de natureza biológica e social (bioética) para dilemas ambientais e geocientíficos (geoética). Os seis recursos foram propositadamente organizados de forma alternada entre temas de bioética e de geoética, permitindo que os conceitos fossem progressivamente construídos e interligados pelos participantes. Esta alternância intencional favoreceu a transferência de princípios éticos comuns, como a responsabilidade, a justiça e o respeito pela vida, de um domínio para o outro, reforçando a perceção da interdependência entre os sistemas vivos e o Sistema Terra.

Esta organização modular promoveu uma visão holística da ética aplicada às ciências, em que o raciocínio moral se estende das decisões individuais e biomédicas (como o uso de biotecnologias ou a experimentação animal) até à reflexão sobre o impacto coletivo e planetário das ações humanas (como a mineração submarina, os sismos e as alterações climáticas). Esta abordagem está alinhada com os princípios da Educação para o Desenvolvimento Sustentável e com a abordagem sistémica do planeta Terra (Vasconcelos & Orion, 2021), segundo o qual a compreensão ética e científica deve ser desenvolvida de forma integrada e contextualizada.

A estrutura progressiva e alternada dos módulos também reflete os pressupostos do construtivismo social, ao valorizar a aprendizagem como um processo de coconstrução de significados através da experiência e do diálogo (Vygotsky, 1978; Bruner, 1996). Assim, cada recurso educativo funcionou não apenas como um meio de transmissão de conhecimento, mas como um dispositivo de reflexão e deliberação ética, onde os alunos mobilizaram raciocínio científico, pensamento crítico e sensibilidade moral para resolver questões complexas do mundo real. Este modelo de intervenção pedagógica reforça o papel da Educação em Ciências como promotora de cidadania responsável, em consonância com o *OECD Learning Compass 2030* (OECD, 2019) e o referencial europeu *GreenComp* (Bianchi et al., 2022).

A operacionalização do modelo STEAM no presente programa concretizou-se de forma transversal, articulando os cinco domínios, Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, em coerência com os princípios do ensino orientado para a aprendizagem por projetos. A dimensão científica (S) esteve presente em todos os recursos educativos, ao abordar dilemas reais das ciências da vida e da Terra e ao promover o raciocínio baseado em evidências e a deliberação ética informada. A vertente tecnológica (T) foi explorada de forma diversificada, através da utilização de telemóveis e aplicações digitais que apoiaram a pesquisa e a experimentação: leitura de QR codes

para aceder a conteúdos complementares, visualização de vídeos e animações, participação em jogos interativos no *Kahoot*, resolução de dilemas em formato *escape room* e uso de aplicações de simulação sísmica (ondas P e S). Estas ferramentas digitais potenciaram a aprendizagem ativa e a literacia tecnológica, reforçando o papel da tecnologia como mediadora entre o conhecimento científico e a ação responsável. A componente de engenharia (E) manifestou-se sobretudo nas atividades de modelação e simulação, em que os participantes construíram e testaram soluções práticas para desafios geocientíficos e ambientais, explorando os princípios da previsão, mitigação e sustentabilidade. A dimensão artística (A) foi especialmente valorizada na fase final do projeto, com a criação e apresentação da peça de teatro “(Cons)Ciência & Cidadania: uma questão de bio e de geoética”, onde os participantes transformaram conceitos científicos e éticos numa dramatização acessível aos colegas mais novos, reforçando o carácter comunicativo, emocional e inclusivo da ciência. Já a vertente matemática (M), embora menos explícita, esteve presente nas atividades que implicaram operações numéricas, raciocínio quantitativo, análise de proporções e interpretação de probabilidades, nomeadamente nos recursos sobre consentimento informado e riscos sísmicos (RE3 e RE4).

Mais do que a aplicação isolada dos cinco domínios, a abordagem STEAM foi entendida como um quadro integrador de práticas e saberes, que orientou a seleção e combinação das estratégias pedagógicas (*role-play*, modelação, debate, dramatização, jogo e análise de casos). Esta abordagem pluriestratégica proporcionou aos participantes oportunidades para pensar, sentir e agir eticamente através da ciência, promovendo o desenvolvimento simultâneo de competências cognitivas, socioemocionais e de cidadania participativa, em consonância com os referenciais internacionais e a literatura da especialidade (OECD, 2019; Vasconcelos & Orion, 2021; Bianchi et al., 2022).

A Tabela 7 apresenta de forma resumida a correspondência entre os domínios do modelo STEAM e os recursos educativos desenvolvidos no programa de intervenção. Esta organização evidencia a natureza integrada e pluriestratégica da abordagem, na qual ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática se articularam para promover aprendizagens significativas e interdisciplinares. Cada domínio foi operacionalizado em atividades concretas, ajustadas à faixa etária e ao contexto dos participantes.

Tabela 7.

Correspondência entre os Domínios STEAM e os Recursos Educativos do Programa de Intervenção

Domínio STEAM	Descrição	RE contemplados
Ciência (Science)	Exploração de dilemas científicos relacionados com biotecnologia, saúde, uso de recursos e riscos geológicos.	Todos os RE elaborados.
Tecnologia (Technology)	Uso de ferramentas digitais, tais como: QR codes, vídeos, <i>Kahoot!</i> , <i>escape room</i> digital, aplicação de simulação sísmica.	RE1, RE2, RE3, RE4, RE6.
Engenharia (Engineering)	Construção de estruturas anti-sísmicas com recurso a materiais simples.	RE4.
Arte (Arts)	Comunicação através da escrita e dramatização da peça de teatro..	Produto final – peça de teatro.
Matemática (Mathematics)	Resolução de cálculos no <i>escape room</i> e raciocínio geométrico na construção sísmica.	RE3, RE4.

A análise da Tabela 7 permite observar que o modelo STEAM foi operacionalizado de forma transversal e intencional em todo o programa de intervenção, não como uma simples soma de componentes, mas como uma estrutura integrada de ensino e aprendizagem. A inclusão da tecnologia e da engenharia em atividades práticas, aliadas à exploração científica e à expressão artística, favoreceu a interdisciplinaridade e a ligação entre conceitos abstratos e experiências concretas. A dramatização, enquanto componente artística central, potenciou a tradução simbólica dos dilemas éticos, permitindo que os participantes expressassem ideias e emoções em formatos criativos e acessíveis. De igual modo, o uso de ferramentas digitais — como *QR codes*, jogos interativos e simulações — reforçou a motivação, a autonomia e a literacia tecnológica dos alunos. Esta integração equilibrada dos cinco domínios STEAM contribuiu para a construção de uma aprendizagem ética, participativa e transformadora, em consonância com os princípios da educação científica orientada para a sustentabilidade e a cidadania global (OECD, 2019; Bianchi et al., 2022).

Para resumir, a Tabela 8 apresenta uma síntese comparativa dos seis recursos educativos desenvolvidos no âmbito do programa de intervenção.

Tabela 8.

Síntese Comparativa dos Seis Recursos Educativos Desenvolvidos no Programa de Intervenção

Recurso educativo	Tema central	Problema sociocientífico	Dimensão ética dominante	Competências mobilizadas	Estratégia principal
RE 1	Desextinção de espécies	Desextinção vs conservação	Bioética	Pensamento crítico; argumentação; pensamento sistémico, deliberação.	<i>Role-play</i> ; discussão
RE 2	Mineração do fundo do mar	Necessidade de novas fontes de energia vs exploração de recursos	Geoética	Pensamento crítico, pensamento sistémico, antecipação, argumentação, deliberação.	Modelação; <i>Role play</i>
RE 3	Consentimento informado em medicina	Desenvolvimento científico e tecnológico vs consentimento informado e justiça em medicina.	Bioética	Pensamento crítico.	Jogo
RE 4	Risco sísmico	Atividade profissional vs ética	Geoética	Pensamento crítico, pensamento sistémico, deliberação.	Modelação
RE 5	Animais na investigação científica	Desenvolvimento científico vs bem estar animal.	Bioética	Pensamento crítico, deliberação.	Atividade prática
RE 6	Fenómenos climáticos extremos	Alterações climáticas vs fenómenos climáticos extremos	Geoética	Pensamento crítico, pensamento sistémico, antecipação.	Análise de casos reais

A tabela evidencia a coerência pedagógica entre as atividades, bem como a diversidade de temas, metodologias e formas de participação propostas, todas alinhadas com o modelo concetual da (Cons)Ciência & Cidadania. Em conjunto, os recursos mobilizam diferentes dimensões da LC, integrando reflexão ética, pensamento sistémico e capacidade de ação informada em contextos sociocientíficos complexos.

3.6. O produto final do projeto: Da peça de teatro à cidadania participativa

A opção dos participantes por criar uma peça de teatro como produto final do projeto constituiu um exercício genuíno de cidadania participativa, uma vez que foram eles próprios a decidir o formato, o conteúdo e a finalidade social da sua ação. Ao escolherem o teatro, os alunos não apenas sintetizaram o conhecimento científico adquirido, como também o traduziram em narrativa pública, assumindo papéis de autoria, interpretação e comunicação da aprendizagem, dimensões centrais da LC e cidadã (Verhoeff, 2017). Simultaneamente, a literatura sobre EOAPj refere a importância de envolver os participantes na escolha do projeto, de forma a maximizar o seu envolvimento e motivação (Geurts et al., 2025).

Enquanto as duas atividades de *role play* integradas nos recursos educativos foram concebidas para funcionar como simulações breves orientadas para a exploração de conceitos e dilemas científicos e éticos, a criação de uma peça original implicou processos mais profundos de deliberação, negociação e expressão coletiva. Este tipo de dramatização aproxima-se do que Varelas e colaboradores (2022) designam por teatro como aprendizagem investigativa, em que a representação teatral se torna simultaneamente meio e fim do processo educativo: os alunos constroem sentido, interpelam problemas sociais e científicos e refletem sobre as suas próprias posições éticas no interior da história que constroem.

O processo de escrita do guião exigiu dos alunos uma articulação entre conhecimento científico, contexto social e valores, permitindo corporizar o discurso científico através de personagens, conflitos e soluções alternativas (Dorion, 2009; Braund, 2015). A redação final do guião foi realizada pela equipa de investigação, integrando sugestões dos participantes, nomeadamente nas passagens com humor, nas opções musicais e nas referências culturais próximas do seu quotidiano. Assim, o guião teatral funcionou como um texto híbrido entre ciência e ética, no qual a argumentação científica se combina com o discurso moral e emocional, um espaço que Kotler e colaboradores (2024) descrevem como essencial para uma ciência centrada na justiça, onde a imaginação dramática é motor de agência e empatia.

A encenação perante os colegas reforçou essa dimensão pública e dialógica da aprendizagem: os alunos tornaram-se mediadores de conhecimento e agentes de comunicação social da ciência. A dramatização final assumiu o papel de um fórum de

aprendizagem, em que o público foi convidado a refletir, questionar e, em certos momentos, a intervir simbolicamente no desenrolar da ação (McSharry & Jones, 2000; Lee & Song, 2022). Este formato concretiza a visão de Verhoeff (2017) sobre o drama como espaço de investigação de questões sociocientíficas, um campo onde o conhecimento científico se cruza com valores e decisões com impacto social.

O uso do teatro no projeto não se limitou a uma decisão de estratégia educativa, mas antes configurou-se como um ato de cidadania educativa. Ao decidir o formato, coconstruir o guião e apresentar a peça, os estudantes transformaram-se em autores de um discurso social sobre a ciência, exercendo o direito de participar e decidir sobre temas coletivos. O teatro, neste contexto, foi simultaneamente metodologia e manifestação de agência, convertendo o saber científico em prática cultural e ética, em coerência com os princípios da educação para a cidadania global e com a tradição da Educação em Ciências orientada para a ação (Braund, 2015; De Vries, 2020).

Diversos estudos contemporâneos demonstram que a dramatização e o drama criativo constituem ferramentas pedagógicas eficazes para promover compreensão de conceitos e motivação (Hendrix et al., 2012; Huang et al., 2024; Kolovou & Kim, 2020; Namyssova et al., 2023), bem como pensamento crítico e reflexão ética (Heras et al., 2020; Ruiz-Mallén et al., 2018; Tshuma & Nyamupangedengu, 2024; Verhoeff, 2017). Através da encenação, os alunos tornam-se agentes ativos da aprendizagem, integrando dimensões cognitivas, emocionais e sociais num mesmo processo educativo (Archilla et al., 2022; Braund, 2015; Dorion, 2009; Massó-Guijarro et al., 2021; Varelas et al., 2022).

Empiricamente, Hendrix e colaboradores (2012) evidenciaram que a integração do teatro em programas de aprendizagem orientada para a investigação resultou em ganhos conceituais significativos e numa compreensão mais profunda de conceitos científicos abstratos. De forma convergente, Lin e colaboradores (2023) mostraram que a combinação entre o teatro e a aprendizagem orientada para a investigação reforça a participação, a curiosidade e a autonomia dos alunos, ao mesmo tempo que estimula a comunicação e o raciocínio crítico.

Outros estudos de carácter participativo, destacam que o teatro pode constituir-se como um laboratório social e ético, favorecendo o desenvolvimento da empatia, do pensamento sistémico e da LC crítica, sobretudo quando envolve os jovens na construção das narrativas e na escolha dos temas científicos abordados (Heras et al., 2020; Varelas et al., 2022).

Assim, a opção dos participantes do presente projeto por criar uma peça de teatro como produto final encontra sólida fundamentação teórica e empírica: o teatro, quando integrado em contextos de aprendizagem científica, potencia a apropriação do conhecimento, a expressão criativa e o exercício da cidadania participativa, articulando ciência, ética e arte num mesmo ato educativo (Braund, 2015; Ruiz-Mallén et al., 2018; Varelas et al., 2022; Verhoeff, 2017; Wrentschur et al., 2024).

3.6.1 Conceção e desenvolvimento do guião da peça de teatro

O desenvolvimento da peça de teatro decorreu ao longo de várias sessões de trabalho colaborativo, que articularam reflexão ética, investigação e criação artística. O processo iniciou-se com sessões de discussão de ideias, nas quais os participantes identificaram os temas científicos e sociais que mais os mobilizavam, nomeadamente a investigação científica em animais, as alterações climáticas e a exploração de recursos naturais. Estes momentos de escuta ativa e partilha foram intencionais, com o propósito de que os estudantes percecionassem o projeto como expressão autêntica das suas preocupações (Kotler, 2024).

A equipa organizou-se em grupos de trabalho responsáveis pela seleção final de temas, pela produção de passagens do guião (com especial incidência nas de cariz humorístico), pela conceção do cenário e pela preparação da encenação. Esta estrutura favoreceu interdependência positiva e corresponsabilidade, princípios centrais em pedagogias colaborativas com intencionalidade ética (Braund, 2015; Varelas et al., 2022). A escrita do guião constituiu o núcleo criativo e educativo: os alunos transformaram os conhecimentos científicos e os dados trabalhados nos recursos em diálogos dramatizados, criando personagens que materializavam diferentes perspetivas, como o cientista, o cidadão, o empresário, o ativista ou a cobaia, e abrindo espaço à exploração de múltiplos pontos de vista (Dorion, 2009). A redação final do guião foi realizada pela investigadora, integrando as propostas dos estudantes, sobretudo nas opções de humor, nas referências musicais e nas alusões culturais próximas do seu quotidiano.

A orientação pedagógica assumiu o teatro como aprendizagem investigativa: a ação dramática não se limitou a comunicar ideias, mas funcionou como ferramenta de investigação de questões sociocientíficas e de construção partilhada de sentido (Verhoeff, 2017). A utilização de narrativas ficcionais como recurso privilegiado para explorar dilemas morais complexos, antecipar consequências e estimular a imaginação

ética (Gordijn & ten Have, 2018). As cenas foram discutidas, reescritas e ensaiadas à medida que emergiam novos argumentos e evidências, num ciclo iterativo que integrou emoção, raciocínio crítico e imaginação científica (Lee & Song, 2022).

Durante os ensaios, valorizou-se a linguagem corporal e a expressão simbólica, facilitando a tradução de conceitos em imagens concretas e sensoriais. O movimento coletivo dos atores representou processos naturais (por exemplo, a circulação da água ou o fluxo de energia) e dilemas éticos (como a tensão entre progresso e conservação), o que favoreceu a compreensão concetual e estimulou a empatia cognitiva (McSharry & Jones, 2000; Braund, 2015).

Na apresentação final, realizada diante de colegas e professores, a peça assumiu o papel de um fórum de aprendizagem. O público foi convidado a refletir, questionar e intervir simbolicamente no desenrolar da ação, em consonância com o princípio do teatro-fórum, amplamente aplicado na educação em ciências por promover deliberação crítica e envolvimento social (Varelas et al., 2022).

A peça “(Cons)Ciência & Cidadania: Uma questão de Bio e de Geoética” estruturou-se em três atos, combinando narração, julgamentos simbólicos e interação direta com o público. Os temas abordados incidiram sobre:

- Bioética - dilemas da experimentação animal, inovação biomédica e respeito pelos direitos humanos e pelos seres vivos;
- Geoética - exploração de recursos, sustentabilidade e responsabilidade intergeracional;
- Cidadania participativa - incentivo à reflexão e à tomada de decisão informada por parte do público mais jovem.

A narrativa desenvolveu dois julgamentos simbólicos: (i) o julgamento de um cientista, acusado de desrespeitar princípios bioéticos; e (ii) o julgamento da Humanidade, avaliada pelos seus comportamentos e pelo impacto no Sistema Terra. Em ambos os casos, o veredito final foi entregue ao público, que utilizou placas com *emojis* (feliz, triste, indeciso) para expressar juízos éticos, num exercício de cidadania deliberativa adequado à sua faixa etária.

Na secção seguinte (3.6.2), discute-se o potencial educativo do guião enquanto recurso replicável em diferentes contextos.

3.6.2. O guião da peça de teatro como recurso educativo

O guião teatral desenvolvido pela equipa de investigação e participantes do projeto representa não apenas o registo criativo da peça, mas também um recurso educativo com elevado potencial de transferência e replicabilidade. A sua conceção colaborativa, baseada na investigação científica, no diálogo ético e na criação narrativa, permitiu condensar, num único documento, os principais conceitos científicos, dilemas sociocientíficos e princípios de cidadania participativa trabalhados ao longo do programa de intervenção. Tal como defendem Verhoeff (2017) e Varelas e colaboradores (2022), os guiões teatrais elaborados em contextos de teatro como aprendizagem investigativa constituem ferramentas didáticas valiosas para promover pensamento crítico e a capacidade de decisão, estimulando os estudantes a interrogar as relações entre ciência, sociedade e valores.

No contexto deste projeto, o guião funcionou como uma síntese de aprendizagem interdisciplinar, articulando a linguagem das ciências com a da ética e da arte. A estrutura dialógica e narrativa do texto dramático permitiu que os participantes construíssem personagens representativas de diversas perspetivas, científica, social, ambiental e moral, promovendo a compreensão de múltiplos pontos de vista e o desenvolvimento da empatia cognitiva, dimensões essenciais à educação ética e à LC (Dorion, 2009; Braund, 2015). Esta integração de dimensões cognitivas, afetivas e sociais converge com o que Lee e Song (2022) designam por abordagens pedagógicas baseadas no teatro, nas quais a encenação e o texto funcionam como dispositivos mediadores de raciocínio científico, comunicação e reflexão ética.

Além do seu valor formativo para os autores da peça, o guião apresenta potencial de reutilização pedagógica em contextos formais e não formais de ensino, podendo ser adaptado a diferentes níveis etários e temáticos. A clareza das falas, o caráter argumentativo das interações e a presença de dilemas abertos fazem deste guião uma ferramenta flexível para o ensino por problemas e dilemas sociocientíficos. Os professores poderão utilizá-lo como base para leituras dramatizadas, debates éticos ou como modelo para criação de novas peças, adaptadas à realidade das suas turmas. Esta abordagem está alinhada com o que Braund (2015) e Kotler (2024) descrevem como uma educação centrada na justiça e na responsabilidade, em que a dramatização atua como meio de expressão ética e agente de transformação social. Neste sentido, o teatro não é apenas um meio de comunicação do conhecimento científico, mas um dispositivo epistemológico que permite explorar cenários possíveis, testar argumentos

e tornar visíveis conflitos éticos que dificilmente emergiriam em formatos discursivos tradicionais (Kotler, 2024; Varelas et al., 2022; Verhoeff, 2017).

Assim, o guião teatral criado no âmbito deste programa transcende o seu papel como produto final, assumindo-se como um recurso educativo versátil, passível de ser explorado, reinterpretado e reencenado por outros grupos e em diversos contextos. A sua utilização em práticas pedagógicas futuras poderá favorecer a participação ativa, estimular a argumentação fundamentada e promover a consciencialização ética e ambiental, contribuindo para uma educação científica mais humana, reflexiva e socialmente comprometida.

Para além da construção dramatúrgica da peça, a intervenção integrou uma dimensão musical e coreográfica com forte intencionalidade pedagógica. Os participantes construíram coletivamente uma letra de música adaptada a partir de uma canção conhecida do seu repertório cultural, escolhida pelos próprios alunos, o que contribuiu para reforçar o envolvimento, o sentido de pertença e a identificação com a atividade.

A letra foi elaborada pela investigadora, em articulação com os temas centrais da peça, incorporando conceitos e mensagens associadas à bioética e à geoética, nomeadamente respeito pela vida, responsabilidade de todos nas decisões, cuidado com o planeta, justiça intergeracional e ação coletiva. Esta opção permitiu assegurar coerência concetual e alinhamento com os objetivos educativos da intervenção, ao mesmo tempo que preservou a dimensão lúdica e expressiva da atividade.

A música e a coreografia foram integradas no momento final da peça, envolvendo todos os participantes em cena e promovendo uma experiência coletiva de encerramento marcada pela participação ativa, pela expressão corporal e pela celebração partilhada. Este momento final funcionou não apenas como elemento performativo, mas também como estratégia de consolidação simbólica das mensagens éticas trabalhadas ao longo da intervenção, favorecendo a apropriação afetiva e memorável dos conteúdos abordados. A integração da música e da dança reforçou, assim, a intervenção educativa, articulando linguagem verbal, corporal e emocional, e contribuindo para criar um ambiente pedagógico seguro e significativo, particularmente relevante em contextos de educação não formal e de intervenção com crianças e jovens.

A versão final deste produto e recurso educativo encontra-se no apêndice 7 (páginas 266 a 287).

Finalmente, na secção seguinte, apresenta-se a atividade de interação com o público, concebida como extensão pedagógica da peça e instrumento complementar de recolha de dados.

3.6.3. Atividade lúdica com o público: Bio & Geo-Heróis

Após a apresentação da peça de teatro, foi dinamizada uma atividade de continuidade intitulada Bio e Geo-heróis, concebida para envolver o público infantil num exercício de tomada de posição ética sobre dilemas inspirados na narrativa teatral. Esta atividade funcionou simultaneamente como avaliação formativa e extensão da aprendizagem, articulando dimensões cognitivas, afetivas e morais, um procedimento coerente com o modelo de aprendizagem experiencial e participativa defendido por Braund (2015), Dorion (2009) e Verhoeff (2017), que destacam o papel do diálogo e da ação coletiva na consolidação de valores científicos e sociais.

Embora mantivesse uma dimensão lúdica, o propósito central da atividade foi ético e reflexivo, procurando auscultar as opiniões das crianças do público sobre questões de bioética e geoética. Através desta atividade, pretendeu-se cumprir os seguintes objetivos pedagógicos

- Consolidar as aprendizagens promovidas pela peça;
- Estimular a reflexão bioética e geoética adaptada à faixa etária;
- Promover a tomada de decisão consciente e argumentada;
- Fomentar a inclusão e o diálogo intergeracional entre participantes de idades distintas.

Para tal, foram utilizadas placas coloridas com *emojis* (verde = concordo; amarela = tenho dúvidas; vermelha = não concordo), conforme se ilustra na Figura 12.



Figura 12.

Placas Fornecidas ao Público para a Atividade Lúdica: Bio e Geo-heróis

O narrador apresentava um conjunto de dez afirmações relacionadas com justiça social, consumo sustentável, bem-estar animal, uso responsável da energia e respeito pelo consentimento informado, todas elas ancoradas nos temas centrais da peça e operacionalizadas a partir de princípios bioéticos e geoéticos. Após cada uma das afirmações/questões apresentadas, cada criança era convidada a levantar a placa correspondente à sua posição, produzindo uma resposta coletiva, imediata e visualmente expressiva. Este procedimento permitiu não apenas tornar visíveis as posições do grupo, mas também legitimar a diversidade de respostas e introduzir a dúvida como elemento aceitável do processo de reflexão ética. A atividade criou, assim, um espaço seguro de expressão, no qual o desacordo, a incerteza e a concordância puderam coexistir, constituindo pontos de partida para a reflexão e o diálogo.

A Tabela 9 apresenta as afirmações/questões apresentadas, bem como os objetivos da investigação referentes a cada uma delas.

Tabela 9.

Afirmações e Questões Apresentadas na Atividade Lúdica Bio e Geo-heróis e Respetivos Objetivos Associados

Afirmação/Questão	Objetivo
1. A bioética ensina-nos que todos têm direito a tratamento justo e igual no hospital, independentemente de quem são. Se um hospital decidir tratar apenas pessoas famosas e ignorar as outras pessoas que não são conhecidas, isso é uma prática bioética?	Avaliar a compreensão das crianças sobre o princípio da justiça e equidade no acesso à saúde.
2. A geoética ensina-nos a proteger o nosso planeta. Se comprarmos embalagens de gelado familiar e pacotes de bolachas grandes, em vez de gelados e bolachas embalados individualmente (que utilizam mais plástico), estamos a ter um comportamento geoético?	Analisar se as crianças reconhecem a relação entre escolhas de consumo individuais e o contributo para a sustentabilidade ambiental.
3. Segundo a bioética, um cientista deve realizar experiências para descobrir novos medicamentos em animais, sem ter em atenção o seu bem-estar e o nível de sofrimento.	Explorar a perceção das crianças sobre o bem-estar animal e os limites éticos da investigação científica.
4. Se plantarmos mais árvores nas cidades, de forma a compensar a construção de mais casas e estradas, estamos a seguir os princípios da geoética?	Verificar a capacidade das crianças de identificar ações de mitigação ambiental como práticas de geoética.
5. Usar energias renováveis, como a solar e a eólica, em vez de usarmos fontes de energia, como a gasolina e o carvão, que poluem o ambiente, é uma boa prática de acordo com a geoética?	Avaliar se as crianças reconhecem a ligação entre o uso de fontes de energia sustentáveis e a proteção ambiental.
6. Na escola, se tratarmos todos os colegas com respeito e ajudarmos quem precisa, estamos a seguir os princípios da bioética?	Analisar a valorização de princípios de respeito e solidariedade no quotidiano escolar.
7. Se uma empresa despejar resíduos tóxicos num rio, sem os tratar, causando a morte de peixes e prejudicando a água potável, isso é uma prática de geoética?	Explorar a compreensão das crianças sobre as implicações negativas da poluição industrial para os ecossistemas e a saúde humana.
8. Do ponto de vista da bioética, é correto uma escola realizar uma investigação sobre a saúde dos alunos sem pedir permissão aos pais e aos próprios alunos.	Avaliar a perceção das crianças sobre a importância do consentimento informado em contextos de investigação.
9. Aprender sobre os impactos dos resíduos eletrónicos (telemóveis, tablets, computadores) para a saúde humana e para meio ambiente, e sobre a importância da sua reciclagem, contribui para comportamentos mais bioéticos e geoéticos?	Aferir a capacidade das crianças de reconhecerem questões complexas, envolvendo dimensões bioéticas e geoéticas e exigindo a ponderação de valores em conflito.
10. Quando um cientista realiza investigação sobre uma nova vacina, utilizando métodos e substâncias que poluem os solos e as águas, está a ter um comportamento bioético e geoético?	

Deste modo, a atividade Bio & Geo-Heróis ultrapassou a função de mero complemento lúdico, afirmando-se como um dispositivo educativo que promoveu a participação ativa, a tomada de posição e a consciência ética inicial, mesmo em idades precoces. Os procedimentos específicos de observação, registo e análise dos resultados encontram-se descritos nos Capítulos 4, Metodologia de Investigação (página 94 a 121) e 5, Análise e Discussão dos Resultados (página 122 a 171). O guião completo da atividade encontra-se disponível em anexo (Apêndice 8, páginas 288 e 289).

Capítulo 4. Metodologia de investigação

Este capítulo é dedicado à apresentação da metodologia de investigação e encontra-se dividido em seis subcapítulos. Estes incluem a classificação da investigação (4.1), a caracterização da amostra participante (4.2), a identificação das técnicas e dos instrumentos de recolha de dados (4.3), a avaliação da sua validade e fidelidade (4.4). Por fim, indicam-se as técnicas de análise e tratamento dos dados (4.5), terminando com as questões de ética associadas à investigação (4.6).

Esta organização confere transparência, rigor e reprodutibilidade ao estudo, permitindo compreender de que modo as escolhas metodológicas sustentam as análises e conclusões apresentadas nos capítulos subsequentes.

Partindo do referencial teórico apresentado, esta investigação pretendeu avaliar se as atividades de educação não formal, realizadas em contexto de um projeto em ambiente não formal, desenvolveram aprendizagens sobre bioética e geoética e analisar a sua potencialidade na promoção de uma cidadania participativa.

Em termos gerais, esta investigação assumiu a forma de um estudo de caso de natureza exploratória e interpretativa, com recurso a métodos mistos, centrado na implementação e análise de um programa de intervenção em contexto de educação não formal.

O desenho metodológico articula quatro níveis de análise: (i) um estudo diagnóstico com professores do ensino formal; (ii) aprendizagens desenvolvidas pelos participantes diretos; (iii) impacto educativo do produto final junto do público mais jovem (espetadores da peça de teatro); (iv) perceções das profissionais da instituição sobre o projeto.

4.1. Classificação da investigação

A investigação emerge da intenção de compreender e explicar fenómenos específicos, recorrendo à formulação de questões de estudo e à recolha e análise sistemática de dados que permitam obter respostas fundamentadas. Segundo Gay et al. (2012), a investigação em educação consiste na aplicação formal e sistemática do método científico ao estudo de problemas educacionais, visando descrever, explicar, prever ou controlar fenómenos, contribuindo para o avanço do conhecimento na área (Bryman, 2016).

A presente investigação adota uma abordagem metodológica mista, predominantemente qualitativa, associando as potencialidades de métodos qualitativos e quantitativos de forma complementar (Coutinho, 2018; Gay et al., 2012). Esta opção garante maior legitimidade e relevância à investigação, ao combinar a profundidade interpretativa com a objetividade analítica.

O estudo enquadra-se na estratégia do estudo de caso, de natureza exploratória, descritiva e interpretativa. Esta escolha revela-se especialmente adequada porque se pretende compreender, em profundidade, a integração curricular da bioética e da geoética através de práticas de ensino não formal, num contexto delimitado e real, uma instituição de solidariedade social. Como defendem Cohen e colaboradores (2018), o estudo de caso permite uma exploração intensiva de situações particulares, captando múltiplas dimensões e significados em articulação com os contextos nos quais emergem.

Para Coutinho (2021), o estudo de caso caracteriza-se pela sua flexibilidade, pela ênfase no contexto natural e pela busca de uma compreensão holística e interpretativa, coerente com uma perspetiva construtivista em ciências sociais, na qual investigador e participantes constroem, em conjunto, significados sobre a realidade em análise. Creswell (2015) acrescenta que este tipo de investigação é particularmente pertinente para responder a questões de “como” e “porquê”, centrando-se em processos, práticas e dinâmicas complexas. No presente estudo, interessou compreender como se pode promover competências em bioética e geoética e de que modo a aprendizagem por projetos pode favorecer a cidadania participativa em jovens.

A recolha de dados foi realizada em diferentes momentos, recorrendo a técnicas de recolha de dados diversificadas, incluindo análise de registos, observação, entrevistas e testes. O tratamento dos dados combinou métodos qualitativos e quantitativos: análise de conteúdo, através do *software NVivo* (versão 15), para os dados textuais, e análise estatística, através do *IBM SPSS* (versão 29), para os dados numéricos.

O estudo de caso delineado assume, assim:

- Um carácter exploratório e descritivo, visando revelar práticas, perceções e aprendizagens dos participantes.
- Um desenho qualitativo com recurso complementar a dados quantitativos, reforçando a consistência interpretativa.

- Uma ancoragem nos princípios da investigação ética, assegurando consentimento informado, respeito pela privacidade e disseminação responsável dos resultados.

Este enquadramento metodológico permitiu uma abordagem densa, crítica e situada do fenómeno educativo em estudo, em conformidade com os objetivos da investigação e com as exigências de rigor científico da investigação em educação.

4.2. Caraterização das amostras

A presente investigação contemplou diferentes grupos de participantes, de modo a responder às questões de investigação e assegurar a triangulação de dados. No total, foram consideradas quatro amostras distintas:

- Amostra $n_{\text{participantes}}$: participantes diretos do programa de intervenção - 16 jovens (12–16 anos) aos quais foram aplicados os recursos educativos e que participaram ativamente na criação do produto final do projeto, a peça de teatro.
- Amostra $n_{\text{espetadores}}$: espetadores do produto final - 24 alunos do 1.º e 2.º ciclos do ensino básico, a quem foi apresentada a peça de teatro e aplicada a atividade lúdica *Bio & Geo-Heróis*.
- Amostra $n_{\text{colaboradores}}$: profissionais de educação — três colaboradoras da instituição (diretora pedagógica, assistente social e auxiliar educativa) entrevistadas individualmente, com o objetivo de compreender a relevância e o impacto do projeto, a partir da sua experiência quotidiana com os alunos.
- Amostra $n_{\text{diagnóstica}}$: professores de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia — 56 docentes inquiridos no estudo diagnóstico preliminar, que permitiu analisar perceções e constrangimentos relativamente à integração da bioética e da geoética no ensino formal.

A Tabela 10 apresenta a caraterização de cada grupo, o número de participantes, o respetivo perfil, os instrumentos de recolha de dados aplicados e os capítulos onde se encontra a descrição detalhada.

Tabela 10.

Resumo das Diferentes Amostras Participantes na Investigação e Respetivos Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados em Cada Grupo

Código amostra	Grupo participantes	n	Perfil	Instrumento aplicado	Capítulo (página)
$n_{\text{participante}}$	Participantes no projeto	16	Jovens 12-16 anos (3º CEB e Secundário)	Pré/Pós-teste; guião de entrevista	Cap. 4
$n_{\text{espetadores}}$	Espetadores da peça teatro	24	Crianças 6-12 anos (1º e 2º CEB)	Guião de entrevista; Observação	Cap. 4
$n_{\text{educadoras}}$	Colaboradoras	3	Profissionais da instituição	Guião de entrevista	Cap. 4
$n_{\text{diagnóstica}}$	Docentes CN e BG	56	Professores CN e BG no ativo	Questionário	Cap. 3.2

A amostra participante ($n_{\text{participante}}$) corresponde ao grupo central desta investigação, constituído por 16 jovens com idades entre os 12 e os 16 anos, participantes diretos no programa de intervenção. Estes alunos frequentavam uma instituição de solidariedade social, localizada numa área urbana desfavorecida do norte de Portugal. Todos os participantes integravam o programa da instituição em regime de ensino não formal, frequentando as atividades após o seu horário escolar.

A escolha deste grupo decorreu da pertinência de envolver adolescentes em situações de vulnerabilidade social em práticas inovadoras de Educação em Ciências, promovendo oportunidades de aprendizagem que articulassem conhecimentos científicos, reflexão ética e competências para uma cidadania participativa.

A caracterização sociodemográfica da amostra $n_{\text{participante}}$ apresenta-se na Tabela 11.

Tabela 11.

Caraterização Sociodemográfica da Amostra Participante (n=16)

Dados sociodemográficos		Participantes (n ₁ =16)	
		n	%
Género	Feminino	11	68,8
	Masculino	5	31,3
Nível de ensino	3º Ciclo do Ensino Básico	12	75,0
	Ensino secundário	4	25,0
Idade	Média	13,6	
	Desvio padrão	1,46	

A maioria dos participantes era do sexo feminino (n = 11; 68,8%), com os restantes de sexo masculino (n = 5; 31,3%). As idades variavam entre os 12 e os 16 anos, com uma média de 13,6 anos e um desvio padrão de 1,46. No que concerne ao ciclo de ensino frequentado, a maioria encontrava-se no 3º Ciclo do Ensino Básico, correspondendo aos 7.º, 8.º e 9.º anos de escolaridade (n = 12; 75%), e apenas quatro participantes frequentavam o ensino secundário (10.º ou 11.º anos, n = 4; 25%). Nenhum participante frequentava o 12º ano.

Embora o número de participantes fosse reduzido, a amostra incluiu cerca de 80% de todos os alunos da faixa etária-alvo que frequentavam a instituição no período de realização da intervenção. Assim, a amostra pode ser considerada representativa da realidade do contexto específico estudado (Cohen et al., 2018).

A amostra de espetadores corresponde a 24 alunos do 1.º e 2.ºCEB, que participaram como espetadores da peça de teatro (Cons)Ciência e Cidadania: uma questão de Bioética e Geoética, produto final do programa de intervenção. Após a apresentação, este grupo foi ainda envolvido na atividade lúdica Bio & Geo-Heróis e em entrevistas em grupos focais, permitindo recolher as suas perceções sobre os conteúdos abordados e avaliar o potencial da intervenção na sensibilização de crianças mais novas para questões bioéticas e geoéticas. Segue-se a sua caraterização na Tabela 12.

Tabela 12.

Caraterização Sociodemográfica da Amostra de Espetadores da Peça de Teatro

Dados sociodemográficos		Participantes	
		n	%
Género	Feminino	7	29,2
	Masculino	17	70,8
Nível de ensino	1º CEB	16	66,7
	2º CEB	8	33,3
Idade	Média	9,4	
	Desvio padrão	1,91	

A Tabela 12 indica que a amostra $n_{\text{espetadores}}$ apresentava uma média de idades igual a 9,4 anos, com um desvio padrão de 1,91. As crianças eram maioritariamente do sexo masculino ($n= 17$; 70,8%) e a maior parte frequentava o 1ª CEB ($n=16$; 66,7%).

A utilização deste grupo amostral possibilitou compreender o papel dos espetadores mais jovens na investigação, evidenciando como a intervenção ultrapassou o grupo principal de participantes e se estendeu a um público mais jovem. O contributo destes alunos permitiu avaliar a capacidade da peça de teatro na transmissão de mensagens-chave sobre bioética e geoética de forma acessível, reforçando a pertinência de desenvolver recursos ajustados a diferentes níveis etários.

No conjunto das amostras participantes e espectadores, o programa de intervenção envolveu diretamente 40 crianças e jovens, que participaram quer como intervenientes ativos na construção do produto final do projeto, quer como destinatários do produto final e da atividade complementar.

Seguidamente, descreve-se a amostra de colaboradores da instituição, composta por três profissionais, cuja experiência quotidiana com os jovens permitiu recolher uma visão externa sobre a relevância e o impacto da intervenção.

Para a recolha dos dados, foram utilizadas três técnicas principais: a testagem, o inquérito por entrevista (focal e individual) e análise de registos (Cohen et al., 2018; Coutinho, 2021). Os respetivos instrumentos incluíram: (i) um pré- e pós-teste para

avaliar a evolução de conhecimentos e atitudes dos participantes; (ii) guiões de entrevistas em grupos focais e guião de entrevista individual; (iii) o guião da peça de teatro, enquanto recurso educativo coconstruído e, simultaneamente, produto da intervenção; (iv) a grelha de registo das respostas do público à atividade lúdica.

Para garantir a clareza e a distinção entre os diferentes grupos de participantes envolvidos nesta investigação, cada respondente foi identificado por um código alfanumérico. Este código é composto por duas letras e um número sequencial. A primeira letra corresponde ao instrumento de recolha de dados (por exemplo, E corresponde ao instrumento de recolha guião de entrevista ou T ao teste), a segunda letra indica o tipo de participante no estudo (P simboliza um **P**articipante do projeto; E corresponde ao **E**spetador da peça de teatro; e C às **C**olaboradoras da instituição) e o número corresponde à ordem do respondente dentro do respetivo grupo. Por exemplo, o código *EP1* refere-se ao primeiro participante entrevistado do grupo $n_{\text{participantes}}$, enquanto *EE3* corresponde ao terceiro espetador entrevistado do grupo $n_{\text{espetadores}}$.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Numa investigação podem ser aceitáveis diversas fontes de dados, desde que a abordagem à recolha seja ética e que os dados obtidos contribuam para a compreensão do fenómeno em estudo (Gay et al., 2012). No sentido de responder ao problema de investigação apresentado, foram selecionadas como técnicas de recolha de dados: a testagem (por muitos autores referida como inquérito por pré-teste e pós-teste), o inquérito por entrevista, a análise de registos e a observação. Adicionalmente, foram escolhidos como instrumentos de recolha de dados, o teste, o guião de entrevista para grupos focais e individuais, o guião da peça de teatro e a grelha de registo da atividade lúdica.

Esta opção é consistente com uma abordagem mista, predominantemente qualitativa, mas apoiada também em dados quantitativos, adequada para responder aos objetivos de um estudo de caso em educação (Creswell & Guetterman, 2024; Cohen et al., 2018; Yin, 2018). A combinação de métodos distintos permite obter uma visão mais completa dos fenómenos, reforçando a validade e a riqueza interpretativa (Coutinho, 2021).

4.3.1. Testagem

Os testes constituíram um instrumento central para avaliar o impacto da intervenção nas dimensões cognitivas (conhecimentos adquiridos) e atitudinais (posicionamento dos participantes face a dilemas bioéticos e geoéticos). Segundo Cohen et al. (2018), os testes permitem obter evidências sistemáticas de mudança ao longo de um processo educativo, especialmente quando aplicados em diferentes momentos temporais.

Foram elaborados dois testes para este estudo, um para a temática da Geoética e o outro para o tema da Bioética. Ambos foram aplicados em dois momentos, antes e depois da intervenção, com um intervalo aproximado de seis meses entre as duas fases. Os pré-testes permitiram aferir o nível de partida dos participantes relativamente a conceitos e competências em bioética e geoética, enquanto o pós-teste avaliou a evolução dessas competências após o programa de intervenção.

Ambos os testes foram construídos após uma revisão bibliográfica profunda e de acordo com os objetivos delineados para esta investigação, tendo sido posteriormente validados por três especialistas de áreas relevantes para o estudo. As suas sugestões foram incluídas na versão final dos testes. Assim, os testes foram intencionalmente construídos para serem simples, claros e pouco extensos, de forma a possibilitar a obtenção do maior número de respostas possíveis, tal como preconizado na literatura da especialidade (Cohen et al., 2018; Mills & Gay, 2019), uma vez que um grau de dificuldade ou extensão excessiva poderia dissuadir a participação dos adolescentes

O teste de geoética incluiu sete questões: uma questão de resposta aberta (Q1) e seis itens de escolha múltipla (Q2 a Q7), de modo a avaliar diferentes domínios com relevância no contexto da ética e da geoética. As questões Q1 a Q3, Q6 e Q7, foram contabilizadas para a classificação final de cem pontos percentuais. As questões Q4 e Q5 traduziam atitudes e comportamentos dos alunos, pelo que não foram contabilizadas para a classificação do teste, sendo depois sujeitas a análise de conteúdo. A Tabela 13 apresenta as questões do teste de geoética e respetivos objetivos.

Tabela 13.

Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética e Respetivos Objetivos de Investigação

Domínio	Questão	Objetivo da questão
Conhecimentos	Q1. O que é para ti a ética? (se não souberes explicar, podes apenas escrever algumas palavras que associes à ética)	Averiguar as conceções iniciais e finais dos participantes sobre o que é a ética.
	Q2. O que estuda a "geoética"? a) A geoética analisa e reflete sobre as interações entre o ser humano e o sistema Terra. b) A geoética analisa e estuda as rochas e os minerais. c) A geoética ocupa-se da análise e estudo de sismos e vulcões. d) Não sei responder.	Perceber se os participantes reconhecem a geoética como sendo uma área científica que analisa e reflete sobre as interações entre o ser humano e o sistema Terra.
	Q3. Na tua opinião, em que situações podes ter comportamentos geoéticos? (escolhe todas as opções que penses estarem corretas) a) em casa. b) na escola. c) numa visita de estudo. d) quando vais acampar. e) quando vais às compras. f) quando estás na praia. g) quando escolhes o teu meio de transporte. h) em todas as situações anteriormente enunciadas. i) em nenhuma das situações mencionadas.	Aferir se os participantes compreendem que podemos ter comportamentos geoéticos em vários momentos da nossa vida quotidiana.
Atitudes	Q4. Quando vais às compras, por exemplo de alimentos ou roupa, tens preocupação em analisar os rótulos dos produtos que adquires e verificas se provêm de práticas sustentáveis? a) Não. Penso que a minha ação individual não tem influência ao nível global. b) Sim, pois as ações individuais são cumulativas e acabam por ter influência ao nível global. c) Sim, mas por vezes o preço do produto é o mais importante para a minha escolha. d) Não sei responder/não tenho opinião formada.	Constatar alguns dos comportamentos dos participantes em relação a questões geoéticas, enquanto cidadãos.
	Q5. Quando tomas banho preocupas-te com a quantidade de água e energia que gastas? a) Não, para mim é mais importante tomar banhos quentes e longos. b) Não, a minha ação individual não tem influência ao nível global. c) Sim, mas continuo a tomar banhos quentes e longos. d) Sim, tento tomar banhos rápidos e com água morna.	

Atitudes	Q6. O Dr. Rocha, encontra-se agora a trabalhar na construção de um novo hospital que vai beneficiar cerca de 200 000 utentes. Durante os trabalhos, encontra uma jazida de fósseis de uma espécie desconhecida. O Dr. Rocha fica indeciso sobre o que fazer, mas acaba por não divulgar a jazida de fósseis, de forma a não comprometer a construção do hospital e a evitar as perdas económicas e de tempo que iriam ser impostas pela escolha de um novo local. Concordas com a decisão do Dr. Rocha? a) Sim, concordo. b) Não concordo. O Dr. Rocha devia ter comunicado a descoberta aos superiores e esperado que a decisão sobre a continuação da obra ou não fosse tomada pelo poder local. c) Sim, concordo. Mas antes tentaria retirar alguns fósseis para depois os vender. d) Não sei responder/não tenho opinião formada.	Investigar se os participantes são capazes de se posicionar em relativamente a um dilema geoético, justificando a sua opinião
	Q7. Numa região ativa sismicamente, um geólogo, Dr. Rocha, descobre fortes evidências de que um novo sismo poderá acontecer muito em breve. A população tem o direito a ser informada, mas esta notícia poderá desencadear o pânico na comunidade, caso não seja corretamente divulgada. O Dr. Rocha decide divulgar todas as informações aos meios de comunicação social. Concordas com a decisão do Dr. Rocha? a) Não, o Dr. Rocha não devia ter divulgado as informações. Ao divulgar aos meios de comunicação está a promover o pânico desnecessário da população. b) Não, o Dr. Rocha devia ter divulgado imediatamente as informações, mas apenas às autoridades locais, para que estas pudessem elaborar um plano e comunicá-lo convenientemente às populações. c) Sim, concordo. Os meios de comunicação social são a forma mais rápida da informação chegar a toda a população, que depois pode decidir o seu modo de atuar perante o problema. d) Não sei responder/não tenho opinião	Apurar de que forma é que participantes se posicionam relativamente a um dilema geoético ligado à sismologia, do ponto de vista de um geocientista.

Por sua vez, o teste de bioética foi constituído por sete questões, todas de escolha múltipla. As questões Q1 e Q2, Q6 e Q7 foram cotadas para 100 pontos percentuais, enquanto as questões Q3 a Q5, que traduziam a opinião dos participantes relativamente a três temas de âmbito bioético, não foram contabilizadas para a classificação final no teste, mas foram alvo de análise de conteúdo. A Tabela 14 apresenta as questões deste teste e os respetivos objetivos de cada uma.

Tabela 14.

Questões do Pré e Pós-Teste de Bioética e Respetivos Objetivos de Investigação

Domínio	Questão	Objetivo da questão
Conhecimentos	Q1. O que estuda a bioética? a) A bioética estuda questões do âmbito das ciências da vida e da saúde. b) A bioética estuda questões do âmbito da proteção do meio ambiente. c) A bioética estuda questões do âmbito das tecnologias da informação. d) Não sei responder.	Verificar se os participantes sabem qual o objeto de estudo da bioética.
	Q2. Quais os 4 princípios bioéticos fundamentais? a) liberdade, justiça, beneficência e não beneficência. b) autonomia, beneficência, justiça e honestidade. c) autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. d) Não sei responder.	Analisar se os participantes conhecem os princípios bioéticos.
Atitudes	Q3. Qual a tua opinião sobre o uso de embriões humanos na investigação científica? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, dependendo da situação. d) Não sei responder/não tenho opinião formada. Caso tenhas respondido a, b ou c, por favor justifica a tua resposta.	Diagnosticar as opiniões iniciais e finais dos participantes relativamente a algumas questões atuais do âmbito da bioética.
	Q4. Concordas com a utilização de animais como cobaias na investigação científica? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, dependendo da situação. d) Não sei responder/não tenho opinião formada.	
	Q5. O que pensas sobre a utilização da inteligência artificial na tomada de decisões médicas (por exemplo, fazer diagnósticos ou decidir tratamentos)? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, mas apenas em determinadas situações. d) Não sei responder/não tenho opinião formada. Caso tenhas respondido a, b ou c, por favor justifica a tua resposta.	

Q6. Uma pequena cidade no interior do país tem enfrentado surtos frequentes de uma doença infecciosa, que pode ser prevenida através de medidas simples, como por exemplo, a vacinação, a lavagem frequente das mãos e, no caso de sintomatologia, o distanciamento social. O médico responsável pelo centro de saúde local, o Dr. Barriga, tem atendido cada vez mais pacientes doentes. Infelizmente, muitas pessoas da pequena comunidade não estão a seguir as orientações do médico, recusando inclusivamente a vacinação e os comportamentos de higiene básicos. O Dr. Barriga preocupa-se muito com os seus doentes e com a comunidade, mas sabe que também deve respeitar o seu direito à autonomia. O que farias se estivesses na situação do Dr. Barriga?

- a) Recusava-me a tratar os pacientes que não seguissem as minhas indicações.
- b) Continuava a tentar educar os meus pacientes para terem comportamentos de higiene básicos (lavagem das mãos, distanciamento social no caso de terem sintomas) e para se vacinarem contra a doença, de forma a diminuir o contágio.
- c) Deixava de tentar educar os meus pacientes, uma vez que cada um tem direito à sua decisão pessoal.
- d) Outra opção: _____.
- e) não sei responder/não tenho opinião formada.

Compreender se os participantes são capazes de tomar uma decisão, fundamentada nos princípios bioéticos, relativamente a um dilema.

Q7. És um(a) atleta talentoso(a) e foste selecionado(a) para representar Portugal numa competição internacional da modalidade. O teu treinador está a pressionar-te para usares substâncias ilícitas que poderiam aumentar o teu desempenho físico de forma significativa na competição. O que fazes?

- a) Tomas as substâncias, pois provavelmente os outros atletas também o fazem e assim a competição torna-se mais justa.
- b) Não tomas as substâncias, pois podem ter efeitos secundários negativos para o teu corpo.
- c) Tomas as substâncias, pois não aguentas a pressão para obter bons resultados.
- d) Não tomas as substâncias, pois isso seria alterar as regras da competição, tornando-a mais injusta.
- e) Outra opção: _____.
- f) Não sei responder/não tenho opinião formada.

Os dados recolhidos foram analisados quantitativamente através de estatística descritiva (frequências, médias) e comparações entre pré- e pós-teste, permitindo identificar progressos no conhecimento e na capacidade de reconhecer e aplicar princípios éticos. O tipo de análise efetuada apresenta-se com mais detalhe na secção 4.5.1, referente à análise de dados quantitativos (página 118).

4.3.2. Inquérito por entrevista

Uma entrevista é uma interação intencional em que uma pessoa obtém informações de outra. Segundo Gay e colaboradores (2012), a junção de dados obtidos através de observações com os recolhidos sob a forma de entrevistas afigura-se como uma valiosa oportunidade de reunir informação. Nesta investigação, as entrevistas foram do tipo estruturadas, uma vez que foi realizado um guião de entrevista, com um conjunto específico de questões a ser aplicadas aos participantes, de forma a facilitar a condução da mesma (Gay et al., 2012). As entrevistas constituem um dos métodos mais utilizados na investigação qualitativa em educação, pela sua capacidade de explorar significados, perceções e experiências de forma aprofundada (Creswell & Guetterman, 2024).

No presente estudo, foram realizados grupos focais e entrevistas individuais, com guiões previamente semiestruturados. Tal como defendem Cohen e colaboradores (2018), os grupos focais são especialmente úteis para analisar a construção social de significados, enquanto as entrevistas individuais possibilitam captar a perspetiva singular de cada um dos inquiridos. Os grupos focais incluíram os participantes diretos do projeto e os espetadores da peça de teatro. Por outro lado, as entrevistas individuais foram aplicadas às educadoras da instituição, com o objetivo de compreender, a partir da sua experiência profissional quotidiana com os alunos, a relevância e o impacto do projeto.

A definição do número de grupos focais teve em conta a disponibilidade dos participantes, tendo-se estabelecido a realização de quatro grupos distintos: dois grupos focais para as entrevistas aos participantes e outros dois para as entrevistas aos espetadores/público.

Este número encontra-se aquém do recomendado por autores como Krueger e Casey (2015) ou Barbour (2007), que sugerem a realização de três a cinco grupos por perfil de participante como suficiente para alcançar saturação temática, ou seja, o ponto a partir do qual a recolha de novos dados já não acrescenta novas categorias relevantes de análise. Não obstante, de acordo com Braun e Clarke (2022), o foco deve recair na riqueza e profundidade dos dados recolhidos e não apenas no número de grupos realizados.

A constituição dos grupos focais foi também definida de acordo com a conveniência e disponibilidade dos alunos, respeitando-se as recomendações metodológicas que destacam a flexibilidade e o carácter dinâmico desta técnica (Krueger & Casey, 2015;

Barbour, 2007). No que diz respeito à constituição dos grupos focais da amostra de espetadores, a idade foi igualmente um dos critérios de seleção, tendo-se dividido as crianças de acordo com o ciclo de ensino que frequentavam (1º CEB ou 2º CEB), de modo a tornar os grupos mais homogéneos (Adler et al., 2019; Coutinho, 2018).

Ainda que a literatura da especialidade proponha intervalos distintos para o número ideal de participantes por grupo focal, variando entre os quatro a seis (Creswell & Gutterman, 2024); os cinco a dez (Coutinho, 2018) ou os seis a oito (Adler et al., 2019), revisões empíricas mostram grupos entre os 3 e 21 participantes, com mediana em torno de oito a dez (O.Nyumba et al., 2018). Nesta investigação, um dos grupos focais foi superior às recomendações mais conservadoras e foi composto por 12 participantes. Este número resultou de constrangimentos de agenda dos participantes e foi gerido através de uma moderação ativa da investigadora, de modo a garantir uma participação equilibrada de todos os participantes.

No sentido de avaliar a experiência dos participantes no programa de intervenção e as competências desenvolvidas relativamente à bioética e à geoética, foi elaborado um guião de entrevista. Este incluiu questões relativas ao envolvimento nas atividades, à comparação com metodologias tradicionais, à importância atribuída às aprendizagens realizadas e à capacidade de construir e resolver dilemas éticos. A Tabela 15 apresenta a estrutura do guião, organizando cada questão de acordo com os seus objetivos.

Tabela 15.

Questões do Guião de Entrevista aos Participantes e Respetivos Objetivos de Investigação

Categoria	Questão	Objetivo da questão
Metodologia de ensino	Q1. Como foi a tua experiência de participação neste projeto? De todas as atividades realizadas, qual(ais) a(s) tua(s) preferida(s)? E qual(ais) a(s) que gostaste menos?	Avaliar a experiência do participante no projeto.
	Q2. Antes deste projeto, já tinhas participado em alguma atividade semelhante na escola? Como comparas a aprendizagem neste projeto com o método tradicional usado nas escolas, que é geralmente mais expositivo?	Compreender se os participantes já tinham contactado com a metodologia de aprendizagem por projetos no ensino formal e se consideram a metodologia como promotora das aprendizagens.
Tema do projeto – Bio e Geoética	Q3. De que forma é que a participação neste projeto de ensino não formal, que culminou na apresentação da peça de teatro para os colegas mais novos, contribuiu para a tua formação como cidadão? Podes dar alguns exemplos específicos?	Investigar a utilidade do projeto para a formação dos participantes.
	Q4. Por que é importante aprender sobre bioética e geoética na escola? Quais os benefícios que esta aprendizagem de bio- e de geoética pode trazer para ti e para a sociedade?	Aferir se os participantes consideram importante aprender sobre bio e geoética no ensino formal; analisar as razões pelas quais esses temas são considerados relevantes para a sua formação, quer enquanto indivíduos, quer para a sociedade em geral.
	Q5. Qual a tua opinião sobre os temas trabalhados (bio e geoética)? (São fáceis de entender? Quais as maiores dificuldades que sentiste ao longo do projeto?)	Analisar a perceção dos alunos sobre a complexidade e a clareza dos temas de bioética e de geoética, identificando as principais dificuldades que enfrentaram.
	Q6. Constrói um dilema bioético. Pensa em possíveis soluções para o problema e indica a que seleccionavas.	Perceber se os participantes são capazes de elaborar um dilema bioético, considerar múltiplas perspetivas e tomar decisões de acordo com os princípios bioéticos.
	Q7. Elabora um dilema geoético. Indica possíveis soluções para a questão e indica a que seleccionavas.	Averiguar se os participantes conseguem construir um dilema geoético, apresentar diferentes soluções para a sua resolução e seleccionar a mais ajustada.

A transcrição das entrevistas em grupos focais aos participantes do projeto encontra-se no apêndice 2 (páginas 215 a 235).

No mesmo sentido, as questões e respetivos objetivos de investigação apresentados na Tabela 16 foram construídos para recolher as opiniões dos espetadores da peça de teatro. Este guião incluiu questões destinadas a avaliar o interesse e a compreensão da peça, a identificação dos conteúdos abordados e a perceção dos participantes sobre a pertinência desta estratégia de ensino (o recurso à peça de teatro).

Tabela 16.

Questões do Guião de Entrevista Respondido pelos Espectadores da Peça de Teatro e Respetivos Objetivos de Investigação

Categoria	Questão	Objetivo da questão
Metodologia ensino	Q1. O que achaste da peça de teatro? (Mantiveste o interesse durante toda a duração da peça?) Consideras que o facto de teres tido intervenção na decisão final do julgamento foi importante para a tua opinião sobre a atividade? (Porquê?)	Perceber se os espetadores gostaram da peça de teatro e de ter tido intervenção na decisão final dos julgamentos.
	Q2. Já tinhas tido alguma atividade semelhante a esta na escola (aprender conteúdos através de uma peça de teatro)? Na tua opinião, gostaste de aprender desta forma ou achas que aprendes melhor com o método habitualmente usado nas escolas (mais expositivo)?	Analisar se os participantes já tinham contactado com esta estratégia de ensino no ensino formal e se a consideram como promotora das suas aprendizagens.
Tema – Bioética e Geoética	Q3. Consegues identificar quais eram os assuntos tratados na peça de teatro? (Quais eram os temas principais? Já tinhas ouvido falar sobre bioética? E sobre geoética?)	Investigar se as crianças e jovens que assistiram à peça de teatro conseguem identificar os temas abordados (bioética e geoética) e se já conheciam os conceitos.
	Q4. Indica, por palavras tuas, o que é a bioética e a geoética. (Refere 1-2 palavras que associes à bio e à geoética). Dá um exemplo de uma situação que se relacione com a bioética e outra com a geoética.	Aferir se os participantes perceberam os conceitos de bio e de geoética, sendo capazes de indicar palavras que associem aos conceitos e de construir uma situação que se enquadre no âmbito bio ou geoético.

A transcrição das entrevistas em grupos focais aos espetadores da peça de teatro encontra-se no apêndice 3, para as crianças do 1ºCEB (páginas 236 a 242), e no apêndice 4, para as crianças do 2ºCEB (páginas 243 a 250).

Para recolher a perceção de quem acompanhava diariamente os jovens, foi elaborado um guião de entrevista individual dirigido a três colaboradores da instituição (diretor pedagógico, assistente social e auxiliar de ação educativa). Estes não tiveram intervenção na implementação do projeto, conduzido exclusivamente pela investigadora. No entanto, pela proximidade e conhecimento dos alunos da instituição, considerámos pertinente a sua auscultação, de forma a verificar a pertinência do projeto para os participantes diretos e indiretos ($n_{\text{participantes}} + n_{\text{espetadores}}$). A Tabela 17 apresenta as questões formuladas, bem como os respetivos objetivos de investigação.

Tabela 17.

Questões e Respetivos Objetivos de Investigação do Guião de Entrevista Individual Aplicado aos Colaboradores da Instituição

	Questão	Objetivo da questão
Conhecimentos e Atitudes	Q1. Durante a duração do projeto (Cons)Ciência & Cidadania, de que forma os alunos abordaram convosco os temas do projeto? (Pode descrever algumas atividades ou discussões específicas que ocorreram?)	Avaliar a integração e a aplicação prática dos temas do projeto no contexto da instituição, verificando se os temas trabalhados foram discutidos entre os alunos fora das sessões do projeto.
	Q2. Após o término do projeto e a apresentação da peça final de teatro, de que forma considera que os alunos beneficiaram com a participação? (Por favor, indique como este projeto pode ter contribuído para a formação deles enquanto cidadãos).	Aferir os benefícios e o impacto do projeto na formação cívica e social dos alunos, avaliando como a participação pode ter promovido o desenvolvimento de competências e valores importantes para uma cidadania participativa, responsável e justa.
	Q3. Na sua opinião, em que medida o facto de a peça de teatro ter sido apresentada pelos alunos mais velhos aos mais novos foi um fator diferenciador do projeto?	Investigar o efeito do projeto no fortalecimento das relações interpessoais entre os diferentes grupos etários da instituição, analisando se a colaboração e a interação através da peça de teatro contribuíram para criar laços e promover a inclusão.
	Q4. Considerando que o ensino formal raramente aborda de forma consistente questões relacionadas com a bioética e a geoética, como vê a importância de ensinar estes temas no ensino não formal? (Quais os benefícios específicos que essa aprendizagem poderá trazer para a formação das crianças e para a sociedade futura? A partir de que idades considera ser útil aprender bio e geoética?)	Analisar a perceção sobre a relevância e os potenciais benefícios de incluir temas de bioética e geoética no ensino não formal desde cedo, refletindo sobre como isso pode influenciar a formação integral das crianças e contribuir para uma sociedade mais justa, responsável e sustentável.

A transcrição das entrevistas às colaboradoras da instituição encontra-se no apêndice 5 (páginas 251 a 262).

Todas as entrevistas foram analisadas através de análise de conteúdo temática (Bardin, 2011), permitindo identificar categorias emergentes relacionadas com a aprendizagem de geoética e de bioética, a sua aplicação a contextos reais e as percepções dos participantes sobre a metodologia de ensino utilizada e a relevância dos temas.

4.3.3. Análise de registos: guião da peça de teatro

Para além de constituir o produto final do programa de intervenção e um recurso educativo passível de mobilização em outros contextos, conforme descrito no capítulo 3, o guião da peça de teatro foi igualmente considerado um registo material do processo de aprendizagem desenvolvido pelos participantes.

Neste enquadramento, a sua análise insere-se metodologicamente na análise de registos (também referidos na literatura da especialidade por artefactos) produzidos pelos participantes no decurso da intervenção educativa. Em investigação em educação, estes produtos são reconhecidos como fontes válidas de dados qualitativos, na medida em que materializam processos de aprendizagem, construção de significados e mobilização de conhecimentos e valores (Coutinho, 2018; Creswell & Poth, 2023).

O guião foi, assim, sujeito a análise de conteúdo temática, entendida como um conjunto de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição e interpretação de mensagens, permitindo inferir significados a partir de categorias analíticas explícitas (Bardin, 2011). A definição das categorias partiu de uma grelha *a priori*, alinhada com os objetivos e questões de investigação, tendo sido posteriormente ajustada de forma indutiva, de acordo com os princípios de flexibilidade e abertura interpretativa defendidos na investigação qualitativa em educação (Creswell & Guetterman, 2024; Gay et al., 2012).

A sua avaliação permitiu aceder a evidências integradas de compreensão concetual, mobilização de princípios éticos e capacidade de articulação entre ciência, ética e cidadania, complementando e aprofundando os dados obtidos através dos restantes instrumentos de recolha de dados.

4.3.4. Observação: Registo das respostas ao jogo Bio e Geo-Heróis

A observação constitui uma técnica central de recolha de dados nas metodologias qualitativas e mistas, permitindo registar comportamentos, decisões e interações em contexto natural sem interferir no processo educativo (Creswell & Gutterman, 2024; Cohen et al., 2018; Corbetta, 2003). Quando combinada com outros instrumentos, como entrevistas, testes ou análise documental, contribui para a triangulação metodológica, reforçando a validade interna e a credibilidade da investigação (Walter, 2019; Timans et al., 2019).

No presente estudo, o jogo Bio e Geo-Heróis foi utilizado como situação de observação estruturada, permitindo recolher evidência direta sobre as perceções éticas e ambientais das crianças-espetadoras da peça de teatro criada pelos participantes do projeto. A atividade integrou o momento final da intervenção, assumindo simultaneamente uma função pedagógica, ao promover reflexão ética e participação ativa, e uma função investigativa, ao contribuir com dados observáveis sobre raciocínio ético.

Participaram 24 crianças, entre os 6 e os 12 anos, que assistiram à apresentação teatral na instituição. Cada criança recebeu três placas com *emojis* (😊 verde = “concordo”; 😐 amarela = “tenho dúvidas”; 😡 vermelha = “não concordo”) e foi convidada a levantar a placa correspondente à sua posição relativamente a dez afirmações sobre princípios de bioética e geoética.

A recolha de dados foi realizada através de observação direta não participante, com recurso a uma grelha de observação e registo disponibilizada no apêndice 9 (página 290). A grelha de observação foi concebida de forma estruturada, contendo explicitamente as categorias de resposta, de modo a permitir o registo imediato das frequências observadas. Este procedimento visou facilitar a recolha em contexto real, reduzir erros de registo e reforçar a fidelidade entre avaliadores (Creswell & Gutterman, 2024; Cohen et al., 2018). Os registos foram efetuados por duas observadoras independentes posicionadas em pontos diferentes da sala, garantindo visibilidade integral do grupo e minimizando o risco de enviesamento individual. Ambas registaram, para cada afirmação, o número de respostas nas três categorias (“sim/concordo”, “não sei/tenho dúvidas”, “não/não concordo”). As duas observadoras registaram, de forma independente, contagens idênticas para todas as afirmações, evidenciando, assim, concordância total.

Os dados foram posteriormente tratados através de análise descritiva, centrada nas frequências e percentagens das respostas por afirmação, permitindo identificar padrões de concordância, dúvida ou discordância. A interpretação destes padrões foi realizada à luz dos objetivos pedagógicos da intervenção e discutida no Capítulo 5 – Resultados e Discussão, em articulação com a literatura sobre educação ética, metodologias participativas e o recurso à dramatização em educação (Braund, 2015; Dorion, 2009; Verhoeff, 2017; Varelas et al., 2022). A tabela 18 apresenta as afirmações/questions do jogo, bem como os objetivos delineados para cada uma delas.

Tabela 18.

Categorias da Atividade Lúdica Bio e Geo-Heróis e Respetivos Objetivos de Investigação

Categoria	Afirmação/Questão	Objetivo
Bioética: saúde e investigação	3. A bioética ensina-nos que todos têm direito a tratamento justo e igual no hospital, independentemente de quem são. Se um hospital decidir tratar apenas pessoas famosas e ignorar as outras pessoas que não são conhecidas, isso é uma prática bioética?	Avaliar a compreensão das crianças sobre o princípio da justiça e equidade no acesso à saúde
Geoética: comportamentos individuais	4. A geoética ensina-nos a proteger o nosso planeta. Se comprarmos embalagens de gelado familiar e pacotes de bolachas grandes, em vez de gelados e bolachas embalados individualmente (que utilizam mais plástico), estamos a ter um comportamento geoético?	Analisar se as crianças reconhecem a relação entre escolhas de consumo individuais e o contributo para a sustentabilidade ambiental.
Bioética: saúde e investigação	3. Segundo a bioética, um cientista deve realizar experiências para descobrir novos medicamentos em animais, sem ter em atenção o seu bem-estar e o nível de sofrimento.	Explorar a perceção das crianças sobre o bem-estar animal e os limites éticos da investigação científica.
Geoética: ambiente e sociedade	4. Se plantarmos mais árvores nas cidades, de forma a compensar a construção de mais casas e estradas, estamos a seguir os princípios da geoética?	Verificar a capacidade das crianças de identificar ações de mitigação ambiental como práticas de geoética.
	5. Usar energias renováveis, como a solar e a eólica, em vez de usarmos fontes de energia, como a gasolina e o carvão, que poluem o ambiente, é uma boa prática de acordo com a geoética?	Avaliar se as crianças reconhecem a ligação entre o uso de fontes de energia sustentáveis e a proteção ambiental.
Bioética: direitos humanos	6. Na escola, se tratarmos todos os colegas com respeito e ajudarmos quem precisa, estamos a seguir os princípios da bioética?	Analisar a valorização de princípios de respeito e solidariedade no quotidiano escolar.
Geoética: ambiente e sociedade	7. Se uma empresa despejar resíduos tóxicos num rio, sem os tratar, causando a morte de peixes e prejudicando a água potável, isso é uma prática de geoética?	Explorar a compreensão das crianças sobre as implicações negativas da poluição industrial para os ecossistemas e a saúde humana.

Bioética: saúde e investigação	8. Do ponto de vista da bioética, é correto uma escola realizar uma investigação sobre a saúde dos alunos sem pedir permissão aos pais e aos próprios alunos.	Avaliar a percepção das crianças sobre a importância do consentimento informado em contextos de investigação.
Bioética e Geoética: questões integradas	9. Aprender sobre os impactos dos resíduos eletrónicos (telemóveis, tablets, computadores) para a saúde humana e para meio ambiente, e sobre a importância da sua reciclagem, contribui para comportamentos mais bioéticos e geoéticos? 10. Quando um cientista realiza investigação sobre uma nova vacina, utilizando métodos e substâncias que poluem os solos e as águas, está a ter um comportamento bioético e geoético?	Aferir a capacidade das crianças para reconhecer questões complexas, envolvendo dimensões bioéticas e geoéticas e exigindo a ponderação de valores em conflito.

Este instrumento permitiu recolher dados descritivos sobre a compreensão dos temas abordados na peça de teatro, pelas crianças que assistiram ao espetáculo; identificar tendências de decisão ética em temas de bioética e geoética; complementar a análise da eficácia da peça de teatro como instrumento educativo; e, ainda, adicionar informação à análise das entrevistas em grupos focais ao público.

Assim, o recurso a diferentes instrumentos, testes, entrevistas e análise de registos, garantiu uma abordagem mista (Coutinho, 2018; Creswell & Guetterman, 2024; Cohen et al., 2018), fortalecendo a credibilidade dos resultados e assegurando que os dados recolhidos refletissem de forma consistente as aprendizagens, percepções e impactos gerados pela intervenção educativa.

A tabela 19 apresenta, de forma resumida, os diferentes instrumentos de recolha de dados utilizados, bem como o tipo de análise de que foram alvo.

Tabela 19.

Resumo dos Instrumentos de Recolha de Dados Utilizados na Investigação

Instrumento	Objetivo	Amostra envolvida	Análise
Teste (pré/pós)	Avaliação de conhecimentos e competências	nParticipantes	Quantitativa/qualitativa
Guião de entrevista grupos focais	Análise de conhecimentos e competências	nParticipantes + nEspetadores	Qualitativa
Guião de entrevista individual	Perceção sobre impacto do projeto	nColaboradores	Qualitativa
Guião da peça de teatro	Aferição dos conhecimentos e valores mobilizados	nParticipantes + nEspetadores	Qualitativa
Grelha de registo de respostas ao jogo	Compreensão dos temas abordados na peça de teatro	nEspetadores	Quantitativa

4.4. Validade e fidelidade dos instrumentos de recolha de dados

Com o objetivo de assegurar a qualidade metodológica da recolha de dados e a credibilidade dos resultados obtidos, foram implementados procedimentos sistemáticos de validação e de verificação da fidelidade dos instrumentos utilizados no estudo, em consonância com as orientações da investigação em educação (Coutinho, 2018; Creswell, 2015; Cohen et al., 2018).

No que concerne à validade, todos os instrumentos de recolha de dados desenvolvidos no âmbito da investigação, nomeadamente os testes de bioética e de geoética (pré-teste e pós-teste), os guiões de entrevista (grupos focais e individuais), o guião da peça de teatro e o guião da atividade lúdica Bio & Geo-Heróis, foram sujeitos a um processo de validação de conteúdo. Este processo assentou, numa primeira fase, numa revisão rigorosa da literatura científica relevante nas áreas abordadas neste estudo.

Numa segunda fase, os instrumentos foram analisados por três especialistas com experiência nas áreas da Educação em Ciências e da educação em contextos não formais, exceto o teste de bioética, que foi validado por uma especialista em Educação em Ciências, uma especialista em educação não formal e uma médica. Os especialistas

avaliaram os instrumentos no que diz respeito à: (i) pertinência e adequação dos conteúdos científicos e éticos abordados; (ii) à clareza da linguagem face às faixas etárias dos participantes; (iii) à relevância dos instrumentos relativamente aos objetivos e questões de investigação definidos. As sugestões apresentadas conduziram a ajustes nos instrumentos, incluindo a reformulação de itens e a clarificação das questões, reforçando a validade de conteúdo e assegurando a adequação pedagógica e científica dos instrumentos ao público-alvo.

A fidelidade dos instrumentos predominantemente quantitativos, os testes de bioética e de geoética, foi avaliada através de um procedimento de teste-reteste. Para esse efeito, os instrumentos foram administrados em dois momentos distintos, com um intervalo de duas semanas, a um grupo-piloto composto por seis adolescentes com características semelhantes às do grupo-alvo do estudo. A estabilidade temporal foi analisada através do coeficiente de correlação intraclasse (ICC), opção metodológica amplamente utilizada na avaliação da fidelidade teste-reteste de medidas contínuas (ou quase contínuas), por permitir estimar o grau de concordância entre medições repetidas e não apenas a associação entre elas (Koo & Li, 2016; Liljequist et al., 2019; McGraw & Wong, 1996; Shrout & Fleiss, 1979; Weir, 2005). Os resultados evidenciaram uma elevada estabilidade temporal, tendo-se obtido, no teste de bioética, um valor de ICC = 0,94, IC95% [0,64; 0,99], $p < 0,001$, e, no teste de geoética, um valor de ICC = 0,92, IC95% [0,54; 0,99], $p = 0,002$. De acordo com os critérios propostos por Koo e Li (2016), valores de ICC superiores a 0,90 correspondem a níveis excelentes de fidelidade. Atendendo à reduzida dimensão da amostra piloto, estes resultados devem ser interpretados como indicadores, sugerindo, ainda assim, uma elevada consistência de ambos os instrumentos ao longo do tempo. As observações recolhidas durante a aplicação piloto conduziram ainda a pequenos ajustes nos instrumentos, nomeadamente à simplificação de termos técnicos e ao reforço da clareza das instruções.

No caso da codificação das entrevistas, realizada após a transcrição das respostas aos guiões de entrevistas em grupos focais e individuais, a validade foi reforçada através da revisão por pares e da definição prévia de categorias analíticas. Estas categorias, inicialmente estabelecidas com base no enquadramento teórico e nos objetivos da investigação, foram posteriormente ajustadas e refinadas durante o processo de validação e análise, em função da adequação aos dados empíricos. Este procedimento contribuiu para reduzir a subjetividade interpretativa e para aumentar a consistência e a credibilidade da análise qualitativa (Cohen et al., 2018; Creswell & Guetterman, 2024).

Relativamente à grelha de observação utilizada na atividade lúdica *Bio & Geo-Heróis*, (apêndice 9, página 290), esta implicou exclusivamente o registo objetivo do número de respostas visuais (placas verde, amarela e vermelha) apresentadas pelas crianças, não envolvendo qualquer julgamento interpretativo. Conforme discutido na secção anterior, 4.3.4., o preenchimento foi realizado simultaneamente por duas observadoras independentes, tendo-se verificado concordância total entre os registos efetuados. Atendendo ao carácter factual e não avaliativo do instrumento, não se considerou necessária a aplicação de coeficientes estatísticos de fidelidade entre observadores.

Assim, no seu conjunto, os procedimentos adotados asseguraram que os instrumentos de recolha de dados apresentassem: (i) validade de conteúdo, por avaliarem de forma rigorosa os conceitos, atitudes e competências em análise; (ii) clareza e adequação às faixas etárias envolvidas; (iii) fidelidade e estabilidade temporal nos instrumentos predominantemente quantitativos (pré e pós-testes); (iv) consistência e transparência nos restantes instrumentos (guiões de entrevistas, guião da peça de teatro, grelha de observação).

Deste modo, foi reforçada a robustez metodológica da investigação e a credibilidade científica dos dados recolhidos, sustentando a validade e fiabilidade das conclusões apresentadas.

4.5. Técnicas de análise e de tratamento de dados

A análise dos dados deste estudo assentou numa abordagem de métodos mistos, combinando técnicas quantitativas e qualitativas, em consonância com a natureza dos dados recolhidos e com os objetivos da investigação (Creswell & Guetterman, 2024; Cohen et al., 2018; Gay et al., 2012). Esta opção metodológica permitiu captar, de forma complementar, tanto a evolução mensurável dos conhecimentos e atitudes dos participantes como a complexidade das suas perceções, interpretações e processos de reflexão ética.

Para assegurar o rigor, a sistematização e a transparência dos procedimentos analíticos, recorreu-se a software especializado: o IBM SPSS Statistics (versão 29), para o tratamento dos dados quantitativos, e o NVivo (versão 15), para a organização e análise dos dados qualitativos.

4.5.1. Análise de dados quantitativos

Os dados quantitativos provenientes dos pré- e pós-testes foram tratados estatisticamente com recurso ao software *IBM SPSS Statistics* (versão 29). A análise incluiu procedimentos de estatística descritiva, nomeadamente frequências, médias e desvios padrão, bem como a comparação entre os resultados obtidos antes e após a intervenção. Para esse efeito, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas, adequado a dados não paramétricos e a amostras de pequena dimensão ($n < 30$). A opção por este teste justificou-se pela natureza não paramétrica dos dados e pela dimensão reduzida da amostra (Field, 2018; Garren & Davenport, 2022; Gerald & Patson, 2021; Imam et al., 2014).

Sempre que aplicável, nomeadamente nas questões destinadas a aferir opiniões, atitudes ou comportamentos, e que, por essa razão, não foram integradas na classificação final dos testes, recorreu-se ao teste de McNemar para analisar a variação das respostas em itens dicotómicos (por exemplo, revela/não revela; toma decisão/não toma decisão). Embora este procedimento não seja frequentemente explicitado em manuais gerais de metodologia em investigação em educação, a literatura estatística especializada recomenda o teste de McNemar para a análise de mudanças em respostas dicotómicas emparelhadas, particularmente em amostras de pequena dimensão (Adedokun & Burgess, 2011; Fagerland et al., 2013; Field, 2018; Park, 2020; Smith & Ruxton, 2020). Atendendo ao tamanho reduzido da amostra, foi privilegiada a utilização do teste exato de McNemar, com base na distribuição binomial, por se considerar metodologicamente mais adequado neste contexto.

A análise quantitativa permitiu, assim, identificar alterações estatisticamente significativas nos níveis de conhecimento e compreensão ética dos participantes, decorrentes da implementação da intervenção educativa.

4.5.2. Análise de dados qualitativos

Os dados qualitativos, provenientes das entrevistas em grupos focais e individuais e do guião da peça de teatro foram organizados e analisados com recurso ao software NVivo. As entrevistas foram integralmente transcritas e submetidas a uma análise de conteúdo de natureza temática.

O processo analítico foi inicialmente orientado por grelhas de categorização construídas *a priori*, com base nos objetivos da investigação e nos tópicos contemplados nos guiões de entrevista. Contudo, em consonância com os princípios da análise qualitativa defendidos por Bardin (2011), Cohen e colaboradores (2018) e Creswell e Poth (2023), este processo manteve-se flexível, permitindo a incorporação de categorias emergentes. Após a leitura aprofundada e a codificação das transcrições, as grelhas iniciais foram ajustadas, integrando categorias que emergiram indutivamente do discurso dos participantes. Esta articulação entre categorias dedutivas e indutivas assegurou simultaneamente o rigor analítico e a abertura interpretativa necessária à compreensão aprofundada das perceções, significados e aprendizagens desenvolvidas.

A análise temática incidiu, em particular, sobre os temas bioéticos e geoéticos mobilizados, os princípios éticos discutidos e compreendidos, o desenvolvimento de competências de cidadania participativa e as perceções dos participantes relativamente ao impacto da intervenção. Para apoiar a interpretação dos dados, recorreu-se à contabilização das frequências absolutas de referências por categoria temática. Tal como salientam Krueger e Casey (2015), esta quantificação não substitui a análise interpretativa, mas contribui para reforçar a transparência e a consistência da análise, permitindo evidenciar padrões recorrentes no discurso.

Neste estudo, as frequências correspondem ao número de referências codificadas em cada categoria e não ao número de participantes que as mencionaram. Esta opção metodológica, comum na análise de grupos focais, permite captar a intensidade e a diversidade das ideias expressas, valorizando a riqueza do discurso coletivo (Barbour, 2007; Bardin, 2011; Krueger & Casey, 2015). O mesmo critério foi aplicado às entrevistas individuais, entendendo-se as frequências como indicadores da recorrência temática nas respostas das profissionais entrevistadas (Creswell & Poth, 2023).

No caso das respostas do público infantil à atividade lúdica, realizou-se uma análise descritiva simples das escolhas efetuadas, através da contagem das placas de *emojis*, interpretando-as à luz dos temas bioéticos e geoéticos abordados durante a intervenção.

Por fim, os resultados da análise quantitativa e qualitativa foram triangulados, permitindo construir uma interpretação integrada e abrangente do impacto da intervenção. Este processo reforçou a validade dos dados, ao cruzar diferentes fontes e métodos, e possibilitou uma compreensão mais holística das aprendizagens, perceções e práticas desenvolvidas pelos participantes, bem como dos contributos da integração da bioética e da geoética para a promoção de uma cidadania participativa.

4.6. Considerações éticas da investigação

A presente investigação respeitou integralmente os princípios éticos fundamentais aplicáveis à investigação em ciências sociais e humanas (Burgess, 2005; Cohen et al., 2018; Creswell & Guetterman, 2024; Head, 2020), garantindo a proteção dos participantes e a integridade do processo científico. O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos da investigação em educação, tendo obtido parecer favorável da Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, referência CE2023/p56 (apresentado no Anexo 1, página 351).

O desenvolvimento do programa de intervenção ocorreu apenas após a autorização formal da direção da instituição de solidariedade social onde decorreu a investigação (apêndice 18, páginas 347 e 348). Todos os participantes foram informados de forma clara e acessível sobre os objetivos, procedimentos, potenciais riscos e benefícios do estudo, bem como sobre o caráter voluntário da participação.

No caso dos participantes menores, foram obtidos os consentimentos informados dos encarregados de educação (apêndice 19, página 349) e os assentimentos informados das próprias crianças e jovens (apêndice 20, página 350), garantindo o respeito pela sua autonomia e vontade de participar. Foram também recolhidos os consentimentos relativos à utilização de dados, imagens e materiais produzidos no contexto educativo.

Durante todas as fases do estudo, desde o planeamento, à implementação, passando pela recolha de dados, o seu tratamento e divulgação, foram aplicados os princípios de confidencialidade e anonimato, assegurando que nenhuma informação pessoal identificável fosse registada ou divulgada. Os dados recolhidos foram codificados e tratados de forma agregada, impossibilitando a identificação individual dos participantes.

Por fim, todos os participantes (e, no caso dos menores, os respetivos encarregados de educação) foram informados do seu direito de desistência em qualquer momento, sem prejuízo da sua relação com a instituição ou com a investigadora. Este compromisso ético foi fundamental para preservar a transparência, a confiança e o respeito mútuo entre todos os envolvidos no processo de investigação.

Capítulo 5. Análise e discussão dos resultados

O presente capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos no decurso desta tese. Atendendo à diversidade de instrumentos de recolha de dados utilizados, os resultados são apresentados por tipo de instrumento e técnica de análise, culminando numa análise integrada. Inicia-se pela apresentação dos resultados obtidos nos testes, pré- e pós- intervenção (5.1); seguem-se os resultados das entrevistas (5.2), em grupos focais aos participantes do projeto (5.2.1) e aos espetadores da peça de teatro (5.2.2), e as entrevistas individuais às três adultas responsáveis pelo acompanhamento dos alunos na instituição (5.2.3). Posteriormente, analisam-se o produto final do projeto, nomeadamente, o guião da peça de teatro (5.3) e o resultado da atividade lúdica Bio & Geo-heróis (5.4). Por fim, apresenta-se uma discussão integrada de todos os resultados (5.5).

5.1. Análise dos resultados dos testes

De acordo com o explanado no capítulo 4, secção 4.3.1 (páginas 100 a 104), os participantes responderam a dois testes, um sobre geoética (cuja correção pode ser consultada no apêndice 16, páginas 343 e 344) outro sobre bioética (correção apresentada no apêndice 17, páginas 345 e 346). De forma a facilitar a análise, apresentam-se os resultados isoladamente, iniciando-se pelos correspondentes ao teste de geoética e, em seguida, pelos do teste de bioética.

5.1.1. Análise dos resultados do teste de geoética

Os resultados do teste de geoética apresentam-se em seguida na Tabela 20.

Tabela 20

Estatística Descritiva Aplicada aos Resultados do Pré e Pós-Teste Sobre Geoética

	Teste Geoética	
	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)
Média	41,88	85,63
Desvio padrão	26,13	15,48
Mínimo	10	60
Máximo	80	100

Verifica-se um aumento expressivo das pontuações médias, que passaram de 41,88% no pré-teste para 85,63% no pós-teste, o que corresponde a uma melhoria média de 43,75 pontos percentuais. Simultaneamente, observa-se uma redução do desvio padrão, de 26,13 no pré-teste, para 15,48 no pós-teste, indicando maior homogeneidade no desempenho após a intervenção.

Os valores extremos confirmam esta tendência, com um mínimo de 10% no pré-teste e 60% no pós-teste, e pontuação máxima de 80% no pré-teste, e de 100% no pós-teste.

O teste de Wilcoxon, aplicado para comparar os resultados do pré- e do pós-teste, revelou uma diferença estatisticamente significativa ($Z = -3,302$, $p < 0,001$). Adicionalmente, a partir do valor de Z do teste de Wilcoxon, foi calculado o tamanho de efeito do tipo correlação, segundo a fórmula $r = |Z|/\sqrt{N}$ (Rosenthal, 1991), obtendo-se um valor de $r = 0,83$. Segundo os valores propostos por Cohen (1988), $r = 0,10$, $0,30$ e $0,50$ para efeitos pequeno, médio e grande, respetivamente, este valor corresponde a um efeito de muito grande magnitude na aprendizagem dos conceitos.

A magnitude da diferença observada reflete não apenas o aumento global das pontuações, mas também a redução da dispersão, sugerindo uma apropriação mais uniforme e consolidada dos conteúdos pelos participantes.

O teste de Geoética foi concebido para avaliar o grau de compreensão, reflexão e aplicação de princípios éticos relacionados com a interação entre o ser humano, o Sistema Terra e a prática das geociências. A análise dos resultados foi organizada em quatro domínios complementares, que refletem diferentes níveis de complexidade cognitiva e ética:

- Domínio I – Ética geral (Q1): avalia o nível de compreensão concetual da ética, através de uma questão aberta que permite identificar a estrutura semântica e o tipo de raciocínio dos participantes antes e após a intervenção.
- Domínio II – Geoética (Q2 e Q3): analisa o reconhecimento do conceito de geoética e a capacidade de o aplicar a situações quotidianas concretas, avaliando o entendimento sobre as responsabilidades individuais de cada um face ao planeta e aos sistemas naturais.
- Domínio III – Atitudes e comportamentos pró-ambientais (Q4 e Q5): examina as disposições dos participantes perante práticas sustentáveis, diferenciando entre atitudes (intenção e reconhecimento de valor) e comportamentos (ação efetiva).
- Domínio IV – Geoética profissional (Q6 e Q7): avalia a capacidade de deliberação ética em dilemas relacionados com a prática profissional das geociências, promovendo a reflexão sobre responsabilidade científica e social.

Relativamente ao domínio I, a questão Q1 foi analisada com recurso à análise de conteúdo. A partir das respostas (apêndice 6, página 263 a 265), emergiram quatro categorias concetuais cujos resultados se apresentam na Tabela 21.

Tabela 21.

Distribuição das Respostas à Questão 1, do Domínio I, Sobre a Definição de Ética no Pré- e no Pós-Teste de Geoética, por Categorias.

Domínio	Questão	Categoria	Frequência				Código
			Pré-teste (n=16)		Pós- teste (n=16)		
			n	%	n	%	
I	Q1	Desconhecimento/indefinição	12	75,0	1	6,3	I1
		Consciência individual	3	18,8	3	18,8	I2
		Valores e princípios	0	0	6	37,5	I3
		Ação ancorada em valores e princípios	1	6,3	6	37,5	I4

A análise de conteúdo das respostas à Q1 (“O que é para ti a ética?”) evidencia uma mudança concetual marcada entre o pré e o pós-teste. Observa-se uma redução

acentuada do desconhecimento/indefinição, que passa de 75% (n=12) para 6,3% (n=1), indicando clarificação do conceito após a intervenção. A categoria “Consciência individual” mantém-se estável com três respostas em ambos os momentos. Como um dos participantes refere: *“Para mim, ética está relacionada com a nossa consciência, com aquilo que achamos que devemos, ou não, fazer, de acordo com os nossos valores.”* (participante 2, apêndice 6, página 263). Em paralelo, surgem com forte expressão duas categorias: “Valores e princípios” e “Ação ancorada em valores e princípios”. A primeira não estava presente no pré-teste, tendo passado de zero respostas para seis após a intervenção (n=6; 37,5%). Um dos alunos indica *“Responsabilidade, moral, valores, justiça, respeito, liberdade, direitos”* como palavras associadas à ética (participante 5, apêndice 6, página 264). No que diz respeito à categoria “Ação ancorada em valores e princípios”, observou-se um aumento no número de respostas de um (n=1; 6,3%) para seis (n=6; 37,5%). Como exemplo, um dos participantes refere que a ética está relacionada com o *“Respeito, o balanço entre o certo e o errado, justiça e agir de acordo com o que está certo.”* (participante 14, apêndice 6, página 265). Esta evolução sugere o desenvolvimento de uma literacia ética mais robusta, na qual os alunos demonstram compreender a ética não apenas como um conjunto de opiniões ou crenças, mas também como um referencial de valores, princípios e ações norteadas por esses valores e princípios.

De forma a ilustrar a mudança nas respostas dos participantes à questão Q1, antes e após a intervenção, apresenta-se a Figura 13.



Figura 13.

Nuvem de Palavras Obtida a Partir das Respostas à Q1 do Pré (à Esquerda) e do Pós-teste (à Direita), Elaborada Através da Plataforma Mentimeter

Os resultados apresentados, quer na Tabela 21, quer na Figura 13, evidenciam uma mudança. De uma percepção inicial indefinida ou incipiente da ética, entendida sobretudo como opinião ou crença individual, para uma compreensão estruturada, na qual a ética é concebida como um referencial de valores e princípios orientadores da ação e do bem comum.

O segundo domínio do teste de Geoética centrou-se na compreensão e aplicação do conceito de geoética, procurando avaliar em que medida os participantes reconhecem os princípios éticos que orientam a relação entre o ser humano e a Terra, e como os mobilizam para interpretar situações concretas. As respostas às questões Q2 e Q3 são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22.

Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio II (Q2 e Q3)

Domínio	Questão	Pré teste (n=16)		Pós-teste (n=16)	
		n	%	n	%
II	Q2	6	37,5	13	81,3
	Q3	6	37,5	13	81,3

Os resultados mostram um aumento da frequência de respostas corretas, quer na Q2 quer na Q3, passando de um nível de proficiência insatisfatório no pré-teste (n=6; 37,5%) para um nível de proficiência bom no pós-teste (n=13; 81,3%), indicando maior clareza sobre o significado e aplicação da geoética a situações quotidianas.

No domínio III, pretendeu-se analisar a evolução das atitudes e comportamentos pró-ambientais dos participantes, avaliando a forma como a intervenção educativa influenciou o reconhecimento da responsabilidade individual e coletiva em relação à sustentabilidade. As questões Q4 e Q5 abordaram, respetivamente, duas situações do quotidiano: a responsabilidade no consumo (análise dos rótulos e práticas sustentáveis de compra) e a gestão do uso de recursos naturais (consumo de água e energia). Em ambas as questões, as respostas foram recodificadas em dois níveis: não revela atitude ou comportamento pró-ambiental ou revela atitude ou comportamento pró-ambiental. De modo a facilitar a leitura e a comparação das respostas dos participantes antes e após a intervenção, optou-se por apresentar apenas os resultados relativos às respostas que evidenciam atitudes e comportamentos pró-ambientais. Os resultados encontram-se sintetizados na Tabela 23.

Tabela 23.

Frequências de Resposta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio III, Atitudes e Comportamentos Pró-Ambientais (Q4 e Q5)

Domínio	Questão	Pré-teste (n=16)				Pós-teste (n=16)			
		Atitudes		Comportamentos		Atitudes		Comportamentos	
		n	%	n	%	n	%	n	%
II	Q4	9	56,3	7	43,8	14	87,5	9	56,3
	Q5	14	87,5	6	37,5	15	93,8	7	43,8

Relativamente à questão Q4, os resultados evidenciaram um aumento na frequência de respostas que revelam atitudes pró-ambientais, passando de nove participantes no pré-teste (n = 9; 56,3%) para catorze no pós-teste (n = 14; 87,5%). No que respeita à dimensão dos comportamentos pró-ambientais, observou-se, igualmente, um aumento, embora mais moderado, no número de respostas que indicam a adoção desses comportamentos, de sete participantes no pré-teste (n = 7; 43,8%) para nove no pós-teste (n = 9; 56,3%). Relativamente à questão Q5, sobre consumo de água e energia, a grande maioria dos alunos já indicou atitudes pró-ambientais antes da intervenção (n = 14; 87,5%), registando-se um aumento marginal após a intervenção (n = 15; 93,8%). No que concerne aos comportamentos pró-ambientais associados ao gasto de água e energia, os resultados são mais modestos: apenas seis participantes referiram práticas pró-ambientais no pré-teste (n = 6; 37,5%), observando-se uma ligeira subida no pós-teste (n = 7; 43,8%). As diferenças entre o pré e o pós-teste nas questões relativas a atitudes e comportamentos pró-ambientais (Q4 e Q5) foram analisadas através do teste exato de McNemar (cuja utilização se justificou na secção 4.5.1, página 118). Não se observaram diferenças estatisticamente significativas, quer na Q4 (atitudes: p = 0,063; comportamentos: p = 0,727), quer na Q5 (atitudes: p = 1,000; comportamentos: p = 1,000).

O Domínio IV visou avaliar a capacidade de deliberação ética em contextos profissionais das geociências, procurando compreender de que forma os participantes reconhecem e aplicam princípios geoéticos na tomada de decisões perante dilemas relacionados com a prática científica e a responsabilidade social do geocientista. As questões Q6 e Q7 pretenderam simular situações reais, envolvendo, respetivamente, um dilema sobre a utilização de fósseis e outro sobre a prevenção e a comunicação de riscos sísmicos. As respostas a ambas as questões constam da Tabela 24.

Tabela 24.

Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Geoética no Domínio IV (Q6 e Q7)

Domínio	Questão	Pré teste (n=16)		Pós-teste (n=16)	
		N	%	n	%
IV	Q6	8	50,0	13	81,3
	Q7	5	31,3	15	93,8

Em ambas as situações, os resultados revelam um progresso na identificação de comportamentos (geo)eticamente adequados. Na Q6, relacionada com a preservação do património geológico, o número de respostas corretas aumentou do pré-teste (n=8; 50,0%) para o pós-teste (n=13; 81,3%). Na Q7, centrada na gestão e comunicação do risco sísmico, a proporção de respostas corretas também aumentou, passando de um nível de proficiência insatisfatório (n=5; 31,3%) para excelente (n=15; 93,8%). De salientar, ainda, que, no pré-teste, seis participantes (n=6; 37,5%) escolheram a alínea (c), concordando com a decisão do geólogo de divulgar a informação diretamente aos meios de comunicação social, considerando-os a forma mais rápida de chegar à população. Após a intervenção, apenas um participante (n=1; 6,3%) manteve esta opção.

5.1.2. Análise dos resultados dos testes de bioética

O teste de Bioética teve como objetivo avaliar o nível de compreensão, reflexão e aplicação de princípios éticos nas ciências da vida, analisando a evolução concetual e atitudinal dos participantes entre o pré e o pós-teste. As questões foram agrupadas em três domínios complementares, de acordo com a natureza dos conhecimentos e competências avaliadas:

- Domínio I – Conceitos fundamentais de bioética (Q1 a Q2): avalia a compreensão dos princípios e fundamentos da bioética, através de questões de escolha múltipla com cotação quantitativa.
- Domínio II – Dilemas bioéticos (Q3, Q4 e Q5): inclui questões de opinião pessoal sobre situações de conflito ético, procurando aferir a capacidade de deliberação e tomada de posição perante dilemas reais nas ciências da vida.
- Domínio III – Bioética aplicada (Q6 e Q7): integra itens de natureza aplicada, que relacionam a reflexão ética com contextos concretos da prática científica e social.

Os resultados são apresentados por domínio. Na Tabela 25 encontram-se os resultados da estatística descritiva aplicada aos resultados do pré e pós-teste de bioética.

Tabela 25.

Estatística Descritiva Aplicada aos Resultados do Pré e Pós-Teste Sobre Bioética

	Teste Bioética	
	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)
Média	41,6	87,5
Desvio padrão	32,49	12,90
Mínimo	0	75
Máximo	100	100

A média das classificações obtidas pelos participantes evidenciou uma melhoria substancial entre o pré e o pós-teste. Registou-se um aumento de 45,9 pontos percentuais na média entre ambos os momentos, com resultado mais favorável no pós-teste. A análise dos desvios-padrão e das classificações mínimas e máximas em cada um dos momentos de avaliação revela, igualmente, uma menor dispersão no desempenho dos participantes no pós-teste, em relação ao pré-teste.

Foi realizado o teste de Wilcoxon que revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os dois momentos ($Z=-3,207$, $p=0,001$), tendo-se obtido um valor de efeito de tamanho $r=0,80$. De acordo com os critérios de Cohen (1988), este valor corresponde a um efeito muito grande, evidenciando um impacto robusto da intervenção educativa.

De forma a analisar com maior detalhe os resultados dos participantes, apresentam-se por domínio ao primeiro domínio avaliado (Q1 e Q2), apresentam-se na Tabela 26 os resultados antes e após a intervenção.

Tabela 26.

Frequências de Resposta Correta Para Cada Uma das Questões do Pré e Pós-Teste de Bioética no Domínio I (Q1 e Q2)

Domínio	Questão	Pré teste (n=16)		Pós-teste (n=16)	
		N	%	n	%
I	Q1	8	50,0	16	100,0
	Q2	1	6,3	16	100,0

Os resultados mostram um aumento considerável da frequência de respostas corretas antes e após a intervenção. No pré-teste, oito participantes responderam de forma acertada à Q1 (n=8; 50,0%) aumentando para dezasseis alunos no pós-teste (n=16; 100%). No que diz respeito à Q2, a variação é ainda maior, passando de uma resposta correta no pré-teste (n=1; 6,3%), para dezasseis respostas acertadas no pós-teste (n=16; 100%). Isto sugere que a intervenção foi eficaz no aumento dos conhecimentos dos participantes sobre bioética, mormente no que concerne à identificação da sua definição e dos seus princípios.

Segue-se o domínio II, onde três questões de opinião avaliaram a capacidade de decisão dos participantes perante dilemas bioéticos relacionados com o uso de embriões humanos na investigação (Q3), o recurso a animais como cobaias (Q4) e a utilização da inteligência artificial na tomada de decisões médicas (Q5). Estas questões não tinham resposta correta ou incorreta, procurando apenas identificar a posição dos alunos para tomar uma decisão fundamentada face a situações moralmente complexas. Na Tabela 27 encontram-se os resultados obtidos na resposta à questão Q3.

Tabela 27.

Resposta dos Participantes à Q3 do Teste de Bioética “Qual a Tua Opinião Sobre o Uso de Embriões Humanos na Investigação Científica?”

Domínio	Questão	Resposta	Pré		Pós	
			n	%	n	%
II	Q3	Concordo	1	6,3	4	25,0
		Não concordo	0	0,0	3	18,8
		Concordo, dependendo da situação	6	37,5	8	50,0
		Não sei responder	9	56,3	1	6,3

Antes da intervenção, mais de metade dos participantes (n=9; 56,3%) respondeu “não sei”, revelando indecisão ou falta de posicionamento face ao tema. Após a intervenção, essa proporção reduziu-se drasticamente para apenas um participante (n=1; 6,3%), enquanto aumentou a percentagem dos que tomaram uma decisão (indicando “concordo”, “não concordo” ou “concordo dependendo da situação”) para (n=15; 93,8%) no pós-teste.

Os participantes também foram questionados sobre a sua opinião relativamente ao uso de animais como cobaias na investigação (Q4). As suas respostas apresentam-se na Tabela 28.

Tabela 28.

Respostas dos Participantes à Q4 do teste de Bioética “Concordas Com a Utilização de Animais Como Cobaias na Investigação Científica?”

Domínio	Questão	Resposta	Pré		Pós	
			n	%	n	%
II	Q4	Concordo	0	0,0	0	0,0
		Não concordo	8	50,0	16	100,0
		Concordo, dependendo da situação	2	12,5	0	0,0
		Não sei responder	6	37,5	0	0,0

No pré-teste, metade (n=8; 50,0%) indicou “não concordo”, seis alunos (n=6; 37,5%) revelaram “não sei responder” e dois (n=2; 12,5%) optaram por “concordo dependendo

da situação”. Após a intervenção, todos os participantes (n=16; 100%) afirmaram “não concordar” com a utilização de animais como cobaias, eliminando por completo as outras opções de respostas.

Por fim, os alunos foram questionados sobre a sua opinião quanto ao uso da inteligência artificial na tomada de decisão médica (Q5). As suas respostas apresentam-se na Tabela 29.

Tabela 29.

Respostas dos Participantes à Q5 do Teste de Bioética “O que Pensas Sobre a Utilização da Inteligência Artificial na Tomada de Decisões Médicas (Por Exemplo, Fazer Diagnósticos ou Decidir Tratamentos)?”

Domínio	Questão	Resposta	Pré		Pós	
			n	%	n	%
II	Q5	Concordo	1	6,3	1	6,3
		Não concordo	4	25,0	4	25,0
		Concordo, dependendo da situação	3	18,8	7	43,8
		Não sei responder	8	50,0	4	25,0

Antes da intervenção, metade dos participantes (n=8; 50,0%) indicaram “não saber responder/não ter opinião formada”. Este número reduziu-se para quatro (n=4; 25,0%) no pós-teste. Simultaneamente, aumentou o número de alunos que tomaram uma decisão (indicando “concordo”, “não concordo” ou “concordo dependendo da situação”) para 12 (n=12; 75,0%), após a intervenção.

Para avaliar a evolução global na capacidade de decisão, as respostas foram agrupadas em duas categorias: “toma decisão” e “não sabe/não toma decisão”. O teste exato de McNemar foi realizado para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas nas três questões, conforme apresentado na Tabela 30.

Tabela 30.

Resultados do Teste Exato de McNemar Para as Questões Q4 a Q6 do Teste de Bioética

Domínio	Questão	Resposta	Pré-teste		Pós-teste		p (exato)
			n	%	n	%	
II	Q3	Toma decisão	7	43,8	15	93,8	0,008*
	Q4	Toma decisão	10	62,3	16	100	0,031*
	Q5	Toma decisão	8	50,0	12	75	0,031*

Nota: * $p < 0,05$.

O teste exato de McNemar revelou diferenças estatisticamente significativas entre o pré e o pós-teste nas questões Q3 ($p = 0,008$), Q4 ($p = 0,031$) e Q5 ($p = 0,031$), indicando um aumento da proporção de participantes que passaram a adotar uma posição face ao uso de embriões humanos e de animais na investigação científica (respetivamente, Q3 e Q4) e ao recurso à inteligência artificial na tomada de decisões médicas (Q5).

Finalmente, apresentam-se na Tabela 31 as frequências de respostas corretas nas questões do domínio III (Q6 e Q7).

Tabela 31.

Frequências de Respostas Corretas à Questão Q6 e Q7 do Teste de Bioética

Domínio	Questão	Pré teste (n=16)		Pós-teste (n=16)	
		n	%	n	%
III	Q6	7	43,8	9	56,3
	Q7	5	31,3	7	43,8

A análise das respostas às questões Q6 e Q7, relativas à aplicação da bioética a duas situações hipotéticas. A análise das questões Q6 e Q7, que integram o domínio da bioética aplicada, permite avaliar a capacidade dos participantes de transferir os princípios éticos para dilemas concretos da vida profissional e social.

Na Q6, referente à prática médica num contexto do surgimento de uma doença infecciosa, foram consideradas corretas as alíneas (a) e (b). Observou-se uma melhoria modesta na proporção de respostas corretas, de 43,8% ($n = 7$) no pré-teste, para 56,3% ($n = 9$) no pós-teste, o que representa um ganho de 12,5 pontos percentuais. Este

resultado indica uma evolução positiva na compreensão da aplicação da bioética à situação hipotética apresentada.

Na questão Q7, que apresentava o dilema bioético do uso de substâncias ilícitas para melhorar o desempenho desportivo, apenas a alínea (d) foi considerada correta. O número de respostas adequadas aumentou de cinco (n=5; 31,3%) para sete (n=7; 43,8%), correspondendo a um ganho de 12,5 pontos percentuais.

5.1.3. Análise integrada dos resultados dos testes de Bio e de Geoética

A análise integrada dos testes de Bioética e Geoética permite compreender, de forma articulada, a evolução dos participantes na compreensão dos princípios éticos, na deliberação perante dilemas morais e na capacidade de transferir esses princípios para contextos reais de decisão. Em ambos os instrumentos, observam-se ganhos significativos nas classificações totais, o que demonstra a eficácia da intervenção educativa no desenvolvimento de conhecimento sobre os temas.

Apesar da natureza distinta dos dois domínios, a Bioética centrada nas ciências da vida e nas relações humanas, e a Geoética focada na responsabilidade perante o sistema Terra, ambas as áreas mostraram trajetórias convergentes de desenvolvimento concetual e atitudinal. Nos dois casos, os participantes evoluíram de respostas marcadas pela indefinição para uma ética mais estruturada, informada e orientada por valores universais, como a responsabilidade, a justiça e o respeito. Essa mudança evidencia uma transição cognitiva e valorativa, na qual os alunos deixam de encarar os dilemas éticos como simples opiniões pessoais e passam a compreendê-los como situações que exigem reflexão crítica, argumentação e deliberação fundamentada, dimensões centrais da literacia ética e científica (Osborne & Allchin, 2024; ten Have, 2016).

No domínio da Bioética, os resultados mostram uma progressão acentuada na compreensão concetual e na clarificação de princípios, enquanto na Geoética se verificou uma evolução expressiva na capacidade de reconhecer comportamentos eticamente adequados em contextos ambientais e profissionais.

Esta complementaridade confirma que as duas áreas, embora distintas, contribuem de forma integrada para o desenvolvimento de competências transversais, nomeadamente: (i) o pensamento sistémico, que permite compreender a interdependência entre o humano e o planeta; (ii) a reflexão crítica e ética, que sustenta decisões responsáveis;

e (iii) o contributo para a sustentabilidade, transformando o conhecimento em ação (Bianchi et al., 2022; Brundiers et al., 2020; OECD, 2019; Vasconcelos & Orion, 2021).

Relativamente às questões do teste de geoética destinadas a aferir atitudes e comportamentos pró-ambientais (domínio III, Q4 e Q5), os resultados indicam que, após a intervenção, os alunos reconhecem com maior clareza a importância das ações sustentáveis; contudo, nem todos traduzem essa consciência em comportamentos efetivos. Esta discrepância entre atitudes e comportamentos encontra-se amplamente documentada na literatura e reflete os desafios associados à transição entre intenção e prática, frequentemente condicionada por fatores contextuais, económicos e socioculturais (Kollmuss & Agyeman, 2002). Não obstante, a literatura evidencia que o desenvolvimento de conhecimentos ambientais constitui um fator precursor relevante para a formação de atitudes e, posteriormente, de comportamentos pró-ambientais (Liobikienė et al., 2019; Liu et al., 2020; Mendes et al., 2025). Nesse sentido, os ganhos observados no domínio da geoética sugerem que a intervenção contribuiu para a criação de um quadro cognitivo e ético mais favorável ao desenvolvimento progressivo de atitudes e comportamentos pró-ambientais. Estes resultados reforçam a importância de experiências educativas que articulem reflexão ética e ação concreta, como condição para o fortalecimento da cidadania participativa dos alunos.

As melhorias observadas nas respostas às questões Q6 e Q7 (domínio IV do teste de geoética) indicam que os participantes passaram a reconhecer com maior clareza o papel do geocientista, responsável não apenas pela produção de conhecimento, mas também pelas consequências sociais e ambientais das suas decisões. Adicionalmente, a Q7 avaliava a capacidade dos participantes de deliberar eticamente sobre a comunicação de informação sensível em contexto de risco sísmico, confrontando-os com um dilema que exigia equilibrar transparência, responsabilidade e prevenção do pânico social. As diferenças entre as respostas antes e após a intervenção indicam uma mudança em direção a maior prudência e reflexão ética sobre o papel da comunicação da ciência. Esta alteração é particularmente relevante à luz das preocupações atuais da sociedade quanto ao consumo acrítico de informação e à influência desproporcionada dos meios de comunicação e das redes sociais na formação de opiniões e comportamentos, especialmente entre os jovens (OECD, 2023; UNESCO, 2023). A redução das respostas favoráveis à divulgação imediata da informação pelos media sugere que, após a intervenção, os participantes passaram a reconhecer a importância de filtrar e contextualizar a informação científica, compreendendo que a comunicação ética exige responsabilidade, precisão e respeito pelo impacto social da mensagem

(Osborne & Allchin, 2024). Estes resultados reforçam a eficácia da intervenção educativa na promoção da literacia geoética aplicada, ao incentivar os alunos a deliberar sobre dilemas profissionais e a compreender que a ética nas geociências se traduz em ações concretas de responsabilidade e prevenção (Peppoloni & Di Capua, 2017).

No que concerne ao teste de bioética, a melhoria observada nas questões de opinião (domínio II, Q3 a Q5) reforça esta leitura. A diminuição das respostas “não sei” indica maior segurança na tomada de posição ética, bem como uma melhor compreensão das implicações sociais e morais da ação científica. Estes resultados confirmam que o desenvolvimento da literacia ética não se limita à aquisição de conhecimentos, mas envolve a capacidade de ponderar, de justificar e de agir de forma coerente com os próprios valores, uma competência reconhecida como essencial para a formação de cidadãos críticos e participativos (OECD, 2023).

Relativamente ao domínio III do teste de bioética (Q6 e Q7), os resultados mostram que, após a intervenção, os alunos reconhecem mais claramente os fundamentos éticos das decisões em contextos profissionais, mas continuam a demonstrar maior segurança nas dimensões teóricas da bioética do que nas decisões morais complexas. Os dados indicam, ainda, um aumento da sensibilidade dos participantes para os princípios de justiça, integridade e responsabilidade, fundamentais na ética aplicada ao desporto, embora o nível global de respostas corretas ainda revele necessidade de aprofundar a reflexão sobre dilemas éticos associados à pressão externa e à competitividade. A inclusão de dilemas reais, como os utilizados nas Q6 e Q7, poderá, assim, ser uma ferramenta educativa eficaz para fomentar deliberação ética e a responsabilidade social. De modo geral, os resultados integrados dos testes sobre geoética e bioética apontam para uma evolução ética e cidadã articulada, evidenciando que a educação científica pode e deve promover a consciência moral e a responsabilidade social. Os alunos não apenas ampliaram o seu conhecimento concetual sobre ética, como também desenvolveram competências de deliberação e tomada de decisão, traduzidas numa maior predisposição para agir em conformidade com valores de sustentabilidade e justiça. Este percurso de aprendizagem confirma o potencial da integração da bioética e da geoética como eixos complementares de uma educação científica com (cons)ciência, orientada para a formação de cidadãos capazes de compreender, avaliar e intervir ativamente no mundo.

5.2. Análise dos resultados das entrevistas

De forma a facilitar a análise dos resultados das entrevistas aos três grupos distintos, estes encontram-se apresentados de acordo com as categorias concebidas para a categorização das respostas aos guiões de entrevista. As frequências apresentadas nas tabelas correspondem ao número de referências codificadas por categoria, podendo, assim, um mesmo participante contribuir com mais de uma ocorrência.

O presente subcapítulo inicia-se com a apresentação dos resultados das entrevistas aos participantes do projeto, segue-se a análise das entrevistas aos espetadores e, finalmente, são analisadas as entrevistas às colaboradoras da instituição.

5.2.1. Análise dos resultados das entrevistas aos participantes do projeto

Para avaliar as perceções e aprendizagens dos participantes no programa de intervenção, foram realizados dois grupos focais, envolvendo 12 alunos (75,0% da amostra inicial). O número de entrevistados corresponde ao total de participantes disponíveis no dia em que as entrevistas tiveram lugar.

A Tabela 32 apresenta os resultados obtidos nas entrevistas aos participantes, no que concerne à categoria A – Interesse no projeto.

Tabela 32.

Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria A - Interesse no Projeto (Q1)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
A. Interesse no projeto	A1. Revela gosto pela participação no projeto.	EPA1	10
	A2. Não revela gosto pela participação no projeto.	EPA2	0
	A3. Indica uma atividade mais apreciada.	EPA3	18
	A4. Não indica uma atividade mais apreciada.	EPA4	0
	A5. Indica uma atividade menos apreciada.	EPA5	1
	A6. Não indica uma atividade menos apreciada.	EPA6	3
	A7. Sugere melhorias para o projeto.	EPA7	5

Relativamente à categoria A, Interesse no projeto, a maioria dos participantes revelou entusiasmo pela participação (EPA1, n=10), mencionando que a experiência de participação “foi boa” (Participante 2, Participante 3, apêndice 2, página 215), “*gostei muito, adorei*” (Participante 4, apêndice 2, página 215) ou ainda “*aprendi muito sobre bioética e geoética*” (Participante 4, apêndice 2, página 215). Os participantes destacaram algumas das atividades que mais apreciaram (EPA3, n=18), tais como: “*a do aquário*” (Participante 1, Participante 2, apêndice 2, página 215), “a atividade do *escape room*” (Participante 7, apêndice 2, página 216), a atividade sobre a investigação em animais (Participante 3, apêndice 2, página 216), a atividade de role play sobre o “*debate das espécies*” (Participante 9, apêndice 2, página 226) ou o teatro, “*Adorei o teatro também*” (Participante 4, apêndice 2, página 217). Um dos participantes sublinhou que “*o teatro foi a melhor coisa*” (Participante 7, apêndice 2, página 217). Apenas um mencionou uma atividade menos apreciada (EPA5, n=1), referindo que não gostou “da atividade das caixas” porque lhe provocou “ansiedade” (Participante 5, apêndice 2, página 216). Foram ainda apresentadas sugestões de melhoria (EPA7, n=5),

relacionadas com o número de participantes que frequentavam uma das seções semanais de atividades do projeto. Segundo um dos alunos, o projeto teria sido mais vantajoso se o grupo de participantes não fosse tão elevado, uma vez que *“às vezes nós não conseguíamos fazer tudo”* (Participante 11, apêndice 2, página 225). Outro indica que na atividade do *escape room* *“algumas pessoas só encontraram uma pista e outras já estavam ali a tentar desvendar mistérios que eram apenas para o final do jogo”* (Participante 9, apêndice 2, página 226). A outra sugestão de melhoria do projeto relaciona-se com o tempo disponibilizado para treinar o texto da peça de teatro com todos os intervenientes. Como indicado por um participante: *“se tivéssemos tido mais tempo para treinar as falas do teatro, ainda melhor!”* (Participante 11, apêndice 2, página 228).

Em seguida, a Tabela 33 apresenta as frequências absolutas de respostas obtidas nas entrevistas aos participantes, no que concerne à categoria B. Metodologia de ensino utilizada.

Tabela 33.

Frequência Absoluta de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria B - Metodologia de Ensino (Questões Q2 e Q3)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
B. Metodologia de ensino	B1. Menciona nunca ter participado num projeto semelhante no ensino formal.	EPB1	5
	B2. Considera a metodologia de ensino por projetos interessante.	EPB2	6
	B3. Não considera a metodologia de ensino interessante, preferindo um ensino mais tradicional (transmissivo).	EPB3	0
	B4. Indica vantagens deste projeto relativamente ao ensino mais transmissivo.	EPB4	6
	B5. Não indica vantagens deste projeto relativamente ao ensino mais transmissivo.	EPB5	0
	E4. Não menciona benefícios sociais decorrentes da participação no projeto.	EPE4	0

A análise da Tabela 33 mostra que vários participantes destacaram nunca ter participado em projetos semelhantes no ensino formal (EPB1, n=5). Como menciona um dos entrevistados: *“É assim, já tivemos teatro na escola, mas não sobre temas de ciências”* (Participante 9, apêndice 2, página 227). Os participantes consideraram a metodologia interessante (EPB2, n=6) e identificaram vantagens face ao ensino tradicional, mais transmissivo (EPB4, n=6), afirmando que com este *projeto “é mais fácil e mais divertido aprender”* (Participante 2, apêndice 2, página 218); *“fica mais fácil compreender o que estamos a aprender” ou “eu prefiro [aprender] desta forma, é mais lúdica.”* (Participante 9, apêndice 2, página 227). Nenhum participante referiu preferir um ensino mais transmissivo, relativamente ao ensino por projeto (EPB3, n=0).

Em seguida, a Tabela 34 apresenta as frequências absolutas de respostas obtidas nas entrevistas aos participantes, no que concerne à categoria C - Aprendizagem dos temas abordados.

Tabela 34.

Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria C - Metodologia de Ensino (Q4)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
C. Aprendizagem dos temas abordados	C1. Refere que ambos os temas (bioética e geoética) são difíceis de compreender, justificando.	EPC1	3
	C2. Refere que ambos os temas (bioética e geoética) são difíceis de compreender, mas não justifica.	EPC2	2
	C3 Refere dificuldades na compreensão da bioética, justificando.	EPC3	1
	C4. Refere dificuldades na compreensão da bioética, mas não justifica.	EPC4	4
	C5. Refere dificuldades na compreensão da geoética, justificando.	EPC5	1
	C6. Refere dificuldades na compreensão da geoética, mas não justifica.	EPC6	4

Vários participantes consideraram a bioética e a geoética difíceis de compreender (EPC1 a EPC6, n=15). De acordo com alguns, os temas *“são um pouco complicados de compreender”* (Participante 7, apêndice 2, página 218), mas a abordagem pluriestratégica e orientada para a investigação do projeto permitiu que ficassem *“mais simples de entender”* (Participante 7, apêndice 2, página 218). Adicionalmente, outros salientaram que *“para aprendermos sobre estes temas, foi muito importante termos ajudado na escrita e depois apresentarmos a peça de teatro aos mais novos”* (Participante 11, apêndice 2, página 229). Em relação à comparação entre o grau de dificuldade da bioética e da geoética, os participantes divergiram: alguns consideraram a bioética mais complicada *“porque foi algo novo”* (Participante 9, apêndice 2, página 229), enquanto outros apontaram a geoética como mais difícil, *“porque eu sempre associei a geoética somente às pedras, e não estava a perceber que era sobre o nosso impacto sobre todo o sistema Terra...”* (Participante 11, apêndice 2, página 228).

A Tabela 35 apresenta os resultados obtidos nas entrevistas aos participantes, no que concerne à categoria D, Conhecimento e aplicação.

Tabela 35.

Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à categoria D - Conhecimento e Aplicação dos Temas Abordados (Q5 e Q6)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
D. Conhecimento e aplicação dos temas abordados	D1. Dá um exemplo relevante de dilema bioético.	EPD1	3
	D2. Dá um exemplo relevante de dilema geoético.	EPD2	4
	D3. Demonstra dificuldade em dar exemplos de dilemas bioéticos relevantes de forma espontânea.	EPD3	0
	D4. Demonstra dificuldade em dar exemplos de dilemas geoéticos relevantes de forma espontânea.	EPD4	0
	D5. Reflete sobre solução(ões) para o dilema bioético apresentado.	EPD5	10
	D6. Reflete sobre solução(ões) para o dilema geoético apresentado.	EPD6	5

Apesar de atribuírem algum grau de dificuldade aos temas abordados, no que diz respeito à categoria D, Conhecimento e aplicação dos temas, vários adolescentes foram capazes de apresentar exemplos relevantes de dilemas bioéticos (EPD1, n=3) e geoéticos (EPD2, n=4). Salienta-se que alguns dos exemplos mencionados não tinham sido abordados no decurso do projeto, como o tema da eutanásia (Participante 4, apêndice 2, página 219) ou da equidade no acesso aos serviços de saúde (Participante 10, apêndice 2, página 231), no caso de questões bioéticas, ou da justiça climática (Participante 5, apêndice 2, página 221) e do cultivo intensivo dos solos (Participante 12, apêndice 2, página 231), no caso de assuntos de âmbito geoético. Adicionalmente, os participantes demonstraram capacidade de refletir sobre possíveis soluções quer no caso dos temas bioéticos indicados (EPD5, n=10), quer no caso dos geoéticos (EPD6, n=5). Em relação à questão da eutanásia, um dos participantes indica que, na sua opinião, *“o médico propõe, mas a pessoa é que decide”* (Participante 4, apêndice 2, página 224). Outro menciona que *“...devia existir um tribunal para decidir se o paciente tem direito, ou não, a decidir sobre a eutanásia”* (Participante 5, apêndice 2, página 223), o que revela algum desacordo nas soluções apresentadas. Por outro lado, no caso das questões geoéticas decorrentes do excessivo uso de uma agricultura intensiva, houve mais consenso quanto à solução. Como um dos entrevistados referiu:

“Então, se os agricultores usarem muitos fertilizantes e produtos químicos, podem aumentar a produção a curto prazo. Mas acabam por danificar os ecossistemas porque esses produtos poluem os solos e as águas subterrâneas, podendo provocar danos em outros seres vivos. Ou seja, isto não é geoético, porque não previne danos a longo prazo.” (Participante 12, apêndice 2, página 231 e 232).

O mesmo participante indica a utilização da agricultura *“biológica”* como alternativa para evitar/mitigar este problema, enquanto um colega menciona o recurso a uma *“agricultura mais familiar”* (Participante 11, apêndice 2, página 232).

Em seguida, na Tabela 36, apresentam-se os resultados obtidos nas entrevistas aos participantes, no que concerne à categoria E - Benefícios do projeto.

Tabela 36.

Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à Categoria E - Benefícios da Participação (Q7 e Q8)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
E. Benefícios da participação	E1. Indica o desenvolvimento de competências individuais.	EPE1	13
	E2. Não indica o desenvolvimento de competências individuais.	EPE2	0
	E3. Menciona benefícios sociais decorrentes da participação no projeto.	EPE3	7
	E4. Não menciona benefícios sociais decorrentes da participação no projeto.	EPE4	0

A Tabela 36 revela que os participantes identificaram benefícios da sua participação no projeto, mormente, o desenvolvimento de competências individuais (EPE1, n= 13). Os adolescentes indicaram ter aprendido: *“a ser justo e responsável”* (Participante 7, Apêndice 2, página 222); *“a trabalhar em equipa”* (Participante 2, Apêndice 2, página 222); *“a ser mais criativos”* (Participante 2, Apêndice 2, página 222); *“a lidar com temas do mundo, a começar a ser mais sustentáveis”* (Participante 4, apêndice 2, página 222); *“a pensar e a argumentar melhor sobre elementos da vida”* (Participante 5, apêndice 2, página 223), *“a conhecer mais um pouco o nosso mundo”* (Participante 12, apêndice 2, página 232).

Os adolescentes referiram ainda benefícios sociais da sua participação no projeto (EPE3, n=7). Neste âmbito, salientaram que: *“podemos ajudar com aquilo que nós aprendemos, com a informação que retiramos das atividades, podemos pôr em prática aquilo que aprendemos”* (Participante 2, apêndice 2, página 223); *“...no fundo, se nós aprendemos a ser mais responsáveis, a pensar mais no futuro do planeta, a ser mais justos, então, a sociedade também vai beneficiar com isto”* (Participante 12, apêndice 2, página 233); *“...aprendendo mais sobre estes temas, acho que contribui para as pessoas aprenderem a ser mais justas e responsáveis”* (Participante 10, apêndice 2, página 233); *“...também contribui para a sociedade, no futuro, ser mais sustentável”* (Participante 9, apêndice 2, página 234).

Por último, a Tabela 37 apresenta as frequências absolutas das respostas dadas pelos participantes relativamente à categoria F, relativa à perceção da relevância dos temas abordados.

Tabela 37.

Frequência de Respostas às Questões do Guião de Entrevistas em Grupos Focais aos Participantes do Projeto, Relativamente à Categoria F - Relevância dos Temas (Q9)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta
F. Relevância dos temas	F1. Considera importante aprender sobre bioética e geoética no ensino formal.	EPF1	6
	F2. Não considera importante aprender sobre bioética e geoética no ensino formal.	EPF2	0
	F3. Identifica o 1º CEB como idade para introduzir a aprendizagem de bioética e de geoética no ensino formal.	EPF3	5
	F4. Identifica o 2º CEB como idade para introduzir a aprendizagem de bioética e de geoética no ensino formal.	EPF4	0
	F5. Identifica o 3º CEB como idade apropriada para a introdução da aprendizagem de bioética e de geoética no ensino formal.	EPF5	1
	F6. Identifica o Ensino Secundário como idade para introduzir a aprendizagem de bioética e de geoética no ensino formal.	EPF6	1
	F7. Justifica a escolha da idade referida como adequada para o início de aprendizagem sobre bioética e geoética.	EPF7	7

Relativamente à última categoria analisada, F. Relevância dos temas, os participantes consideraram importante aprender sobre bioética e geoética no ensino formal (EPF1, n= 6; EPF2=0). Não obstante, revelaram alguma discórdia nas idades mais adequadas para a sua introdução no ensino. A maioria indicou o 1.º CEB (EPF3, n=5), destacando, no entanto, a importância das estratégias utilizadas na abordagem desses temas:

“Depende muito da maneira como vamos ensinar, porque se for assim, limitarmos a estar sentados a ouvir alguém, eu acho que seria a partir dos 12 anos, mas agora, da maneira que nós ensinamos, através do teatro, eu acho que pode ser desde o 1º ano”. (Participante 9, apêndice 2, página 234).

No mesmo sentido, outra opinião indica:

“Do 1º ao 4º ano, de uma forma mais tipo brincadeira com jogos. Do 5º ao 8º ano, já se começa a ter um bocadinho mais maturidade, já se pode entrar mais no assunto, e do 9º ano para cima, aí já se pode falar mais a sério” (Participante 5, apêndice 2, página 224).

Um aluno menciona a necessidade de aprender sobre bio e geoética em qualquer idade, justificando com a importância dos temas para a sociedade:

“Eu acho que devíamos aprender [bioética e geoética] em qualquer idade, principalmente no 1º ano [de escolaridade], mas em qualquer idade...porque há muitas pessoas que não sabem nada sobre isto, e seria importante para a sociedade que soubessem um pouco mais.” (Participante 11, apêndice 2, página 235).

No grupo dos participantes que referem os outros ciclos de ensino como mais adequados para a aprendizagem de bioética e de geoética, 3º CEB (EPF4, n=1) e ensino secundário (EPF6, n=1), as justificações prendem-se com a maior maturidade dos alunos nesses níveis de ensino.

5.2.2. Análise dos resultados das entrevistas aos espetadores do produto final (peça de teatro)

Neste grupo, foram entrevistadas em grupos focais todas as crianças que assistiram à apresentação da peça de teatro e estavam disponíveis no dia marcado para as entrevistas (n=18; 75%). Na Tabela 38 encontram-se as frequências absolutas de respostas às diferentes questões do guião de entrevista em grupos focais, aplicado a esta amostra transcrição das entrevistas às crianças do 1ºCEB encontra-se no apêndice 3 (páginas 236 a 242) e a transcrição das entrevistas às crianças do 2ºCEB pode ser consultada no apêndice 4 (páginas 243 a 250).

Tabela 38.

Resultados das Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores à Categoria A - Reação à Peça

Categoria	Subcategoria	Código	Questão
A. Reação à peça	A1. Revela agrado/interesse em relação à peça de teatro.	EEA1	5
	A2. Não revela agrado/interesse em relação à peça de teatro.	EEA2	0
	A3. Indica ter estado atento durante a apresentação da peça de teatro.	EEA3	3
	A4. Indica ter estado desatento em algum momento da peça de teatro.	EEA4	3
	A5. Valoriza a possibilidade de intervir na votação final.	EEA5	10
	A6. Não valoriza a possibilidade de intervenção na votação final da peça.	EEA6	0

No que concerne à categoria A, relacionada com o interesse no projeto, os resultados indicam que os espetadores, de uma forma consensual, demonstraram agrado e interesse pela peça (código EEA1, n=5) e valorizaram a possibilidade de intervir na votação final (EEA5, n=10), havendo apenas alguns casos de desatenção pontual (EEA4, n=3). De um modo geral, as entrevistas revelaram que os participantes evidenciaram agrado pela possibilidade de escolher o veredito, enquanto jurados, no final de cada um dos julgamentos, referindo que “*foi fixe*” (Espetador 14, apêndice 4, página 244) e “*deu mais diversão ao teatro*” (Espetador 17, apêndice 4, página 244). Outras crianças concordaram que a sua opinião não é frequentemente ouvida pelos adultos.

Relativamente à categoria B, referente à estratégia de aprendizagem, as frequências absolutas das respostas são apresentadas na Tabela 39.

Tabela 39.

Resultados das Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria B - Estratégia de Aprendizagem.

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência
iB. Estratégia de aprendizagem	B1. Refere que já participou ou assistiu a peças teatrais relacionadas com conteúdos escolares.	EEB1	2
	B2. Refere que já participou ou assistiu a peças teatrais, mas sem relação com conteúdos escolares.	EEB2	7
	B3. Refere que não se recorda se já participou, ou não, numa experiência semelhante na escola.	EEB3	1
	B4. Refere nunca ter participado numa experiência semelhante na escola.	EEB4	0
	B5. Valoriza a aprendizagem de conteúdos escolares através de uma peça de teatro.	EEB5	6
	B6. Valoriza parcialmente a aprendizagem de conteúdos escolares através de uma peça de teatro.	EEB6	3
	B7. Não valoriza a aprendizagem de conteúdos escolares através de uma peça de teatro.	EEB7	1
	B8. Valoriza a aprendizagem com o teatro relativamente ao método tradicional, justificando.	EEB8	2
	B9. Valoriza a aprendizagem com o teatro relativamente ao método tradicional, mas não justifica.	EEB9	3
	B10. Não valoriza a aprendizagem através do teatro relativamente ao método mais tradicional.	EEB10	1

A maioria das crianças referiu já ter experienciado atividades de teatro, não relacionadas com conteúdos escolares (EEB2; n=7), enquanto apenas dois mencionaram experiências de teatro com conteúdos escolares (EEB1; n=2). Destaca-se que 6 alunos valorizaram o teatro como forma de aprendizagem (EEB5; n=6) e outros 5 valorizaram parcialmente (EEB6; n=5) ou compararam-no positivamente com métodos tradicionais (EEB8; n=2 e EEB9; n=3). Uma das justificações mencionadas referiu: “*Eu gostei de aprender assim, através do teatro. Acho mais divertido*” (Espetador 6, apêndice 3, página 239). Outro participante indicou que não gosta de aprender através de um ensino

transmissivo porque “...isso é chato!” (Espetador 13, apêndice 4, página 245). “*Poucas vezes eu aprendo, mas é melhor assim*” (Espetador 14, apêndice 4, página 245). Surgiram duas referências negativas à aprendizagem de conteúdos escolares com recurso ao teatro (EEB7, n=1 e EEB10, n=1), ambas nas entrevistas em grupos focais com as crianças que frequentavam o 1º CEB.

Em seguida, a Tabela 40 apresenta as frequências absolutas das respostas relativas à categoria C, referente à identificação dos temas.

Tabela 40.

Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria C - Identificação dos Temas

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência
Identificação dos temas	C1. Identifica corretamente os temas (bioética e geoética).	EEC1	4
	C2. Identifica o tema da bioética, mas não o da geoética.	EEC2	0
	C3. Identifica o tema da geoética, mas não o da bioética.	EEC3	0
	C4. Revela dificuldades na identificação dos temas.	EEC4	2
	C5. Refere desconhecimento prévio de ambos os conceitos.	EEC5	10

A maioria dos espetadores revelou desconhecimento prévio dos conceitos abordados na peça de teatro (EEC5, n=10). Não obstante, quatro identificaram corretamente os temas abordados (EEC1, n=4), verificando-se ainda dois casos de dificuldade nessa identificação (EEC4, n=2). Estes dados confirmam a novidade dos temas para esta faixa etária.

Na tabela 41 encontram-se os resultados das frequências absolutas das respostas às questões do guião de entrevista relativas à categoria D, compreensão e aplicação dos conceitos abordados, e à categoria E, outros.

Tabela 41.

Frequências Absolutas das Respostas dos Espetadores da Peça de Teatro à Categoria D - Compreensão e Aplicação dos Conceitos

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência
D. Compreensão e aplicação dos conceitos	D1. Define bioética corretamente.	EED1	0
	D2. Define geoética corretamente.	EED2	0
	D3. Define bioética de forma incipiente, usando termos adequados (ex: atenção, cuidado, proteção)	EED3	9
	D4. Define geoética de forma incipiente, usando termos adequados (ex: cuidado, proteção, responsabilidade)	EED4	14
	D5. Dá um exemplo de um tema de âmbito bioético.	EED5	1
	D6. Dá um exemplo de um tema de âmbito geoético.	EED6	1
	D7. Demonstra dificuldade em dar exemplos de temas bioéticos.	EED7	4
	D8. Demonstra dificuldade em dar exemplos de temas geoéticos.	EED8	2
	D9. Consegue refletir sobre comportamentos bioéticos quotidianos (ex. utilização animais em investigação).	EED9	8
	D10. Consegue refletir sobre comportamentos geoéticos quotidianos (ex: tomar banho rápido).	EED10	5
	D11. Não consegue refletir sobre comportamentos bioéticos, nem geoéticos quotidianos.	EED11	0
E. Outros	E1. Menciona exemplos específicos que foram abordados na peça de teatro, de forma espontânea.	EEE1	2

Nenhum aluno conseguiu definir corretamente bioética ou geoética (EED1 e EED2, n=0), mas muitos ofereceram definições incipientes, quer de bioética (EED3, n=9), quer de geoética (EED4, n=14), recorrendo a termos como “*cuidado*” (Espetador 6, apêndice

3, página 241), “*proteção*” (Espetador 5, apêndice 3, página 241) ou “*responsabilidade*” (Espetador 12, apêndice 3, página 241). Além disso, vários conseguiram refletir sobre questões bioéticas (EED9, n= 8) ou sobre comportamentos geoéticos quotidianos (EED10; n=5), como gerir o tempo de banho (Espetador 14, apêndice 4, página 249). Já os exemplos concretos de temas foram raros (EED5, n=1 e EED6, n=1), e em alguns casos houve dificuldades em formular exemplos (EED7, n=4 e EED8, n=2).

No que concerne à última categoria (E), verificaram-se duas referências a exemplos abordados concretos na peça de teatro e mencionados de forma espontânea no decorrer das entrevistas (EEE1; n=2). Quando questionado sobre os temas abordados na peça de teatro, um dos participantes refere “*tinha o Dário, que era o protetor da Terra, e a Eva era da vida.*” (Espetador 17, apêndice 4, página 246) outro participante menciona um dos princípios da bioética “*Ah, eu lembro-me que o teatro falou nisso, na justiça*” (Espetador 15, apêndice 4, página 250). De salientar que ambas as referências foram indicadas por espetadores do grupo focal do 2º CEB. Embora pouco frequentes, estas respostas confirmam que alguns conteúdos foram suficientemente marcantes para serem recordados e verbalizados.

5.2.3. Análise dos resultados das entrevistas individuais às profissionais da instituição

Neste subcapítulo, analisam-se as entrevistas individuais efetuadas a profissionais da instituição que contactavam, com frequência diária ou semanal, com as crianças/jovens (n=3; 100%). Por uma questão de coerência com a análise efetuada às entrevistas em grupos focais, são igualmente apresentados os resultados em termos de número de referências registadas em cada subcategoria.

Na Tabela 42, são apresentadas as respostas das colaboradoras da instituição cooperante no que concerne à primeira categoria analisada, o interesse no projeto demonstrado pelos participantes.

Tabela 42.

Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais Relativamente à Categoria A - Interesse no Projeto (Q1)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta.
A. Interesse no projeto	A1. Indica que os participantes manifestaram interesse no projeto, comentando alguma das atividades desenvolvidas.	ECA1	3
	A2. Indica que os participantes manifestaram interesse no projeto, mas não comentaram nenhuma das atividades desenvolvidas.	ECA2	0
	A3. Indica que os participantes não manifestaram interesse no projeto.	ECA3	0

Registaram-se três referências explícitas a interesse por parte dos participantes, com comentários a atividades concretas (ECA1, n=3). e nenhuma menção de desinteresse (ECA3, n=0) ou de interesse sem concretizar pelo menos uma das atividades realizadas (ECA2, n=0). Como destacado por uma entrevistada: “... *falaram mais da atividade que fizeram com o aquário, a do fundo do mar. Acho que foi a atividade que suscitou mais tema de conversa, porque eles vinham muito entusiasmados, também porque era uma mais prática.*” (Colaboradora 2, apêndice 5, página 256). Opinião semelhante foi mencionada por outra colaboradora: “*Eles gostaram muito de uma das atividades que foi aquela que tinha o aquário, em que eles tinham de apanhar minerais... acharam muita piada a essa atividade, andaram algum tempo a falar sobre ela*” (Colaboradora 3, apêndice 5, página 260).

Este dado sugere que o envolvimento dos participantes foi ancorado em experiências específicas do projeto, com destaque para a atividade do recurso educativo IV (apêndice 13, páginas 319 a 325).

Relativamente à categoria Benefícios do Projeto, as respostas indicadas pelas colaboradoras da instituição são reveladas na Tabela 43.

Tabela 43.

Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à Categoria B - Benefícios do Projeto (Q2)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta.
B. Benefícios do projeto	B1. Considera que os participantes beneficiaram com participação no projeto.	ECB1	5
	B2. Não considera que os participantes beneficiaram com participação no projeto.	ECB2	0
	B3. Indica contributos da participação no projeto para a formação dos participantes, enquanto cidadãos.	ECB3	5
	B4. Não indica contributos da participação no projeto para a formação dos participantes, enquanto cidadãos.	ECB4	0

No que concerne à categoria B, referente aos benefícios do projeto, as entrevistas revelaram consenso relativamente ao benefício da intervenção para os participantes (ECB1, n=5). Uma das entrevistadas considerou: *“Sem dúvida, beneficiaram! Porque acho que é uma forma muito mais divertida para eles entenderem aquilo que estão a falar...não são assuntos fáceis.”* (Colaborador 1, apêndice 5, página 252). Outra acrescentou:

“Não são temas muito falados. E acho que pelo menos estes [os participantes] já ficaram com a mente um bocadinho mais aberta para estes temas [da bioética e da geoética]. E acho que também [foi benéfico] para os mais pequenos [os espetadores da peça de teatro] porque ficou qualquer coisinha para os despertar para aquilo que devem ou não devem fazer, aquilo que está certo ou um bocadinho errado. Então, acho que funcionou bem.” (Colaborador 2, apêndice 5, página 257).

No mesmo sentido, as profissionais da instituição indicaram que o projeto contribuiu para a formação dos participantes enquanto cidadãos (ECB3, n=5), mencionando o desenvolvimento de competências como a consciencialização, o pensamento crítico, a argumentação e a curiosidade:

“Eu acho a consciencialização... pensarem nesse assunto, debaterem sobre ele, acho que é a melhor competência que eles vão tirar daqui. (...) Acho que lhes falta muito isso. O espírito crítico de pensarem nas coisas e pensar se concordam ou não, por que é que concordam ou não. E acho que o facto de fazerem esse tribunal, ou de terem uma questão, e darem argumentos contra ou a favor, fá-los pensar naquelas questões todas de uma outra forma.” (Colaborador 1, apêndice 5, página 252).

A mesma entrevistada afirma ainda: *“Acho que desta forma mais teatral, mais dinâmica, eles conseguiram encaixar estes conceitos, tanto da bioética como da geoética, que, até para mim, eram desconhecidos, sou franca.”* (Colaborador 1, apêndice 5, página 253).

Outra colaboradora indicou:

“Principalmente a curiosidade... na maioria, acho que ficaram mais curiosos. Acho que é importante, porque a curiosidade leva ao conhecimento, não é? Se eles forem curiosos, vão aprender. E este projeto também tentou que eles [os participantes] pensassem nos porquês...pensassem de que forma é que se posicionam e tentassem justificar melhor as suas opiniões. (Colaborador 2, apêndice 5, página 257).

As colaboradoras entrevistadas mencionaram, ainda, algumas competências desenvolvidas pelos participantes, conforme indicado na Tabela 44.

Tabela 44.

Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à categoria C - Competências Interpessoais Desenvolvidas (Q3)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta.
C. Competências interpessoais desenvolvidas	C1. Reconhece o carácter diferenciador do projeto.	ECC1	4
	C2. Não reconhece o carácter diferenciador do projeto.	ECC2	0
	C3. Considera que o projeto contribuiu para fortalecer laços entre os frequentadores da instituição.	ECC3	3
	C4. Não considera que o projeto contribuiu para fortalecer laços entre os frequentadores da instituição.	ECC4	0

A análise da Tabela 44 revela que os entrevistados reconhecem o carácter diferenciador do projeto (ECC1, n=4). Como exemplo, destaca-se a opinião de uma das entrevistadas: *“Exatamente. Não se fala na escola e mesmo, de uma forma geral, na sociedade. Não são temas que sejam muito falados.”* (Colaborador 2, apêndice 5, página 257). Outra colaboradora refere:

“Sem dúvida. Porque os motivou. Eu acho que os mais velhos gostam muito de fazer coisas para apresentar aos mais novos. Sentem-se importantes, não é? E eles adoram. Organizar e pensar em coisas e fazer. E acho que foi uma maneira muito gira, um produto final muito bem pensado, que agradou aos mais velhos. E depois, os mais novos, conseguem também, de uma forma simples, entender um bocadinho daquilo que se fala. Obviamente, não com a complexidade com que entendem os mais velhos, mas conseguem.” (Colaborador 1, apêndice 5, página 253).

As profissionais indicaram ainda que a intervenção fortaleceu laços entre os participantes mais velhos e os mais novos (ECC3, n=3). Uma das entrevistadas mencionou que *“sim, foi muito importante [terem sido os colegas mais velhos a apresentar a peça de teatro aos mais novos]. Porque os mais velhos aqui são uma*

referência para os mais novos. (...) E acaba por tornar o grupo mais coeso.” (Colaborador 3, apêndice 5, página 261). Outra entrevistada indicou:

“Havendo atividades que integrem todos e responsabilizando também os mais velhos, porque eu sinto que isso faz muita diferença depois no convívio que eles têm. (...) Para o grupo ser o mais coeso possível, tem de haver essa interação entre os mais novos e os mais velhos.” (Colaborador 1, apêndice 5, página 254).

Por fim, apresentam-se na Tabela 45 os resultados das frequências absolutas de respostas relativas à última categoria analisada, categoria D, que pretendeu aferir a relevância dos temas abordados.

Tabela 45.

Frequência das Respostas às Questões do Guião de Entrevistas Individuais, Relativamente à Categoria D - Relevância dos Temas Abordados (Q4)

Categoria	Subcategoria	Código	Frequência absoluta.
D. Relevância dos temas abordados	D1. Considera os temas abordados relevantes para os participantes.	ECD1	3
	D2. Não considera os temas abordados relevantes para os participantes.	ECD2	0
	D3. Menciona benefícios do projeto para a sociedade.	ECD3	6
	D4. Não menciona benefícios do projeto para a sociedade.	ECD4	0
	D5. Considera o 1º CEB como idade aconselhada para abordar assuntos bioéticos e geoéticos.	ECD5	1
	D6. Considera o 2º CEB como idade aconselhada para abordar assuntos bioéticos e geoéticos.	ECD6	1
	D7. Considera o 3º CEB como idade aconselhada para abordar assuntos bioéticos e geoéticos.	ECD7	0
	D8. Considera o Ensino Secundário como idade aconselhada para abordar assuntos bioéticos e geoéticos.	ECD8	1
	D9. Justifica a escolha da idade considerada adequada.	ECD9	3
	D10. Não justifica a escolha da idade considerada adequada.	EID10	0

As colaboradoras consideraram os temas relevantes para os participantes (ECD1, n=3) e salientaram benefícios do projeto para a sociedade (ECD3 = 6). Como exemplo, numa das entrevistas foi referido: *“Sem sombra de dúvida que sim, até para eles terem outra ideia da ciência.”* (Colaborador 3, apêndice 5, página 261). Outra sublinhou que *“são temas da sociedade, são muito atuais”*, considerando importante trazer a bioética e a geoética para o ensino não formal porque *“é uma forma de começar, desde pequeninos, a integrá-los nestes temas, que acho muito pertinentes”*. (Colaborador 2, apêndice 5, página 258).

Relativamente à melhor idade para o início da aprendizagem de bioética e de geoética, surgiram referências distribuídas pelos diferentes ciclos de ensino, 1.º CEB (ECD5, n=1), 2.º CEB (ECD6, n=1) e ensino secundário (ECD8, n=1). Esta diversidade de opiniões foi acompanhada da respetiva justificação (ECD9, n=3). Por exemplo, uma das colaboradoras indicou: *“Acho que, se calhar, no final do 1ºCEB, talvez no 3º ou 4º ano, já faz sentido começarmos a debater estes temas. Mas integrá-los devagarinho...se isto for assim muito elaborado, eles acham que é uma seca”* (Colaborador 2, apêndice 5, página 259). Por sua vez, outra resposta mencionou:

“Acho que talvez a partir dos 10 [anos]. Acho que antes, se calhar, é um bocadinho cedo, mas a partir dos 10, acho que por aí, acho que exploravas melhor. Agora os mais pequeninhos é aquela situação, que entra e sai a seguir.” (Colaborador 3, apêndice 5, página 262)

Por outro lado, outra entrevistada mencionou:

“Pois, no ensino formal, a partir do décimo ano, do ensino secundário. Mais por uma questão de maturidade, que era o que falávamos há bocadinho. E, efetivamente, há meninos que até alcançam essa maturidade mais cedo. Só que de forma global, acho que eles, a partir dos 15 anos, estão mais despertos a estas questões e a perceber melhor isto e a pensar com outra sensibilidade...” (Colaborador 1, apêndice 5, página 255).

5.3. Análise do guião da peça de teatro

O guião da peça de teatro é analisado enquanto registo documental resultante de um processo de coconstrução entre a equipa de investigação e os participantes, assumindo simultaneamente a função de produto da intervenção e de recurso educativo passível de adaptação a outros contextos.

Constitui um registo particularmente relevante no âmbito desta investigação, na medida em que resulta de um processo de coconstrução entre a equipa de investigação e os participantes, refletindo escolhas temáticas, narrativas e expressivas emergentes do próprio grupo.

A opção pelo formato dramatúrgico, bem como a seleção dos temas bioéticos e geoéticos abordados, o enquadramento narrativo em forma de tribunal e a incorporação de elementos de humor foram propostas e desenvolvidas pelos participantes, configurando o guião como um produto educativo simultaneamente cognitivo, ético e criativo.

A análise deste registo foi realizada através de análise de conteúdo temática, incidindo sobre o texto final do guião e procurando identificar de que modo os participantes mobilizaram conhecimentos científicos, princípios éticos e orientações para a ação no contexto da narrativa dramatizada. Esta abordagem permite compreender não apenas *o que* os alunos aprenderam, mas *como* reinterpretaram e resignificaram esses conhecimentos num contexto expressivo e comunicacional.

A literatura tem vindo a destacar o potencial do teatro e do drama educativo como estratégias eficazes para a abordagem de questões de sustentabilidade, de ética e de cidadania, ao favorecerem o envolvimento emocional, a empatia e a compreensão de múltiplas perspetivas (Lehtonen, Österlind & Viirret, 2020; Zakopoulos et al., 2023). Em particular, o teatro cria condições para que os alunos explorem dilemas complexos de forma situada, incorporando valores, conflitos e consequências num espaço simbólico seguro, onde a reflexão ética se articula com a ação e a tomada de posição.

No guião analisado, emergem de forma clara temas centrais de bioética, associados à proteção da vida, à responsabilidade individual e coletiva, à justiça e ao cuidado com os outros, bem como temas de geoética, relacionados com a relação entre sociedade e Sistema Terra, a exploração de recursos, os impactos ambientais e a responsabilidade intergeracional. Estes temas não surgem de forma abstrata ou descontextualizada, mas integrados em situações de conflito dramatizado, nas quais diferentes personagens

representam posições contrastantes, interesses divergentes e argumentos concorrentes.

A escolha do formato de tribunal revela-se particularmente significativa do ponto de vista educativo. Este enquadramento dramático promove a confrontação de pontos de vista, a argumentação fundamentada e a necessidade de justificar decisões, aproximando-se de práticas deliberativas características da cidadania democrática. Estudos indicam que estruturas narrativas deste tipo favorecem o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de análise ética, ao exigirem que os participantes considerem consequências, valores e responsabilidades associadas às decisões representadas (Hu & Shu, 2025).

A presença intencional de elementos de humor no guião desempenha igualmente uma função pedagógica relevante. Longe de trivializar os temas abordados, o humor surge como estratégia de distanciamento crítico, facilitando o envolvimento do público e permitindo abordar questões sensíveis sem recorrer a discursos moralizantes. Esta dimensão expressiva contribui para tornar os dilemas mais acessíveis e compreensíveis, promovendo uma relação mais próxima entre o conhecimento científico, a reflexão ética e a experiência quotidiana. Para evidenciar o contributo criativo dos participantes, apresentam-se três excertos ilustrativos que demonstram a integração de ideias, expressões e referências culturais no texto final. Um dos participantes sugeriu: “Podemos, então, reciclá-lo e transformá-lo num novo telemóvel, mais moderno e mais rápido... tão rápido quanto o Chico Conceição na lateral direita!” (Participante 5, apêndice 7, página 283); outro propôs: “E, por favor, cientistas (aponta para o António), não se esqueçam: se tiverem de nos usar para a ciência avançar, façam medicamentos com sabor a queijo!” (Participante 6, apêndice 7, página 279). Por fim, outro adolescente mencionou: “...Muitas vezes, esses recursos demoram milhões de anos a formar-se; se os gastarmos todos, não deixamos mais disponíveis para as gerações futuras.” (Participante 9, apêndice 7, página 280).

A criação do guião e a sua apresentação pública revelaram-se, assim, resultados centrais desta intervenção educativa, evidenciando a apropriação crítica dos conteúdos científicos e éticos, a tradução de conceitos complexos em formas comunicativas acessíveis e criativas, e um exercício efetivo de cidadania participativa e responsabilidade social.

A análise do guião evidencia ainda o desenvolvimento de competências de empatia e perspetiva social, na medida em que os participantes são levados a representar papéis

distintos dos seus, incorporando argumentos e pondo-se no lugar de outros, incluindo espécies não humanas. A literatura mostra que a participação em performances teatrais está associada ao aumento da empatia e da capacidade de compreender perspetivas sociais diversas, especialmente em contextos educativos (Troxler et al., 2022). No caso presente, esta dimensão manifesta-se na forma como os alunos problematizam tensões entre interesses económicos, ambientais e sociais, reconhecendo a complexidade inerente às decisões sociocientíficas.

Importa ainda salientar que o guião revela integração de pensamento sistémico, ao articular ações humanas locais com consequências ambientais globais e ao explicitar relações de interdependência entre diferentes dimensões do Sistema Terra. Esta capacidade de estabelecer ligações entre escalas e de antecipar impactos futuros é reconhecida como um indicador relevante de maturidade cognitiva em educação para a sustentabilidade e para a geoética.

Em síntese, a análise do guião da peça de teatro evidencia que o processo dramatúrgico funcionou como um espaço de síntese concetual, ética e cidadã, permitindo aos participantes integrar conhecimentos científicos, valores e orientações para a ação num produto comunicacional dirigido a outros públicos. Este registo confirma o potencial do drama educativo como estratégia para promover aprendizagens éticas profundas, alinhadas com abordagens contemporâneas da Educação em Ciências orientadas para a sustentabilidade, a justiça social e a participação cidadã (Popovic & Perić, 2019; Lehtonen et al., 2020; Zakopoulos et al., 2023).

Na Tabela 46 apresentam-se as categorias que emergiram da análise do guião da peça de teatro.

Tabela 46.

Categorias e Evidências no Guião da peça de Teatro

Categoria	Subcategoria	Descrição da categoria	Exemplos no guião
Bioética	Responsabilidade ética na ciência	Reconhecimento das implicações morais associadas à investigação científica e às decisões humanas sobre a vida.	Debate em tribunal sobre a experimentação científica, com argumentos a favor e contra, evidenciando consequências éticas das decisões.
	Justiça e equidade	Consideração de diferentes interesses e direitos envolvidos nas decisões científicas.	Confronto entre posições que privilegiam o progresso científico e aquelas que defendem o respeito pelos seres vivos.
	Tomada de decisão	Avaliação crítica de alternativas sem soluções únicas ou simplistas.	Ausência de respostas absolutas no desfecho, valorizando a ponderação de argumentos e a complexidade dos dilemas.
Geoética	Responsabilidade	Consciência dos impactos das ações humanas no Sistema Terra.	Referências às consequências ambientais da exploração de recursos e das decisões económicas.
	Justiça intergeracional	Consideração dos direitos e necessidades das gerações futuras.	Argumentos que questionam decisões presentes à luz dos seus efeitos a longo prazo.
	Pensamento sistémico	Reconhecimento de interdependências entre fatores ambientais, sociais e económicos.	Articulação entre interesses económicos, proteção ambiental e bem-estar social no enredo.
Cidadania participativa	Deliberação coletiva	Valorização da tomada de decisão partilhada e informada.	Estrutura do tribunal e envolvimento do público como “júri”.
	Comunicação de ciência	Capacidade de traduzir conceitos científicos e éticos para um público mais jovem.	Linguagem acessível, uso de humor e exemplos quotidianos.
	Participação cívica	Ação orientada para sensibilizar outros membros da comunidade	Opção dos participantes por apresentar a peça a colegas mais novos como forma de intervenção social

A análise da Tabela 46 permite evidenciar de que modo os temas bioéticos e geoéticos trabalhados ao longo da intervenção foram apropriados, reinterpretados e integrados pelos participantes no guião da peça de teatro, confirmando a sua relevância enquanto registo analítico do processo educativo desenvolvido.

Na secção seguinte, procede-se à análise dos dados recolhidos através da atividade lúdica Bio & Geo-Heróis.

5.4. Análise dos resultados da atividade lúdica Bio & Geo-Heróis

Com o objetivo de facilitar a análise dos resultados da atividade Bio & Geo-Heróis, as dez afirmações foram organizadas em categorias temáticas, de acordo com a sua natureza bioética, geoética ou híbrida. Esta classificação permitiu agrupar dilemas com características semelhantes, distinguindo-se entre questões relacionadas com a saúde e a investigação científica, direitos humanos e relações sociais, comportamentos individuais de consumo, responsabilidades coletivas da sociedade face ao ambiente e, por fim, situações integradoras que articulam simultaneamente dimensões bioéticas e geoéticas. A tabela 47 apresenta esta categorização, que servirá de base para a discussão comparativa dos resultados obtidos.

Tabela 47

Frequências Absolutas das Respostas à Atividade Lúdica Bio e Geo-Heróis

Categoria	Afirmação/Questão	Resposta n(%)		
		Correta	Não sabe/ tem dúvidas	Incorreta
Bioética	1, 3, 6, 8	92 (95,8)	4 (4,2)	0 (0)
Geoética	2, 4, 5, 7	77 (80,2)	19 (19,8)	0 (0)
Bioética + Geoética	9, 10	39 (81,2)	9 (18,8)	0 (0)

A categorização apresentada na Tabela 36 permite uma leitura mais sistemática das respostas, evidenciando padrões comuns dentro de cada área temática. As afirmações/questões números 1, 3, 6 e 8 referem-se a assuntos de âmbito bioético, enquanto as afirmações/questões números 2, 4, 5 e 7 abordam temas da geoética. Finalmente, a afirmação 9 e a questão 10 integram simultaneamente assuntos bioéticos

e geoéticos. Optou-se pela contagem total de respostas (concordo, não sei/tenho dúvidas ou não concordo) em cada uma das categorias. Uma vez que participaram nesta atividade 24 crianças, o total de respostas corretas possível para as categorias bioética e geoética é igual a 96 (n=96; 100%) e no caso da categoria mista é igual a 48 (n=48; 100%). Os resultados indicam uma percentagem de respostas corretas elevada no caso da categoria bioética (n=92; 95,8%), e consistente no caso das categorias geoética (n=77; 80,2%) e mista (n=39; 81,2%).

No subcapítulo seguinte, efetua-se uma discussão integrada dos resultados obtidos a partir dos diferentes instrumentos de recolha de dados, comparando-os com os de diversos estudos.

5.5. Discussão integrada dos resultados (testes, entrevistas, registos e observação)

A tabela 48 sintetiza os principais resultados do estudo em função dos objetivos da investigação, explicitando as dimensões analisadas, as evidências empíricas recolhidas e a respetiva leitura interpretativa, servindo de enquadramento à discussão integrada que se desenvolve de seguida.

Tabela 48.

Interpretação Integrada dos Resultados em Função dos Objetivos

Objetivos da investigação	Dimensão analisada	Evidências empíricas	Instrumentos mobilizados	Interpretação dos resultados
Promover a inclusão de jovens através de um ensino promotor de competências para uma cidadania participativa	Inclusão, participação e agência	Elevado envolvimento, aprovação ativa do projeto e valorização da voz dos participantes; escolha do teatro como forma de comunicar ciências; interação positiva entre participantes de diferentes idades.	Observação, entrevistas, guião da peça de teatro	Os resultados indicam que a intervenção favoreceu competências de participação, cooperação e deliberação coletiva, confirmando o potencial do ensino não formal como espaço de inclusão e de desenvolvimento da cidadania participativa, sobretudo em contextos socialmente vulneráveis, em

				linha com a literatura sobre ambiental
Fomentar a literacia científica em bioética e geoética	Conhecimento conceitual, pensamento crítico, sistémico e argumentação.	Aumento das pontuações nos pós- testes de Bioética e Geoética; redução de respostas dicotómicas e simplificadas; maior capacidade de justificar decisões e reconhecer incertezas; articulação entre ações humanas, sistemas naturais e consequências sociais	Pré/pós-testes; entrevistas; grelha observação	Os ganhos conceituais e argumentativos corroboram estudos que documentam o aumento da literacia científica ética em contextos formais e não formais, indicando que a bioética e a geoética são referenciais ensináveis e mobilizáveis por crianças e adolescentes
Integrar o ensino da bioética e da geoética no currículo de ciências, através da aplicação de recursos educativos	Mediação educativa, coerência curricular; transferibilidade	Aplicação de recursos educativos sobre bioética e geoética; articulação de conteúdos científicos, dilemas éticos e valores de cidadania; reconhecimento da pertinência curricular por parte dos professores.	Testes; entrevistas; questionário diagnóstico	Os resultados funcionam como prova da viabilidade pedagógica da integração da bioética e da geoética no ensino das ciências, evidenciando o ensino não formal como um laboratório educativo para testar estratégias com potencial de adaptação ao ensino formal
Consciencializar para a importância de perspetivas bioéticas e geoéticas em questões do quotidiano	Atitudes, sensibilidade ética, intenção de ação e consciência socioambiental	Maior sensibilidade ética nas entrevistas; referência espontânea a valores como justiça, responsabilidade e cuidado; intenção declarada de adoção de comportamentos responsáveis; dificuldades persistentes na tradução imediata em ação efetiva.	Testes, entrevistas; guião peça teatro; grelha observação	Os resultados evidenciam progressos claros ao nível da consciência ética e da intenção de ação, mas confirmam que a mudança comportamental depende de continuidade educativa e de fatores contextuais, em consonância com revisões e meta-análises sobre educação ambiental e cidadania.

A síntese apresentada torna visível a convergência entre as diferentes fontes de dados e os objetivos da investigação, evidenciando padrões consistentes de evolução concetual, ética e cidadã ao longo da intervenção. Esta convergência reforça a robustez interpretativa dos resultados, ao mostrar que os efeitos observados não dependem de um único instrumento, mas emergem de forma articulada a partir de dados quantitativos e qualitativos, recolhidos em momentos, formatos e níveis de participação distintos.

De forma global, a análise integrada dos resultados evidencia que a intervenção educativa promoveu mudanças consistentes ao nível da LC ética, da capacidade deliberativa e da consciência cidadã dos participantes. Estes resultados sustentam a ideia de que a Educação em Ciências pode desempenhar um papel estruturante na formação de cidadãos capazes de interpretar criticamente problemas complexos, mobilizar conhecimento científico em articulação com valores éticos e participar de forma informada em processos de decisão coletiva. A evolução observada não se restringe à aquisição de conteúdos, mas traduz-se numa transformação progressiva das formas de pensar, justificar e posicionar-se perante questões sociocientíficas, confirmando a pertinência da integração da bioética e da geoética como referenciais operativos de uma educação científica orientada para a ação responsável.

Neste enquadramento, os progressos registados nos testes de Geoética e de Bioética constituem um primeiro indicador sólido do impacto da intervenção, diretamente alinhado com o objetivo de fomentar a LC ética da amostra participante.

Estes resultados encontram forte consonância com investigações prévias e com outros trabalhos desenvolvidos no âmbito do presente projeto, que documentam aumentos expressivos no conhecimento sobre Sistema Terra e geoética em adolescentes. Esta tendência reflete-se quer em contextos de ensino não formal (Ribeiro & Vasconcelos, 2024; Paz & Vasconcelos, 2025), quer em contextos formais no ensino básico e secundário (Paz & Vasconcelos, 2021a; Paz & Vasconcelos, 2021b; Pereira & Correia, 2021), bem como no ensino superior (Vasconcelos et al., 2023; Villacorta et al., 2024). Em conjunto, estes trabalhos reforçam a ideia de que a geoética pode ser ensinada e pedagogicamente operacionalizada em diferentes níveis educativos, desde que integrada através de abordagens contextualizadas e deliberativas.

De forma consistente, os progressos observados nos testes de Bioética constituem um indicador robusto do impacto da intervenção no desenvolvimento da LC ética dos participantes. Estes resultados alinham-se com investigações que demonstram a viabilidade e a relevância do ensino da bioética em diferentes níveis educativos, desde

o ensino básico até ao ensino secundário, evidenciando ganhos ao nível da compreensão de princípios éticos, da sensibilidade moral e da capacidade de justificar decisões em situações do quotidiano (Araújo et al., 2017; Balatsou & Theologou, 2021; Gutierrez, 2014). Estudos desenvolvidos em contextos educativos distintos sublinham igualmente que abordagens pedagógicas inovadoras, baseadas na problematização, na deliberação e na contextualização ética, favorecem aprendizagens bioéticas significativas, mesmo fora de enquadramentos disciplinares tradicionais (Aleksandrova-Yankulovska, 2016). Em conjunto, estes resultados reforçam a ideia de que a bioética é, igualmente, pedagogicamente operacionalizável em diferentes níveis educativos, incluindo em idades mais jovens, quando integrada através de metodologias ativas, contextualizadas e deliberativas, capazes de articular conhecimento científico, valores e tomada de decisão.

Para além do domínio cognitivo, os resultados evidenciam uma evolução clara ao nível da deliberação ética, diretamente relacionada com o objetivo de consciencializar para a adoção de perspetivas bioéticas e geoéticas em questões do quotidiano. A análise das respostas abertas e das discussões em grupo revela uma transição de posicionamentos imediatos e dicotómicos para raciocínios mais ponderados, condicionais e justificados. A emergência de posições intermédias e a explicitação de critérios de decisão indicam desenvolvimento de maturidade ética e empatia cognitiva, dimensões centrais nos modelos contemporâneos de cidadania científica (Osborne & Allchin, 2024). Esta evolução é consistente com estudos que mostram que a integração explícita de questões sociocientíficas favorece a capacidade dos alunos para lidar com a incerteza, a controvérsia e a pluralidade de valores, em vez de procurar respostas únicas ou normativas (Lee et al., 2020; Lindahl et al., 2019).

Os dados qualitativos aprofundam esta leitura, permitindo compreender como os participantes interpretam e mobilizam as aprendizagens realizadas. As entrevistas em grupos focais revelam maior consciência das implicações das ações humanas em sistemas sociais e ecológicos mais amplos, bem como uma crescente capacidade de articular dimensões científicas, éticas e cidadãs. A mobilização explícita de princípios como a justiça, a responsabilidade e o respeito, aplicados a situações concretas, confirma o potencial de dispositivos pedagógicos narrativos e dramatúrgicos para promover compreensão ética e empatia. Isto sugere que, apesar das limitações esperadas para a idade, a peça de teatro despertou associações práticas e atitudes alinhadas com bioética e geoética. Estes resultados alinham-se com estudos que documentam boa receptividade de crianças e adolescentes ao ensino da bioética, quer

no 1.º ciclo (Fischer et al., 2017), quer no 3.º ciclo (Fischer et al., 2020), destacando-se o estímulo à reflexão moral, o desenvolvimento de sentimentos positivos e a associação espontânea entre a bioética, o meio ambiente e os ODS.

No que concerne às entrevistas aos participantes do projeto, os resultados relativos à categoria “Interesse” evidenciam um envolvimento sustentado dos participantes e uma valorização explícita das experiências educativas não formais deste PI. Estes resultados alinham-se com o trabalho de Heuling (2021), que identifica efeitos positivos no interesse dos alunos pela ciência em atividades que combinam participação ativa, produção criativa e comunicação dirigida a públicos reais. Em contraste, evidência recente reportada por Chan e Erduran (2024), embora aponte ganhos ao nível da capacidade de agir, não identifica um aumento do interesse pelas aprendizagens fora da escola. Esta divergência sugere que o grau de participação efetiva dos alunos e o desenho pedagógico das intervenções podem desempenhar um papel determinante na persistência do interesse manifestado.

A análise do guião da peça de teatro também constitui um contributo central para compreender a profundidade das aprendizagens realizadas e a sua articulação com a cidadania participativa. O guião evidencia a integração criativa e conceitualmente rigorosa de conteúdos científicos e princípios éticos, traduzidos em dilemas que refletem tensões reais entre interesses humanos, sociais e ambientais. A dramatização funcionou como dispositivo privilegiado de externalização do pensamento, permitindo aos alunos explorar conflitos de valores, antecipar consequências e assumir diferentes perspetivas. Estes resultados são consistentes com a perspetiva de vários autores que advogam o uso do teatro, da dramatização ou do *storytelling* na educação científica como favorecedor da construção de conhecimento conceitual, do desenvolvimento argumentativo e de competências éticas dificilmente alcançáveis por metodologias exclusivamente expositivas (Lee et al., 2015; Walan & Enochsson, 2019; Archila et al., 2022; Varelas et al., 2022).

A cidadania participativa emergiu, assim, não apenas como resultado atitudinal, mas como prática educativa concreta, observável em dois indicadores centrais: a escolha autónoma dos participantes pela criação e apresentação de uma peça de teatro dirigida aos colegas mais novos e o envolvimento ativo em processos de investigação, debate, tomada de decisão coletiva e reflexão ética. A valorização da escolha autónoma e da participação ativa dos jovens encontra suporte em estudos sobre ciência cidadã em contexto escolar, que evidenciam que projetos com elevado potencialidade para promover a ação estudantil tendem a promover maior envolvimento, sentido de pertença

e persistência da participação (Wu & Hsu, 2024). A opção pelo teatro não foi imposta como formato expressivo, mas construída pelos próprios jovens enquanto resposta comunicativa a problemas que reconheceram como relevantes. Estudos desenvolvidos em contexto escolar indicam que a utilização deste tipo de estratégia pode funcionar como um espaço democrático de exercício de cidadania, promovendo a ação, o pensamento crítico e a responsabilidade coletiva (Evans & Boucher, 2015; Uria-Iriarte & Galarreta, 2020; Suraswadi, 2023). A necessidade de adaptar conteúdos complexos a públicos mais novos reforçou ainda o exercício de responsabilidade comunicativa, dimensão associada a maiores disposições para a ação cidadã (Gilbert et al., 2023). Esta transição da argumentação e da comunicação para a ação concreta converge com perspetivas recentes sobre LC que defendem que a sua concretização plena ocorre quando o conhecimento científico é mobilizado para intervir no mundo real (Chen & Liu, 2024). Na mesma linha, Serrano (2023) evidencia que experiências educativas orientadas para a participação ativa dos alunos contribuem para o desenvolvimento de competências de cidadania participativa.

A atividade lúdica funcionou também como validação transversal dos progressos observados, particularmente no trabalho com os alunos mais novos. As respostas evidenciam que crianças em idades precoces são capazes de reconhecer princípios bioéticos e geoéticos simples quando apoiadas por dispositivos pedagógicos adequados, corroborando evidência anterior sobre a viabilidade do ensino de ética no 1.º ciclo (Aleksandrova-Yankulovska, 2016; Balatsou & Theologou, 2021; Fischer et al., 2017), bem como revisões sistemáticas recentes que demonstram a viabilidade do desenvolvimento da LC, argumentativa e valorativa desde os primeiros anos de escolaridade (Roy et al., 2025). Por outro lado, Siry e Gorges (2020) evidenciam que a construção de significado em assuntos de âmbito científica por alunos mais jovens mobiliza recursos diversos, linguísticos e não linguísticos, reforçando a importância de abordagens pedagógicas multimodais e inclusivas, tais como as implementadas neste projeto.

A interação entre participantes de diferentes idades reforçou a dimensão inclusiva da intervenção, promovendo a aprendizagem entre pares, o sentido de pertença e a coesão do grupo. A dimensão intergeracional do projeto, no qual alunos mais velhos assumiram o papel de mediadores ao ensinar colegas mais novos sobre bioética e geoética, aproxima-se de abordagens educativas que valorizam a aprendizagem relacional e a partilha de responsabilidades entre gerações (Orte et al., 2018). Estes resultados alinham-se, ainda, com estudos que evidenciam efeitos positivos da aprendizagem

entre pares e da mentoria ou tutoria entre alunos de diferentes idades em contextos não formais, nomeadamente ao nível do envolvimento, da responsabilidade mútua e do desenvolvimento social (Burton et al., 2021; Topping et al., 2017; Tenhovirta et al., 2021).

O contributo das entrevistas às profissionais da instituição acrescenta uma camada interpretativa relevante à discussão integrada dos resultados. Enquanto observadoras privilegiadas do quotidiano dos participantes, as educadoras confirmam que os efeitos da intervenção ultrapassaram o momento das atividades, manifestando-se em interesse continuado, curiosidade, capacidade argumentativa e fortalecimento de laços interpessoais. A perceção do desenvolvimento da argumentação encontra suporte em autores que evidenciam o papel da argumentação como mediadora do raciocínio ético em contextos educativos orientados para desafios globais (Sjogren et al., 2023). Do mesmo modo, a persistência do interesse e da curiosidade é consistente com investigações que associam metodologias participativas e expressivas a maior envolvimento dos alunos (Ruiz-Mallén et al., 2018; Oduro et al., 2024), enquanto o fortalecimento de laços interpessoais converge com abordagens que valorizam a aprendizagem relacional e a coesão social em contextos educativos inclusivos (Orte et al., 2018; Siry & Gorges, 2020). Este olhar externo reforça a leitura dos resultados como desenvolvimento de disposições duradouras, e não apenas aprendizagens pontuais, alinhando-se com o objetivo de promover inclusão social e competências para a cidadania participativa. Importa sublinhar que este contributo não introduz novos dados, mas valida e contextualiza os resultados obtidos através dos restantes instrumentos, reforçando a coerência global da interpretação.

Globalmente, a integração dos dados permite identificar avanços em três dimensões centrais: (i) cognitiva, com aumento do conhecimento concetual em bioética e geoética; (ii) atitudinal, com maior sensibilidade ética e reflexão crítica; e (iii) cidadã, com desenvolvimento da capacidade de argumentar, deliberar e propor ações responsáveis, como o desenvolvimento de uma peça de teatro e a sua posterior apresentação aos colegas mais novos, com o objetivo de os consciencializar para os temas. Estas dimensões correspondem a competências amplamente reconhecidas como nucleares na educação para o desenvolvimento sustentável, nomeadamente a argumentação, o pensamento crítico, a responsabilidade social e a participação cívica (Stouthart et al., 2025). Estes resultados convergem com sínteses mais amplas da literatura. O estudo de Van de Wetering e seus colaboradores (2022) demonstra que a educação ambiental com crianças e adolescentes produz efeitos moderados a elevados no conhecimento e

efeitos pequenos a moderados nas atitudes e comportamentos pró-ambientais, tanto em contextos formais como não formais. Outras investigações indicam que abordagens holísticas, contextualizadas e centradas nos alunos se associam a melhores resultados educativos (Koupatsiaris et al., 2024; Stern et al., 2014). Resultados semelhantes são reportados em estudos sobre o ensino de riscos naturais a crianças, que evidenciam a eficácia de abordagens contextualizadas e participativas na compreensão de fenómenos complexos e na promoção de atitudes responsáveis (Rodríguez et al., 2025).

Em síntese, os resultados sustentam empiricamente o modelo concetual que orientou a investigação e convergem com referenciais internacionais (OCDE, 2019; Bianchi et al., 2022). Confirmam que a integração de bioética e geoética na Educação em Ciências contribui para uma LC ampliada, indissociável da reflexão ética, da tomada de decisão informada e da preparação para a ação responsável face aos desafios das sociedades contemporâneas.

Embora desenvolvida em contexto de ensino não formal, a intervenção constituiu um contexto privilegiado de implementação e análise pedagógica, evidenciando potencial real de transferência e adaptação ao ensino formal, em consonância com a literatura, com os indicadores empíricos obtidos neste estudo e com o diagnóstico realizado junto de professores, desde que respeitados os princípios pedagógicos que sustentaram a intervenção.

Conclusão

O capítulo final desta tese sintetiza os principais contributos da investigação, refletindo sobre os problemas de investigação que orientaram o estudo, bem como sobre o cumprimento da finalidade e dos objetivos enunciados. Apresentam-se, num primeiro momento, as conclusões e considerações finais, destacando os resultados mais relevantes e o seu significado para a Educação em Ciências, em particular no que se refere à integração da bioética e da geoética em contextos formais e não formais de aprendizagem. Seguidamente, discutem-se as limitações do estudo e são apresentadas orientações para futuras investigações, procurando valorizar o conhecimento produzido e apontar caminhos para a sua continuidade e aprofundamento.

1. Conclusão e considerações finais

A literatura contemporânea tem vindo a sublinhar a importância da educação em bioética e geoética para a formação de cidadãos críticos, éticos e participativos, capazes de compreender e intervir em problemas complexos de natureza científica, social e ambiental. Apesar do reconhecimento crescente do seu valor educativo, persistem desafios relevantes associados à sua integração curricular, à formação de professores e à superação de abordagens excessivamente concetuais, fragmentadas ou descontextualizadas.

Tal como problematizado na introdução desta tese, a intervenção desenvolvida no presente estudo demonstrou que é possível integrar, de forma significativa, princípios de bioética e geoética na Educação em Ciências, promovendo aprendizagens, contextualizadas e alinhadas com as exigências educativas do século XXI. A análise integrada dos dados, provenientes dos testes de bioética e de geoética, das entrevistas, do guião da peça de teatro e da atividade Bio & Geo-Heróis, evidencia uma evolução consistente dos participantes nos planos cognitivo, ético-atitude e cidadão, respondendo diretamente aos objetivos definidos e às questões de investigação formuladas.

Os resultados mostram que os participantes desenvolveram conhecimentos mais sólidos sobre bioética e geoética, bem como maior consciência das interdependências entre ações humanas, sistemas naturais e consequências sociais e intergeracionais. Esta evolução cognitiva foi acompanhada por progressos ao nível do pensamento

sistémico, da argumentação ética e da capacidade de deliberar sobre dilemas sociocientíficos e socioambientais, confirmando que a LC, quando articulada com referenciais éticos explícitos, pode sustentar formas mais informadas e responsáveis de tomada de decisão.

O recurso a metodologias participativas e expressivas, em particular à dramatização e ao trabalho colaborativo, revelou-se determinante para ampliar não apenas a compreensão concetual, mas também a empatia, a reflexão ética e a capacidade de comunicar ciência e valores em contextos públicos. Estes aspetos são centrais para o desenvolvimento de uma cidadania ativa, informada e responsável (OCDE; 2024), indo ao encontro da finalidade do estudo de promover competências para a cidadania participativa em jovens integrados em associações de cariz social.

Destaca-se igualmente a dimensão inclusiva da intervenção, evidenciada pela interação entre alunos de diferentes idades, com momentos em que os participantes mais velhos assumiram papéis de mediação, apoio e orientação junto dos mais novos. Esta dinâmica favoreceu a cooperação, o sentido de pertença e a aprendizagem entre pares, reforçando o potencial do ensino não formal como espaço de experimentação pedagógica e de desenvolvimento social.

Importa sublinhar que este trabalho assume explicitamente a natureza de um estudo de caso, desenvolvido num contexto educativo não formal. Assim, os indicadores obtidos são válidos para o grupo específico analisado e não devem ser generalizados de forma direta para outras populações. Contudo, à luz da lógica do estudo de caso, estes resultados apresentam valor transferível, oferecendo evidências, informando práticas semelhantes e sugerindo tendências que podem ser exploradas e testadas em contextos educativos mais amplos.

Os resultados permitem ainda responder à questão de investigação relativa à viabilidade da integração da bioética e da geoética no ensino formal. Embora a intervenção tenha decorrido em contexto não formal, a evolução observada nos participantes, aliada ao estudo diagnóstico realizado junto de professores, indica que estas dimensões são compatíveis com os documentos orientadores da Direção-Geral da Educação (PA, AE de CN e de BG, ENEC). A sua natureza transversal, humanista e interdisciplinar, quando articulada com metodologias ativas e deliberativas, revela potencial para enriquecer o ensino das ciências, promovendo o conhecimento e o desenvolvimento de competências éticas e cidadãs.

Em síntese, os resultados deste estudo sustentam que a articulação entre ciência, ética e cidadania pode constituir um eixo estruturante para uma Educação em Ciências orientada por princípios de responsabilidade, reflexão crítica e ação informada, contribuindo para o aprofundamento da LC contemporânea. A integração da bioética e da geoética favorece a formação de jovens mais informados, críticos e capazes de compreender, avaliar e intervir de forma consciente perante os desafios associados ao Antropocénico.

Num contexto social frequentemente marcado pela primazia de critérios de valorização económica imediata, esta investigação contribui para problematizar formas alternativas de reconhecer o valor social da educação científica ética, mesmo quando os seus impactos se manifestam de forma gradual, indireta e a longo prazo. Reconhecer este valor implica adotar uma perspetiva sistémica e prospetiva sobre a educação, entendendo-a não apenas como transmissão de conhecimentos, mas como investimento estruturante na sustentabilidade, na cidadania democrática e no bem comum.

2. Limitações e orientações para futuras investigações

Apesar dos contributos oferecidos por este estudo, importa reconhecer algumas limitações. A primeira relaciona-se com o tamanho e a natureza da amostra, circunscrita a um grupo específico de jovens em contexto de ensino não formal, o que não permite a generalização direta dos resultados a contextos escolares formais. No entanto, esta limitação refere-se ao espaço empírico da intervenção e não à viabilidade curricular da integração da bioética e da geoética no ensino formal.

Uma segunda limitação prende-se com a duração relativamente curta da intervenção, face à complexidade dos processos envolvidos no desenvolvimento do pensamento sistémico, da deliberação ética e da cidadania participativa. Investigações futuras poderão beneficiar de intervenções de maior duração ou de carácter sequencial, permitindo acompanhar a evolução dos alunos ao longo de períodos letivos mais prolongados.

Reconhece-se igualmente a ausência de instrumentos especificamente concebidos para captar, de forma mais aprofundada, dimensões como a empatia ética, a tomada de decisão em contextos reais ou a consolidação da cidadania participativa ao longo do tempo. A inclusão futura de dispositivos como diários reflexivos, rubricas de avaliação

ética, observações sistemáticas ou estudos longitudinais poderá enriquecer a compreensão dos processos de mudança observados.

Por fim, importa salientar que não foi realizada implementação direta em contexto formal. Embora o presente estudo indique que a bioética e a geoética apresentam elevado potencial curricular, torna-se necessário testar a implementação de sequências didáticas ou módulos integrados em sala de aula, envolvendo diferentes professores, escolas e níveis de ensino, de modo a compreender as condições concretas de operacionalização e os desafios associados à sua adoção no ensino formal.

Neste sentido, futuras investigações poderão aprofundar a integração curricular estruturada da bioética e da geoética no ensino básico e secundário, analisar o papel das metodologias expressivas e participativas na construção da literacia ética e científica, acompanhar a evolução da cidadania participativa em percursos educativos prolongados e explorar o impacto destas abordagens na forma como os alunos se relacionam com problemas globais complexos, como as alterações climáticas, a saúde pública, os riscos naturais ou a justiça ambiental.

Acresce ainda a necessidade de explorar, no futuro, o desenvolvimento e a avaliação de ações de formação contínua dirigidas a professores, tais como workshops, oficinas pedagógicas ou comunidades de prática, baseadas nos recursos educativos concebidos no âmbito deste estudo. A utilização destes recursos em contextos de formação poderá contribuir para apoiar os docentes na apropriação concetual da bioética e da geoética, bem como na sua operacionalização educativa em sala de aula. Adicionalmente, estas ações formativas poderão constituir espaços privilegiados de reflexão crítica e coconstrução, permitindo recolher contributos dos professores para a melhoria dos recursos desenvolvidos e para a conceção de novos dispositivos educativos ajustados a diferentes contextos, níveis de ensino e realidades curriculares. A análise do impacto destas ações permitirá aprofundar a compreensão das condições necessárias para uma integração sustentada da bioética e da geoética no ensino formal.

Em conjunto, estas orientações configuram um campo promissor para reforçar o diálogo entre ciência, ética e cidadania, contribuindo para uma Educação em Ciências mais crítica, ética e socialmente comprometida, alinhada com os desafios do século XXI.

Referências bibliográficas

- Adedokun, O., & Burgess, W. (2011). Analysis of Paired Dichotomous Data: A Gentle Introduction to the McNemar Test in SPSS. *Journal of MultiDisciplinary Evaluation*. <https://doi.org/10.56645/jmde.v8i17.336>.
- Adler, K., Salanterä, S., & Zumstein-Shaha, M. (2019). Focus Group Interviews in Child, Youth, and Parent Research: An Integrative Literature Review. *International Journal of Qualitative Methods*, 18. <https://doi.org/10.1177/1609406919887274>.
- Ainscow, M. (2020). *Promoting inclusion and equity in education: Lessons from international experiences*. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 6(1), 7–16. <https://doi.org/10.1080/20020317.2020.1729587>
- Akkari, A., & Maleq, K. (2019). Global Citizenship: Buzzword or New Instrument for Educational Change?. *Europe's Journal of Psychology*, 15, 176 - 182. <https://doi.org/10.5964/ejop.v15i2.1999>.
- AlAli, R. (2024). Enhancing 21st century skills through integrated STEM education using project-oriented problem-based learning. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 53(2), 421-430. <https://doi.org/10.30892/qtg.53205-1217>.
- Aleksandrova-Yankulovska, S. (2016). An innovative approach to teaching bioethics in management of healthcare. *Nursing Ethics*, 23, 167 - 175. <https://doi.org/10.1177/0969733014558967>.
- Allaste, A., Beilmann, M., & Pirk, R. (2021). Non-formal and Informal Learning as Citizenship Education: the Views of Young People and Youth Policymakers. *Journal of Applied Youth Studies*, 5, 19 - 35. <https://doi.org/10.1007/s43151-021-00059-z>.
- Allchin, D., & Zemplén, G. (2020). Finding the place of argumentation in science education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104, 907-933. <https://doi.org/10.1002/sce.21589>.
- Anderson, W. (2023). Toward Planetary Health Ethics? Refiguring Bios in Bioethics. *Journal of Bioethical Inquiry*, 20, 695 - 702. <https://doi.org/10.1007/s11673-023-10285-0>.
- Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, 76(4), 507–513. <https://doi.org/10.1177/0017896917690566>
- Archila, P., Restrepo, S., De Mejía, A., & Bloch, N. (2022). Drama as a Powerful Tool to Enrich Socio-scientific Argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1661 - 1683. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10320-3>.

- Ariza, M. R., Christodoulou, A., van Harskamp, M., Knippels, M. C. P., Kyza, E. A., Levinson, R., & Agesilaou, A. (2021). Socio-scientific inquiry-based learning as a means toward environmental citizenship. *Sustainability*, 13(20), 11509. <https://doi.org/10.3390/su132011509>
- Arnold, J. (2018). An integrated model of decision-making in health contexts: the role of science education in health education. *International Journal of Science Education*, 40, 519 - 537. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1434721>.
- Bae, J., Shavlik, M., Shatrowsky, C., Haden, C., & Booth, A. (2023). Predicting grade school scientific literacy from aspects of the early home science environment. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1113196>.
- Baena-Morales, S., & Fröberg, A. (2023). Towards a more sustainable future: simple recommendations to integrate planetary health into education. *The Lancet. Planetary health*, 7 10, e868-e873. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(23\)00194-8](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00194-8).
- Balatsou, M., & Theologou, K. (2021). Promoting Bioethical Literacy in Primary Education: The European Reality and the Case of Greece. *International Journal of Childhood Education*. <https://doi.org/10.33422/ijce.v2i4.188>.
- Bansal, G. (2018). Teacher discursive moves: conceptualising a schema of dialogic discourse in science classrooms. *International Journal of Science Education*, 40, 1891 - 1912. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1514543>.
- Baptista, M., Pinho, A., & Alves, A. (2025). Students' Learning for Action Through Inquiry-Based Science Education on a Local Environmental Problem. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17093907>.
- Barbour, R. (2007). *Doing Focus Groups*. SAGE.
- Barton, C., Wang, Q., Anderson, D., & Callow, D. (2021). Synchronizing the Logic of Inquiry with the Logic of Action: The Case of Urban Climate Policy. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su131910625>.
- Baselga, S., Garrido, O., & Burón, H. (2020). Drama-Based Activities for STEM Education: Encouraging Scientific Aspirations and Debunking Stereotypes in Secondary School Students in Spain and the UK. *Research in Science Education*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09939-5>.
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M., & Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21550>.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), 39-43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>

- Belliveau, G. (2007). Drama strategies for exploring social issues in the classroom. *Canadian Journal of Education*, 30(2), 457–471. <https://doi.org/10.2307/20466645>
- Berg, T., Achiam, M., Poulsen, K., Sanderhoff, L., & Tøttrup, A. (2021). The Role and Value of Out-of-School Environments in Science Education for 21st Century Skills. *Frontiers in Education*, 6:674541. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.674541>.
- Berne, B. (2014). Progression in Ethical Reasoning When Addressing Socio-scientific Issues in Biotechnology. *International Journal of Science Education*, 36, 2958 - 2977. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.941957>.
- 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>
- Billig, S. H. (2017). *Implementing service-learning in elementary schools to enhance inclusion*. In S. H. Billig & M. M. Karahalas (Eds.), *Service-learning: Enhancing inclusive education* (pp. 75–94). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S1479-363620170000012006>
- Birdman, J., Wiek, A., & Lang, D. (2021). Developing key competencies in sustainability through project-based learning in graduate sustainability programs. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/ijshe-12-2020-0506>.
- Blauza, S., Kremer, K., & Heuckmann, B. (2025). An Integrative Framework for Navigating Uncertainty in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.70025>.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). The emerging field of Geoethics. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons.
- Booth, T., & Ainscow, M. (2016). *The index for inclusion: A guide to school development led by inclusive values*. CSIE.
- Bosio, E., & Schattle, H. (2021). Ethical global citizenship education: From neoliberalism to a values-based pedagogy. *Prospects*, 1 - 11. <https://doi.org/10.1007/s11125-021-09571-9>.
- Bosio, E., Torres, C., & Gaudelli, W. (2023). Exploring values and knowledge in global citizenship education: Theoretical and empirical insights from scholars worldwide. *PROSPECTS*, 53, 195 - 202. <https://doi.org/10.1007/s11125-023-09658-5>.

- Bossér, U. (2023). Transformation of School Science Practices to Promote Functional Scientific Literacy. *Research in Science Education*, 54, 265 - 281. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10138-1>.
- Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic Analysis: A Practical Guide*. SAGE.
- Braund, M. (2015). *Drama and learning science: An interdisciplinary approach*. Routledge.
- Braund, M., & Reiss, M. J. (2019). The 'Great Divide': How the arts contribute to science and science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 19(3), 219–236. <https://doi.org/10.1007/s42330-019-00057-7>
- Brown, J. (2017a). A metasynthesis of the complementarity of culturally responsive and inquiry-based science education in K-12 settings: Implications for advancing equitable science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 54, 1143-1173. <https://doi.org/10.1002/tea.21401>.
- Brown, J. (2017b). 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>
- Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., & Zint, M. (2020). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16, 13-29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*. (5th ed). Oxford University Press.
- Burgess, R. G. (2005). *The Ethics of Educational Research*. (1st ed). Routledge.
- Burton, S., Raposa, E., Poon, C., Stams, G., & Rhodes, J. (2021). Cross-age peer mentoring for youth: A meta-analysis. *American journal of community psychology*. <https://doi.org/10.1002/ajcp.12579>.
- Cachapuz, A. F., Praia, J. F., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & educação*, 10(3), 363-381.
- Çakici, Y., & Bayir, E. (2012). Developing Children's Views of the Nature of Science Through Role Play. *International Journal of Science Education*, 34, 1075 - 1091. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.647109>.
- Caniglia, G., Luederitz, C., Wirth, T., Fazey, I., Martín-López, B., Hondrila, K., König, A., Wehrden, H., Schöpke, N., Laubichler, M., & Lang, D. (2020). A pluralistic and integrated approach to action-oriented knowledge for sustainability. *Nature Sustainability*, 4, 93 - 100. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00616-z>.

- Carrasco-Farré, C. (2022). The fingerprints of misinformation: how deceptive content differs from reliable sources in terms of cognitive effort and appeal to emotions. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01174-9>.
- Cebesoy, B., U. & Rundgren, C., S. (2021). Embracing socioscientific issues-based teaching and decision-making in teacher professional development. *Educational Review*. <https://doi.org/10.1080/00131911.2021.1931037>.
- Chakravartty, A. (2022). Scientific Knowledge vs. Knowledge of Science. *Science & Education*, 32, 1795-1812. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00376-6>.
- Chan, J., & Erduran, S. (2024). Future-Oriented Science Learning and its Effects on Students' Emotions, Futures Literacy and Agency in the Anthropocene. *Research in Science Education*, 55, 899 - 919. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10213-1>.
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377>
- Chen, S., & Liu, S. (2024). From argumentation to real-world action: a way to realize scientific literacy. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2415727>.
- Chowdhury, T. B. M., Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2020). Socioscientific Issues within Science Education and their Role in Promoting the Desired Citizenry. *Science Education International*, 31(2), 203-208. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.10>
- Chowning, J. T., Griswold, J. C., Kovarik, D. N., & Collins, L. J. (2012). Fostering critical thinking, reasoning, and argumentation skills through bioethics education. *PloS one*, 7(5), e36791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036791>
- Churchill, L. R., & Schenck, D. (2021). *Bioethics, health, and society: Critical insights for the 21st century*. Routledge.
- Clark, B., & Button, C. (2011). Sustainability transdisciplinary education model: interface of arts, science, and community (STEM). *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12, 41-54. <https://doi.org/10.1108/14676371111098294>.
- Clarke, B., Otto, F. E. L., Stuart-Smith, R., & Harrington, L. J. (2022). *Extreme weather impacts of climate change: An attribution perspective*. Environmental Research: Climate, 1(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac6e7d>
- Cobian, K., Hurtado, S., Romero, A., & Gutzwa, J. (2024). Enacting inclusive science: Culturally responsive higher education practices in science, technology, engineering, mathematics, and medicine (STEMM). *PLOS ONE*, 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293953>.
- Código de Nuremberga. (1947). *The Nuremberg Code*. U.S. Government Printing Office. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM1997111333372006>

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.
- Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). *Bringing bioethics to the natural sciences classroom: A case study approach. The American Biology Teacher*, 84(5), 279–283. <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279>
- Corbetta, P. (2003). *Social Research: Theory, Methods and Techniques*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781849209922>.
- Coronado-Vázquez, V., Martín, M., Salinas, S., Carr, S., Martínez, F., & Montero, Á. (2025). Integrating medical humanities in undergraduate medical education: a curricular model aligned with the InspirE5 framework. *BMC Medical Education*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07772-w>.
- Correia, M., Ribeirinha, T., Beirante, D., Santos, R., Ramos, L., Dias, I. S., ... & Martins, M. C. (2024). Outdoor STEAM education: Opportunities and challenges. *Education Sciences*, 14(7), 688. <https://doi.org/10.3390/educsci14070688>
- Correia, G., & Pereira, H. (2021). Teaching Groundwater Resources and Geoethics in Portuguese Secondary Schools. 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. 359-362. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_74.
- Coutinho, C. P. (2018). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*. Edições Almedina.
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2024). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (7^a ed.). Pearson
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2023). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (5th Edition). Sage publications.
- Crowell, A., & Schunn, C. (2016). Unpacking the Relationship Between Science Education and Applied Scientific Literacy. *Research in Science Education*, 46, 129-140. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9462-1>.
- Cvitanovic, C., McDonald, J., Hobday, A., & Hobday, A. (2016). From science to action: Principles for undertaking environmental research that enables knowledge exchange and evidence-based decision-making.. *Journal of environmental management*, 183 Pt 3, 864-874 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.038>.
- Danielson, R., Grace, E., White, A., Kelton, M., Owen, J., Fisher, K., Martinez, A., & Mozo, M. (2022). Facilitating Systems Thinking Through Arts-Based STEM Integration. *Frontiers in education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.915333>.

- Dawson, C., Julku, H., Pihlajamäki, M., Kaakinen, J., Schooler, J., & Simola, J. (2024). Evidence-based scientific thinking and decision-making in everyday life. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 9. <https://doi.org/10.1186/s41235-024-00578-2>.
- De Arriba Rivas, C., & Del Portal, E. (2023). Teachers' insights from an ethics of care programme aimed at promoting global citizenship education in the classroom. *Teaching and Teacher Education*. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104075>.
- De Vries, M. (2020). Enacting Critical Citizenship: An Intersectional Approach to Global Citizenship Education. *Societies*. <https://doi.org/10.3390/soc10040091>.
- DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::aid-tea5>3.0.co;2-l](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::aid-tea5>3.0.co;2-l).
- Declaração de Helsínquia. (1964). *World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects*. World Medical Association. <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
- Develaki, M. (2024). Uncertainty, Risk, and Decision-Making. *Science & Education*, 34, 3123 - 3154. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00544-w>.
- DeWitt, J., Archer, L., & Mau, A. (2016). Dimensions of science capital: exploring its potential for understanding students' science participation. *International Journal of Science Education*, 38, 2431 - 2449. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1248520>.
- DGE. (2018a). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 9.º ano. Ensino Básico. Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- DGE. (2018b). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 8.º ano. Ensino Básico. Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- DGE. (2018c). *Aprendizagens essenciais: Articulação com o perfil dos alunos. 7.º ano. Ensino Básico. Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação. Disponível em <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- DGE. (2018d). *Aprendizagens Essenciais 10º ano Biologia e Geologia: articulação com o perfil dos alunos*. Direção-Geral da Educação. Disponível em <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE. (2018e). *Aprendizagens Essenciais 11º ano Biologia e Geologia: articulação com o perfil dos alunos*. Direção-Geral da Educação. Disponível em <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>

- DGE. (2018f). *Aprendizagens Essenciais 12º ano de Biologia: articulação com o perfil dos alunos*. Direção-Geral da Educação. Disponível em <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE. (2018g). *Aprendizagens Essenciais 12º ano Geologia: articulação com o perfil dos alunos*. Direção-Geral da Educação. Disponível em <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE. (2025). *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*. Direção Geral da Educação. Direção-Geral da Educação Disponível em <https://www.dge.mec.pt/estrategia-nacional-de-educacao-para-cidadania>
- Di Capua, G., Bobrowsky, P., Kieffer, S., & Palinkas, C. (2021). Introduction: geoethics goes beyond the geoscience profession. *Special Publications*, 508, 1 - 11. <https://doi.org/10.1144/sp508-2020-191>.
- Dignam, C., & Taylor, D. (2024). Beyond the Acronym: Entwining STEAM Education, Self-Regulation, and Mindfulness. *Journal of STEAM Education*. <https://doi.org/10.55290/steam.1473884>.
- Dilekli, Y. (2020). Project-based learning. In *Paradigm Shifts in 21st Century Teaching and Learning* (pp. 53-68). IGI Global.
- Dillon, J. (2013). *Science, environment and education: How do we make the connections?* *Studies in Science Education*, 49(1), 1–12.
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.002>
- Donadoni, P., & Ciliberti, R. (2024). How the Anthropocene is changing bioethics. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 65, E303 - E308. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2024.65.2.3224>.
- Dorion, K. R. (2009). Science through drama: A multiple case exploration of the characteristics of drama activities used in secondary science lessons. *International journal of science education*, 31(16), 2247-2270. <https://doi.org/10.1080/09500690802712699>
- Douglas, H. (2009). *Science, policy, and the value-free ideal*. University of Pittsburgh Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23, 12 - 5. <https://doi.org/10.3102/0013189x023007005>.
- Duarte, N., Massi, L., & Teixeira, L. (2021). The Committed Objectivity of Science and the Importance of Scientific Knowledge in Ethical and Political Education. *Science & Education*, 31, 1629 - 1649. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00302-2>.

- Dupont, L., Jacob, S., & Philippe, H. (2024). Scientist engagement and the knowledge-action gap. *Nature Ecology & Evolution*, 9, 23 - 33. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02535-0>.
- Ebi, K. L., Hess, J. J., & Watkiss, P. (2021). *Extreme weather and climate change: Population health and health system implications. Annual Review of Public Health*, 42, 293–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>
- Ecker, U., Lewandowsky, S., Cook, J., Schmid, P., Fazio, L., Brashier, N., Kendeou, P., Vraga, E., & Amazeen, M. (2022). The psychological drivers of misinformation belief and its resistance to correction. *Nature Reviews Psychology*, 1, 13 - 29. <https://doi.org/10.1038/s44159-021-00006-y>.
- Eisner, E. (2002). *The Arts and the Creation of Mind*. Yale University Press.
- Eliza, D., Mulyeni, T., Yulsyofriend, Y., Mahyuddin, N., Erita, Y., & Dhanil, M. (2025). Implementation of project-based learning in improving scientific literacy in early childhood education. Systematic literature review. *Journal of Baltic Science Education*. <https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.71>.
- Engelhardt, H. T. (1996). *The foundations of bioethics* (2nd ed.). Oxford University Press.
- 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.
- 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>
- Estéllés, M., & Fischman, G. (2020). Who Needs Global Citizenship Education? A Review of the Literature on Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 72, 223 - 236. <https://doi.org/10.1177/0022487120920254>.
- European Agency for Special Needs and Inclusive Education (2025). Cross-Sector Collaboration and Governance in Inclusive Education Systems: Background paper for the Advancing Collaboration in Education and Collaborative Action for Inclusive Education activities. <https://www.european-agency.org/>
- European Commission (2015). *Science education for responsible citizenship : report to the European Commission of the expert group on science education*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/12626>.
- Evans, M., & Boucher, A. (2015). Optimizing the Power of Choice: Supporting Student Autonomy to Foster Motivation and Engagement in Learning. *Mind, Brain, and Education*, 9, 87-91. <https://doi.org/10.1111/mbe.12073>.
- Fagerland, M., Lydersen, S., & Laake, P. (2013). The McNemar test for binary matched-pairs data: mid-p and asymptotic are better than exact conditional. *BMC Medical Research Methodology*, 13, 91 - 91. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-13-91>.

- Fang, S., Hsu, Y., & Lin, S. (2019). Conceptualizing Socioscientific Decision Making from a Review of Research in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 427-448. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9890-2>.
- Farioli, F., Mayer, M. (2022). Breaking the Mold: Educators as Agents of Change. In: Vare, P., Lausset, N., Rieckmann, M. (Eds) *Competences in Education for Sustainable Development. Sustainable Development Goals Series*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91055-6_11
- Fasce, A., & Picó, A. (2019). *Science as a vaccine: The relation between scientific literacy and unwarranted beliefs*. *Science & Education*, 28(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-00022-0>
- Feinstein, N., & Baram-Tsabari, A. (2024). Epistemic networks and the social nature of public engagement with science. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21941>.
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5th ed.). London: SAGE Publications.
- Fischer, M., Cunha, T., Lummertz, T., & Martins, G. (2020). Caminho do diálogo II: ampliando a experiência bioética para o ensino médio., 28, 47-57. <https://doi.org/10.1590/1983-80422020281366>.
- Fischer, M., Cunha, T., Roth, M., & Martins, G. (2017). Path of Dialogue: a bioethics experience in primary school, 25, 89-100. <https://doi.org/10.1590/1983-80422017251170>.
- Foster, A., Cole, J., Farlow, A., & Petrikova, I. (2019). Planetary Health Ethics: Beyond First Principles. *Challenges*. <https://doi.org/10.3390/challe10010014>.
- Franch, S. (2020). Global citizenship education: A new ‘moral pedagogy’ for the 21st century?. *European Educational Research Journal*, 19, 506 - 524. <https://doi.org/10.1177/1474904120929103>.
- Fuchs, T., & Tan, Y. (2022). Frameworks Supporting Socially Responsible Science Education: Opportunities, Challenges, and Implementation. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22, 9 - 27. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00200-x>.
- Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25(7), 739–755.
- Galamba, A., & Matthews, B. (2021). Science education against the rise of fascist and authoritarian movements: towards the development of a pedagogy for democracy. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 581 - 607. <https://doi.org/10.1007/s11422-020-10002-y>.

- García-Carmona, A. (2024). The non-epistemic dimension, at last a key component in mainstream theoretical approaches to teaching the nature of science. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00495-2>.
- García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. (2018). The Nature of Scientific Practice and Science Education. *Science & Education*, 27, 435-455. <https://doi.org/10.1007/S11191-018-9984-9>.
- Garner, P., Gabitova, N., Gupta, A., & Wood, T. (2017). Innovations in science education: infusing social emotional principles into early STEM learning. *Cultural Studies of Science Education*, 13, 889 - 903. <https://doi.org/10.1007/s11422-017-9826-0>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00342-2>.
- Garren, S., & Davenport, G. (2022). Using Kurtosis for Selecting One-Sample T-Test or Wilcoxon Signed-Rank Test. *Current Journal of Applied Science and Technology*. <https://doi.org/10.9734/cjast/2022/v41i1831737>.
- Gay, L., Mills, G. & Airasian, P. (2012). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (10th. ed.). Pearson
- Georgiou, Y., & Kyza, E. (2023). Fostering Chemistry Students' Scientific Literacy for Responsible Citizenship through Socio-Scientific Inquiry-Based Learning (SSIBL). *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15086442>.
- Gerald, B., & Patson, T. (2021). Parametric and Nonparametric Tests: A Brief Review. *International Journal of Statistical Distributions and Applications*. <https://doi.org/10.11648/j.ijstd.20210703.12>.
- Geurts, E., Reijs, R., Leenders, H., Jansen, M., & Hoebe, C. (2025). Promoting student voice by involving vocational education students and staff in citizenship education development: a participatory action research study. *Journal of Educational Change*, 26, 271 - 289. <https://doi.org/10.1007/s10833-024-09523-y>.
- Gómez, A. G. (2021). Fostering the art of convergence in global bioethics. *International Journal of Ethics Education*, 6(1), 195-208. <https://doi.org/10.1007/s40889-020-00117-9>
- Gordijn, B., ten Have, H. (2018). Science fiction and bioethics. *Med Health Care and Philos*, 21, 277–278. <https://doi.org/10.1007/s11019-018-9848-8>
- Goren, H., & Yemini, M. (2017). Global citizenship education redefined – A systematic review of empirical studies on global citizenship education. *International Journal of Educational Research*, 82, 170-183. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.02.004>.
- Gross, Z., & Rutland, S. (2017). Experiential learning in informal educational settings. *International Review of Education*, 63, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11159-017-9625-6>.

- 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>
- Gutierrez, S. (2014). Integrating socio-scientific issues to enhance the bioethical decision-making skills of high school students. *International Education Studies*, 8(1), 142–151. <https://doi.org/10.5539/ies.v8n1p142>
- Halverson, E., & Sawyer, K. (2022). Learning in and through the arts. *Journal of the Learning Sciences*, 31, 1 - 13. <https://doi.org/10.1080/10508406.2022.2029127>.
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting socio-scientific issues for teaching. *Science & Education*, 28(6), 639-667. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00065-x>
- Head, G. (2020). Ethics in educational research: Review boards, ethical issues and researcher development. *European Educational Research Journal*, 19(1), 72-83. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1474904118796315>
- Heinrich, F., & Kørnøv, L. (2021). Art and higher education for environmental sustainability: a matter of emergence?. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/ijshe-01-2021-0012>.
- Hendrix, R., Eick, C., & Shannon, D. (2012). The Integration of Creative Drama in an Inquiry-Based Elementary Program: The Effect on Student Attitude and Conceptual Learning. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 823-846. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9292-1>.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching. *The STEAM Journal*, 1(2), 15. <https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>
- Heras, M., Ruiz-Mallén, I., & Gallois, S. (2020). Staging science with young people: bringing science closer to students through stand-up comedy. *International Journal of Science Education*, 42, 1968 - 1987. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1807071>.
- Herman, B. C., Newton, M. H., & Zeidler, D. L. (2021). Impact of place-based socioscientific issues instruction on students' contextualization of socioscientific orientations. *Science Education*, 105(4). <https://doi.org/10.1002/sce.21618>
- Heuling, L. (2021). Promoting student interest in science: The impact of a science theatre project. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1489>
- Hickey, C., & Robeyns, I. (2020). Planetary justice: What can we learn from ethics and political philosophy?. *Earth System Governance*. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2020.100045>.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>

- Hodson, D. (2020). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1-31. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00114-6>
- Hogan, D., & O'Flaherty, J. (2021). Addressing Education for Sustainable Development in the Teaching of Science: The Case of a Biological Sciences Teacher Education Program. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su132112028>.
- Holbrook, J., Chowdhury, T., & Rannikmäe, M. (2022). A Future Trend for Science Education: A Constructivism-Humanism Approach to Trans-Contextualisation. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci12060413>.
- Hoskins, B., Kerr, D., Abs, H. J., Janmaat, J. G., Morrison, J., Ridley, R., & Sizmur, J. (2012). *Analytic report: participatory citizenship in the European Union*. European Commission, Europe for Citizens Programme. https://ec.europa.eu/citizenship/pdf/report2_analytic_report.pdf
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104, 641-666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>.
- Howell, E., & Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912436117>.
- Hu, Y., & Shu, J. (2025). The Effect of Drama Education on Enhancing Critical Thinking Through Collaboration and Communication. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci15050565>.
- Huang, C., Chen, Y., & Haas, H. (2024). Investigating Pre-Service Teachers' Satisfaction of Integrating Drama-Based Activities into Practical Science Teaching. *European Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/14373>.
- Ike, C., & Anderson, N. (2018). A proposal for teaching bioethics in high schools using appropriate visual education tools. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine : PEHM*, 13. <https://doi.org/10.1186/s13010-018-0064-1>.
- Imam, A., Usman, M., & Chiawa, M. (2014). On Consistency and Limitation of paired t-test, Sign and Wilcoxon Sign Rank Test. *IOSR Journal of Mathematics*, 10, 01-06. <https://doi.org/10.9790/5728-10140106>.
- Iwuanyanwu, P. (2023). When Science Is Taught This Way, Students Become Critical Friends: Setting the Stage for Student Teachers. *Research in Science Education*, 53, 1063 - 1079. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10122-9>.
- Jasanoff, S. (2004). *States of knowledge: The co-production of science and social order*. Routledge.
- Jeong, S., Sherman, B., & Tippins, D. (2021). The Anthropocene as we know it: posthumanism, science education and scientific literacy as a path to sustainability. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 805 - 820. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10029-9>.

- Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active Learning Augmented Reality for STEAM Education—A Case Study. *Education Sciences*, 10, 198. <https://doi.org/10.3390/educsci10080198>.
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., & Avraamidou, L. (2018). *The role of informal science education in fostering sustainability and environmental awareness. Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2018.01.003>
- Jonas, H. (1984). *The imperative of responsibility: In search of an ethics for the technological age*. University of Chicago Press.
- Jones, A., Buntting, C., Hipkins, R., McKim, A., Conner, L., & Saunders, K. (2012). Developing students' futures thinking in science education. *Research in Science Education*, 42(4), 687–708. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9214-9>
- Jordan, K., & Kristjánsson, K. (2017). *Sustainability, virtue ethics, and the virtue of harmony with nature. Environmental Education Research*, 23(9), 1205–1229.
- Jufrida, J., Basuki, F. R., Kurniawan, W., Pangestu, M. D., & Fitaloka, O. (2019). Scientific Literacy and Science Learning Achievement at Junior High School. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 8(4), 630-636.
- Kähler, J., Hahn, I., & Köller, O. (2020). The development of early scientific literacy gaps in kindergarten children. *International Journal of Science Education*, 42, 1988 - 2007. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1808908>.
- Kang, J., & Keinonen, T. (2018). The effect of student-centered approaches on students' interest and achievement in science: Relevant topic-based, open and guided inquiry-based, and discussion-based approaches. *Research in Science Education*, 48(4), 865-885. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9590-2>
- Kang, J., & Tolppanen, S. (2024). Exploring the role of science education as a catalyst for students' willingness to take climate action. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2393461>.
- Karaman, A. (2022). Teachers' Conceptions About Science and Pseudoscience. *Science & Education*, 32, 499-528. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00312-0>.
- Kaufman, C. (2021). *Civic education in a fake news era: Lessons for the methods classroom. Journal of Political Science Education*, 17(2), 326–331. <https://doi.org/10.1080/15512169.2020.1764366>
- Ke, L., Sadler, T., Zangori, L., & Friedrichsen, P. (2021). Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues. *Science & Education*, 30, 589 - 607. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00206-1>.
- Keskin-Samanci, N., Özer-Keskin, M., & Arslan, O. (2014). Development of 'Bioethical Values Inventory' for Pupils in Secondary Education within the Scope of Bioethical Education. *Eurasia journal of mathematics, science and technology education*, 10(2), 69-76. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1029a>.

- Kicherova, M., Efimova, G., & Gertsen, S. (2022). Non-Formal Education as a Resource of Social Inclusion: Intergenerational Approach. *Changing Societies & Personalities*. <https://doi.org/10.15826/csp.2022.6.4.205>.
- Kim, J., Kang, D., & Kim, C. (2024). Analysing the Quality of Risk-Focused Socio-Scientific Arguments on Nuclear Power Using a Risk-Benefit Oriented Model. *Research in Science Education*, 55, 1205 - 1228. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10219-9>.
- Klimovich-Mickael, A., Sacharczuk, M., & Mickael, M. (2024). Navigating the Nexus of Bioethics and Geopolitics: Implications for Global Health Security and Scientific Collaboration. *Journal of Bioethical Inquiry*, 22, 187 - 194. <https://doi.org/10.1007/s11673-024-10379-3>.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19, 267 - 277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>.
- Kolb, D. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Pearson.
- 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.
- Kolovou, M., & Kim, N. (2020). Effects of implementing an integrative drama-inquiry learning model in a science classroom. *The Journal of Educational Research*, 113, 191 - 203. <https://doi.org/10.1080/00220671.2020.1771673>.
- Kolstø, S. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-310. <https://doi.org/10.1002/sce.1011>.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Koster, E., & De Regt, H. (2019). Science and Values in Undergraduate Education. *Science & Education*, 29, 123-143. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00093-7>.
- Kotler, R., Rosario, M., Varelas, M., Phillips, N., Tsachor, R., & Woodard, R. (2024). Latinx students embodying justice-centered science: Agency through imagining via the performing arts. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21859>.
- Koupatsiaris, A. A., & Drinia, H. (2024). Expanding geoethics: interrelations with geoenvironmental education and sense of place. *Sustainability*, 16(5), 1819. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/1819>
- Krajcik, J., McNeill, K. L., & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science education*, 92(1), 1-32. <https://doi.org/10.1002/sce.20240>

- Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2015). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research* (5th ed.). SAGE.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). University of Chicago Press.
- Kumar, R., & Choudhary, S. (2025). *Reimagining scientific literacy: A textbook framework for future-focused science education*. *Research in Science Education*, 55, 1109–1127. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10269-7>
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, 71-94. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(200001\)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(200001)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c).
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3).
- Lee, B., Patall, E., Cawthon, S., & Steingut, R. (2015). The Effect of Drama-Based Pedagogy on PreK–16 Outcomes. *Review of Educational Research*, 85, 3 - 49. <https://doi.org/10.3102/0034654314540477>.
- Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kim, S. W., Krajcik, J., Herman, B. C., & Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2079-2113. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.749546>
- Lee, L. M. (2017). A bridge back to the future: Public health ethics, bioethics, and environmental ethics. *The American Journal of Bioethics*, 17(9), 5–12. <https://doi.org/10.1080/15265161.2017.1353165>
- Lee, S. (2020). Role of social and solidarity economy in localizing the sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27, 65 - 71. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1670274>.
- Lehesvuori, S., Ramnarain, U., & Viiri, J. (2017). Challenging Transmission Modes of Teaching in Science Classrooms: Enhancing Learner-Centredness through Dialogicity. *Research in Science Education*, 48, 1049 - 1069. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9598-7>.
- Lehtonen, A., Österlind, E., & Viirret, T. (2020). Drama in Education for Sustainability: Becoming Connected through Embodiment. *International Journal of Education and the Arts*, 21. <https://doi.org/10.26209/ijea21n19>.
- Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: an uneasy congruence?. *Studies in Science Education*, 46, 119 - 69. <https://doi.org/10.1080/03057260903562433>.

- Levinson, R., & Reiss, M. (2003). *Classroom teaching of socioscientific issues: The significance of moral and ethical frameworks*. *International Journal of Science Education*, 25(3), 423–445. <https://doi.org/10.1080/09500690210145722>
- Levrini, O., Tasquier, G., Branchetti, L., & Barelli, E. (2019). Developing future-scaffolding skills through science education. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2647-2674. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1693080>
- Lewis, D., Gerber, E., Carlson, S., & Easterday, M. (2019). Opportunities for educational innovations in authentic project-based learning: understanding instructor perceived challenges to design for adoption. *Educational Technology Research and Development*, 67, 953-982. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09673-4>.
- Li, Y., & Guo, M. (2021). Scientific Literacy in Communicating Science and Socio-Scientific Issues: Prospects and Challenges. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.758000>.
- Liljequist, D., Elfving, B., & Skavberg Roaldsen, K. (2019). Intraclass correlation – A discussion and demonstration of basic features. *PLoS ONE*, 14(7), e0219854. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219854>
- Liobikienė, G., & Poškus, M. (2019). The Importance of Environmental Knowledge for Private and Public Sphere Pro-Environmental Behavior: Modifying the Value-Belief-Norm Theory. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11123324>.
- Lin, Y. S., Wu, Y. T., & Wu, C. J. (2021). *Integrating Art into Science Education: A Survey of Science Teachers' Practices*. *International Journal of Science Education*, 43(9), 1357–1379. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1914069>
- Lindahl, M., Folkesson, A., & Zeidler, D. (2019). Students' recognition of educational demands in the context of a socioscientific issues curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21548>.
- Liu, P., Teng, M., & Han, C. (2020). How does environmental knowledge translate into pro-environmental behaviors?: The mediating role of environmental attitudes and behavioral intentions.. *The Science of the total environment*, 728, 138126 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138126>.
- Lotz-Sisitka, H. (2017). *Social justice and science education: Towards a critical pedagogy for sustainability*. *International Review of Education*, 63(6), 827–846. <https://doi.org/10.1007/s11159-017-9625-6>
- Lovelock, J (2000). *Gaia: A new look at life on earth*. Oxford Paperbacks.
- Lymbouridou, C. (2025). Science for ethics in SSI discussions. *Cultural Studies of Science Education*, 20, 389 - 429. <https://doi.org/10.1007/s11422-025-10258-2>.
- Lymbouridou, C. (2025). Science for ethics in SSI discussions. *Cultural Studies of Science Education*, 20, 389 - 429. <https://doi.org/10.1007/s11422-025-10258-2>.

- Lynch, J., & Mannion, G. (2021). Place-responsive Pedagogies in the Anthropocene: attuning with the more-than-human. *Environmental Education Research*, 27, 864 - 878. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1867710>.
- Macpherson, C. (2022). Global bioethics: it's past and future. *Global Bioethics*, 33, 45 - 49. <https://doi.org/10.1080/11287462.2021.2011009>.
- Maksimović, J., & Evtimov, J. (2023). Positivism and post-positivism as the basis of quantitative research in pedagogy. *Research in Pedagogy*. <https://doi.org/10.5937/istrped2301208m>.
- Malone, K., & Schuchardt, A. (2023). Modelling-based pedagogy as a theme across science disciplines—Effects on scientific reasoning and content understanding. *European Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.30935/scimath/13516>.
- Manz, E., & Suárez, E. (2018). Supporting teachers to negotiate uncertainty for science, students, and teaching. *Science Education*, 102, 771-795. <https://doi.org/10.1002/sce.21343>.
- Marín-Marín, J., Moreno-Guerrero, A., Dúo-Terrón, P., & López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of Stem Education*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>.
- Marone, E., & Bohle, M. (2020). Geoethics for Nudging Human Practices in Times of Pandemics. Sustainability. <https://doi.org/10.20944/preprints202008.0386.v1>.
- Martin, F. & Peppoloni, S. (2017). Geoethics in Science Communication: The Relationship between Media and Geoscientists. *Annals of Geophysics*, 60. <https://doi.org/10.4401/ag-7410>.
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L.; Encarnação, M. M.; Horta, M. J.; Calçada, M. T.; Nery, R. & Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Lisboa: Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.
- Massó-Guijarro, B., Pérez-García, P., & Cruz-González, C. (2021). Applied Theatre as a strategy for intervention with disadvantaged groups: a qualitative synthesis. *Educational Research*, 63, 337 - 356. <https://doi.org/10.1080/00131881.2021.1945476>.
- Matějka, M., & Kořán, R. (2024). Intergenerational Exchange: Connecting Learning Experiences Across Generations. *R&E-SOURCE*. <https://doi.org/10.53349/resource.2024.is1.a1252>.
- Matthews, M. (2022). Thomas Kuhn and Science Education. *Science & Education*, 1 - 70. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00408-1>.

- McCrory, A., & Reiss, M. J. (2023). *The place of ethics in science education: Implications for practice*. Bloomsbury Publishing.
- McGraw, K. O., & Wong, S. P. (1996). Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods*, 1(1), 30–46. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.30>
- McSharry, G., & Jones, S. (2000). *Role-play in science teaching: An effective strategy for developing students' understanding of difficult concepts*. *School Science Review*, 82(298), 73–82.
- Mejias, S., Thompson, N., Sedas, R. M., Rosin, M., Soep, E., Peppler, K., Roche, J., Wong, J., Hurley, M., Bell, P., & Bevan, B. (2021). The trouble with STEAM and why we use it anyway. *Science Education*, 105(2), 209–231. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21605\(open in a new window\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21605(open in a new window))
- Mendes, T., Teixeira, H., Lopes, A., & Correia, A. (2025). From environmental knowledge to pro-environmental behaviors: paving the way for more sustainable higher education institutions through a mission refocus. *The Journal of Technology Transfer*, 50, 2306 - 2339. <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10181-8>.
- Mendonça, C., Piovesana, A., & Pissolito, D. (2025). *Geoethics and sustainability: Addressing challenges in environmental education for achieving the SDGs*. *Geosciences*, 15(3), 134. <https://doi.org/10.3390/su17020574>
- Menninga, A., Geert, P., Vondel, S., Steenbeek, H., & Dijk, M. (2021). Teacher-Student Interaction Patterns Change During an Early Science Teaching Intervention. *Research in Science Education*, 52, 1497 - 1523. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-09997-3>.
- Millar, R., & Hall, K. (2013). Social Return on Investment (SROI) and Performance Measurement. *Public Management Review*, 15(6), 923–941. <https://doi.org/10.1080/14719037.2012.698857>
- Miller, E. C., & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: a design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-10.
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (12th ed.). Pearson.
- Miri, B., David, B. C., & Uri, Z. (2007). Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. *Research in science education*, 37(4), 353-369.
- Mogk, D.W., Geissman, J.W. & Bruckner, M.Z. (2018). Teaching Geoethics Across the Geoscience Curriculum: Why, When, What, How, and Where?. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons

- Montrosse-Moorhead, B., Sutter, A., Phiri, C., & De La Cruz Perdomo, L. (2024). Describing youth participatory evaluation of educational interventions as a key domain of the social determinants of health: protocol for a scoping review. *BMJ Open*, 14. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-081978>.
- Mooney, M., Middlecamp, C., Martin, J., & Ackerman, S. (2022). The Demise of the Knowledge-Action Gap in Climate Change Education. *Bulletin of the American Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1175/bams-d-21-0256.1>.
- Moorthy, R., Selvadurai, S., Gill, S. S., & Gurunathan, A. (2021). Sustainable Societal Peace through the Integration of Bioethics Principles and Value-Based Education. *Sustainability*, 13(6), 3266. <https://doi.org/10.3390/su13063266>
- Mork, S., Haug, B., Sørborg, Ø., Ruben, S., & Erduran, S. (2022). Humanising the nature of science: an analysis of the science curriculum in Norway. *International Journal of Science Education*, 44, 1601 - 1618. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2088876>.
- Mosher, S. & Keane, C. (Eds) (2021). *Vision and change in the geosciences: The future of undergraduate geoscience education*. American Geosciences Institute.
- Namyssova, G., Malone, K., Helmer, J., Myrzakulova, G., Shafiei, A., & Edmiston, B. (2023). The use of drama in science instruction—a review of the literature. *SN Social Sciences*, 3. <https://doi.org/10.1007/s43545-023-00750-3>.
- Naquines, L., Redondo, E., Bandala, G., Padate, S., Madale, V., Salon, L., Salazar, D., Salic-Hairulla, M., & Adil, J. (2025). Integrating Values Education in Science Teaching: Teachers' Perceptions and Practices. *Salud, Ciencia y Tecnología*. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251725>.
- Neves, M. P. (2009). A fundamentação antropológica da bioética. *Revista Bioética*, 4(1), 1–10.
- Neves, M. P., & Osswald, W. (2014). *Bioética simples* (2.^a ed.). Babel.
- Nicholls, J., Lawlor, E., Neitzert, E., & Goodspeed, T. (2012). *A Guide to Social Return on Investment*. Cabinet Office / The SROI Network. <https://socialvalueuk.org/resources/sroi-guide/>
- Nielsen, J. A., Evagorou, M., & Dillon, J. (2020). New perspectives for addressing socioscientific issues in teacher education. In *Science teacher education for responsible citizenship: Towards a pedagogy for relevance through socioscientific issues*. pp. 193-199. Cham: Springer International Publishing.
- Nolan, C., & Zeidler, D. L. (2025). Transformational learning for complex socioscientific issues. *Research in Science Education*, 55, 771–791. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10264-y>
- Nunes, R., Duarte, I., Santos, C., & Rego, G. (2015). Education for values and bioethics. *Springerplus*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0815-z>

- O.Nyumba, T., Wilson, K., Derrick, C., & Mukherjee, N. (2018). The use of focus group discussion methodology: Insights from two decades of application in conservation. *Methods in Ecology and Evolution*, 9, 20 - 32. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12860>.
- Oduro, F., Muganga, A., Parker, D., & Sang, G. (2024). Students' Perceptions of Project-Based Learning in K-12 Education: A Synthesis of Qualitative Evidence. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17328a>.
- OECD (2019). *OECD Learning Compass 2030*. Disponível em <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- OECD (2021a). *Embedding Values and Attitudes in Curriculum: Shaping a Better Future*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/ae2adcd-en>.
- OECD (2021b). *Social Impact Measurement for Social Enterprises*. <https://www.oecd.org/social/social-economy/social-impact-measurement.htm>
- OECD. (2024). *Promoting youth volunteering and civic service engagement*. OECD Public Governance Policy Papers. <https://doi.org/10.1787/39659e6a-en>
- OECD (2025b). OECD Teaching Compass: Reimagining teachers as agents of curriculum changes. *OECD Education Policy Perspectives*, No.123. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8297a24a-en>.
- OECD. (2025a). *Education for human flourishing: Towards a new curriculum framework*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/6b6a0c3e-en>
- Oh, P., Ha, H., & Yoo, Y. (2022). Epistemological messages in a modeling-based elementary science classroom compared with a traditional classroom. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21724>.
- Orion, N. (2007). A Holistic Approach for Science Education for All. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(2), 99-106. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75382>
- Orion, N. (2019). The future challenge of Earth science education research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0003-z>
- Orte, C., Vives, M., Amer, J., Ballester, L., Pascual, B., Gomila, M., & Pozo, R. (2018). Sharing Intergenerational Relationships in Educational Contexts: The Experience of an International Program in Three Countries (Spain, Poland and Turkey). *Journal of Intergenerational Relationships*, 16, 103 - 86. <https://doi.org/10.1080/15350770.2018.1404414>.
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*, 29, 857 - 880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>.

- Osborne, J., & Allchin, D. (2024). Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education*, 47, 2134 - 2155. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2331980>.
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education* 107(3), 553-571. <https://doi.org/10.1002/sce.21790>.
- Ottander, K., & Simon, S. (2021). Learning democratic participation? Meaning-making in discussion of socioscientific issues in science education. *International Journal of Science Education*, 43, 1895 - 1925. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1946200>.
- Ozcan-Ermis, G., & Hervé, N. (2023). Identifying Pre- and In-service Teachers' Stances on Teaching Socioscientific Issues: A Systematic Review of Empirical Studies. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s42330-023-00306-w>.
- Paraskeva-Hadjichambi, D., Goldman, D., Hadjichambis, A., Parra, G., Lapin, K., Knippels, M., & Dam, F. (2020). Educating for Environmental Citizenship in Non-formal Frameworks for Secondary Level Youth. *Environmental Discourses in Science Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1_14.
- Park, T. (2002). Is the Exact Test Better than the Asymptotic Test for Testing Marginal Homogeneity in 2×2 Tables?. *Biometrical Journal*, 44, 571-583. [https://doi.org/10.1002/1521-4036\(200207\)44:5<571::aid-bimj571>3.0.co;2-p](https://doi.org/10.1002/1521-4036(200207)44:5<571::aid-bimj571>3.0.co;2-p).
- Paz, M. & Vasconcelos, C. (2026). Teaching Ethics for Sustainability: Portuguese Science Teachers' Practices on Bioethics and Geoethics. In C. Fiorello, S. Galano, A. Salmoiraghi, E. Tufino (Eds.), *International Scientific Workshop on Challenges of Sustainable Education* (pp.71-88). Università degli Studi di Trento. http://doi.org/10.15168/11572_473690.
- 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>.
- Paz, M. & Vasconcelos, C. (2024). Beyond the classroom: Empowering learners in Bio and Geoethics with engaging non-formal resources. In: Sparitis, O. (Eds.), *Proceedings of 11th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSSL 2024*. (pp.159-166). <http://doi.org/10.35603/sws.iscss.2024/s08/50>.
- Paz, M., Teixeira, I., & Lima, D. (2022). Are new pandemics a historical fate of human evolution? Education and the contribution from a geoethical perspective. *Paedagogica Historica*, 58, 748 - 767. <https://doi.org/10.1080/00309230.2022.2034898>.
- Paz, M., Abrunhosa, M.L., Vasconcelos, C. (2021a). 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. pp. 367-370.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-59320-9_76

- Paz, M., & Vasconcelos, C. (2021b). Ensinar geoética no ensino secundário: contributo para uma cidadania participativa. In *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021: Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible* (pp. 1191-1194). Universidad de Valencia= Universitat de València.
- Pedretti, E. (1999). Decision Making and STS Education: Exploring Scientific Knowledge and Social Responsibility in Schools and Science Centers Through an Issues-Based Approach. *School Science and Mathematics*, 99, 174-181.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17471.x>.
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2017). Geoethics: Ethical, social, and cultural implications of geoscience knowledge, research, practice, and education. Geological Society, London, Special Publications, 419(1), 1–13. <https://doi.org/10.1144/SP419.1>
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. *Geological Society, London, Special Publications*, 508.
- Peppoloni, S., Bilham, N., & Capua, G. (2019). Contemporary Geoethics Within the Geosciences. *Exploring Geoethics*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12010-8_2.
- Pineda-Alfonso, J. A., Alba-Fernández, D., & Navarro-Medina, E. (Eds.). (2018). *Handbook of Research on Education for Participative Citizenship and Global Prosperity*. IGI Global.
- Popovic, A., & Perić, M. (2019). Bioethics in the Future: Ecological Upbringing from a Preschool Age. A Drama Music Workshop as an Example. *Pannoniana*, 3, 255 - 275. <https://doi.org/10.2478/pannonia-2019-0013>.
- Potter, V. R. (1970). Bioethics, the science of survival. *Perspectives in biology and medicine*, 14(1), 127-153.
- Potter, V. R. (1971). *Bioethics: bridge to the future*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Powell, W. A., Newton, M. H., & Zeidler, D. L. (2021). Impact of Socioscientific Issues on Middle School Students' Character and Values for Global Citizenship. In *Socioscientific Issues-Based Instruction for Scientific Literacy Development* (pp. 56-91). IGI Global.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. McGraw-Hill Education (UK).
- Redaelli, S., Biller-Andorno, N., Gloeckler, S., Brown, J., Spitale, G., & Germani, F. (2025). Mastering critical thinking skills is strongly associated with the ability to recognize fakeness and misinformation. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1577692>.

- Redman, A., Wiek, A., & Barth, M. (2021). Current practice of assessing students' sustainability competencies: a review of tools. *Sustainability Science*, 16(1), 117-135. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00855-1>
- Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 746-772.
- Reiss, M. J. (2020). *The use of ethics in science education*. Studies in Science Education, 56(1), 99–127. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658051>
- Relatório Belmont. (1979). *The Belmont Report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research*. U.S. Department of Health, Education, and Welfare. <https://www.hhs.gov/ohrp/regulations-and-policy/belmont-report/index.html>
- Reyna, V. (2020). A scientific theory of gist communication and misinformation resistance, with implications for health, education, and policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912441117>.
- Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2024). *Non-formal secondary students' education to develop environmental insight. Episodes*. <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>
- Rissanen, I., Kuusisto, E., Hanhimäki, E., & Tirri, K. (2018). The implications of teachers' implicit theories for moral education: A case study from Finland. *Journal of Moral Education*, 47, 63 - 77. <https://doi.org/10.1080/03057240.2017.1374244>.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In *Handbook of research on science education*.
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 545-558). Routledge.
- Rodríguez, J. L., Moreira, C., & Lima, L. (2025). Strategies for teaching natural hazards to children in rural communities. *Geosciences*, 15(6), 225. <https://doi.org/10.3390/geosciences15060225>
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research* (rev. ed.). Newbury Park, CA: Sage.
- Roy, G., Sikder, S., & Danaia, L. (2025). Adopting scientific literacy in early years from empirical studies on formal education: a systematic review of the literature. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00547-1>.

- Ruiz-Mallén, I., Gallois, S., & Heras, M. (2018). From White Lab Coats and Crazy Hair to Actual Scientists: Exploring the Impact of Researcher Interaction and Performing Arts on Students' Perceptions and Motivation for Science. *Science Communication*, 40, 749 - 777. <https://doi.org/10.1177/1075547018808025>.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*.
- Sadler, T., & Zeidler, D. (2004). The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27. <https://doi.org/10.1002/sce.10101>.
- Sadler, T., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. (2006). Socioscience and Ethics in Science Classrooms: Teacher Perspectives and Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 353-376. <https://doi.org/10.1002/tea.20142>.
- Sakamoto, M., Yamaguchi, E., Yamamoto, T., & Wakabayashi, K. (2021). An intervention study on students' decision-making towards consensus building on socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 43, 1965 - 1983. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1947541>.
- Salonen, A., Laininen, E., Hämäläinen, J., & Sterling, S. (2023). A Theory of Planetary Social Pedagogy. *Educational Theory* 73(4). <https://doi.org/10.1111/edth.12588>.
- 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>
- Santos, M., Carlos, V., & Moreira, A. (2023). Towards interdisciplinarity with STEAM educational strategies: the Internet of Things as a catalyser to promote participatory citizenship. *Educational Media International*, 60, 274 - 291. <https://doi.org/10.1080/09523987.2023.2324581>.
- Sari, D., Saputro, S., & Sajidan, S. (2025). A Systematic Review on Integrating SSI into Science Education: Its Impact on 21st Century Skills (2014-2024). *Educational Studies and Research Journal*, 2(1):1-14. <https://doi.org/10.60036/sa6n0870>.
- Sass, H. (2008). Fritz Jahr's 1927 Concept of Bioethics. *Kennedy Institute of Ethics Journal*, 17, 279 - 295. <https://doi.org/10.1353/ken.2008.0006>.
- Saunders, K., & Rennie, L. (2013). A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues In Science. *Research in Science Education*, 43, 253-274. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9248-z>.
- Saxena, A. (2019). *Ethics in science: Pedagogic issues and concerns*. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9009-9>
- Schenk, L., Hamza, K., Arvanitis, L., Lundegård, I., Wojcik, A., & Haglund, K. (2021). Socioscientific Issues in Science Education: An opportunity to Incorporate Education about Risk and Risk Analysis?. *Risk Analysis*, 41, 1 - 11. <https://doi.org/10.1111/risa.13737>.

- Scherer, H., Holder, L., & Herbert, B. (2017). Student Learning of Complex Earth Systems: Conceptual Frameworks of Earth Systems and Instructional Design. *Journal of Geoscience Education*, 65, 473 - 489. <https://doi.org/10.5408/16-208.1>.
- Serrano, M. (2023). Educating for Participatory Citizenship in the Social Sciences Classroom: A Practical Experience. *International and Multidisciplinary Journal of Social Sciences*, 2(3), 304 – 327. <https://doi.org/10.17583/rimcis.11968>.
- Sharon, A., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life?. *Science Education*, 104, 873-894. <https://doi.org/10.1002/sce.21581>.
- Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86(2), 420–428. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>
- Sinatra, G., & Lombardi, D. (2020). Evaluating sources of scientific evidence and claims in the post-truth era may require reappraising plausibility judgments. *Educational Psychologist*, 55, 120 - 131. <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1730181>.
- Siry, C., & Gorges, A. (2020). Young students' diverse resources for meaning making in science: learning from multilingual contexts. *International Journal of Science Education*, 42, 2364 - 2386. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1625495>.
- Sjogren, C., Comstock, G., & Goller, C. (2023). *Connecting ethical reasoning to global challenges through analysis of argumentation*. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00166-22>
- Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229>.
- Smith, M., & Ruxton, G. (2020). Effective use of the McNemar test. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 74. <https://doi.org/10.1007/s00265-020-02916-y>.
- Social Value International (2022). *The Principles of Social Value*. Disponível em <https://socialvalueint.org/principles/>.
- Solomon, M. Z., Vannier, D., Chowning, J. T., Miller, J. S., & Paget, K. F. (2016). The pedagogical challenges of teaching high school bioethics: Insights from the exploring bioethics curriculum. *Hastings Center Report*, 46(1), 11-18.
- Sousa, D. A., & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Corwin Press.
- Steel, D. (2010). Epistemic Values and the Argument from Inductive Risk*. *Philosophy of Science*, 77, 14 - 34. <https://doi.org/10.1086/650206>.
- Stern, M. J., Powell, R. B., & Ardoin, N. M. (2014). *What difference does it make? Assessing outcomes from participation in environmental education programs*.

- The Journal of Environmental Education, 45(1), 13–25. <https://doi.org/10.1080/00958964.2013.836421>
- Stouthart, T., Bayram, D., & Van Der Veen, J. (2025). Science teachers' views on student competences in education for sustainable development. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.22021>.
- Strachan, A., & Markwick, A. (2025). Using a scoping review to inform a planetary-conscious pedagogical approach to primary science education. *Research in Science Education*, 55(4), 817-871. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10280-y>
- Tan, C. (2024). An ethical foundation of global competence and its educational implications. *Globalisation, Societies and Education*. <https://doi.org/10.1080/14767724.2024.2341098>.
- Tasquier, G., Knain, E., & Jornet, A. (2022). Scientific Literacies for Change Making: Equipping the Young to Tackle Current Societal Challenges. *Frontiers in Education*, 7:689329. doi: 10.3389/feduc.2022.689329, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.689329>
- Teles, N., Ribeiro, T., & Vasconcelos, C. (2024). Exploring the golden ratio in nature by using a STEAM approach: A diagnostic and quasi-experimental study at a senior university. *Education Sciences*, 14(7), 705. <https://doi.org/10.3390/educsci14070705>
- Have, T. (2016). Ethics education and deliberation. *International Journal of Ethics Education*, 1, 109-110. <https://doi.org/10.1007/s40889-016-0021-z>.
- Thomas, J. W., Mergendoller, J. R., & Michaelson, A. (1999). *Project based learning: A handbook for middle and high school teachers*. Buck Institute for Education.
- Tidemand, S., & Nielsen, J. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39, 44 - 61. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1264644>.
- Timans, R., Wouters, P., & Heilbron, J. (2019). Mixed methods research: what it is and what it could be. *Theory and Society*, 48, 193 - 216. <https://doi.org/10.1007/s11186-019-09345-5>.
- Toivanen, T., Halkilahti, L., & Ruismäki, H. (2013). Creative pedagogy - Supporting children's creativity through drama. *European Journal of Social & Behavioural Sciences*, 7, 1168-1179. <https://doi.org/10.15405/ejsbs.96>.
- Toonders, W., Verhoeff, R., & Zwart, H. (2016). Performing the Future. *Science & Education*, 25, 869 - 895. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9853-3>.
- Torres, C., & Bosio, E. (2020). Global citizenship education at the crossroads: Globalization, global commons, common good, and critical consciousness. *PROSPECTS*, 48, 99 - 113. <https://doi.org/10.1007/s11125-019-09458-w>.

- Torres-Olave, B., Avraamidou, L., & Moura, C. (2025). Critical Imagination for Transformative Agency: Pedagogies for Science Teacher Education. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21970>.
- Triana, D., Anggraito, Y. U., & Ridlo, S. (2020). Effectiveness Environmental Change Learning Tools Based on STEM-PjBL Towards Students' Collaboration and Communications Skills. *Journal of Innovative Science Education*, 9(3), 244-249.
- Trott, C., & Weinberg, A. (2020). Science Education for Sustainability: Strengthening Children's Science Engagement through Climate Change Learning and Action. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12166400>.
- Trott, C., Even, T., & Frame, S. (2020). Merging the arts and sciences for collaborative sustainability action: a methodological framework. *Sustainability Science*, 15, 1067-1085. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00798-7>.
- Troxler, R., Goldstein, T., Holochwost, S., Beekman, C., McKeel, S., & Shami, M. (2022). *Deeper engagement with live theater increases middle school students' empathy and social perspective taking*. *Applied Developmental Science*, 27, 352–372. <https://doi.org/10.1080/10888691.2022.2096610>
- Tshuma, T., & Nyamupangedengu, E. (2024). Drama in the Science Classroom: Reimagining the Teaching of Natural and Life Sciences. *Educational Research for Social Change*. <https://doi.org/10.17159/2221-4070/2023/v13i1a2>.
- Tytler, R. W., Monroe, M. C., Eames, C., & White, P. J. (2025). Expanding the Scope of Science Education to Engage with Anthropocene Challenges. *Research in Science Education*, 55, 1129–1147. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10276-8>
- UNESCO (2016). *Education for people and planet: creating sustainable futures for all*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245752/PDF/245752eng.pdf.multi>
- UNESCO. (2006). *Universal Declaration on Bioethics and Human Rights*. UNESCO Publishing. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf>.
- UNESCO. (2023). Recommendation on education for peace and human rights, international understanding, cooperation, fundamental freedoms, global citizenship and sustainable development. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation.
- United Nations (2015). *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1). http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- Usher, M., & Barak, M. (2024). Unpacking the role of AI ethics online education for science and engineering students. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00493-4>.
- Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. *Science & Education*, 30, 557 - 587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>.

- Van De Wetering, J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101782>.
- Varelas, M., Kotler, R. T., Natividad, H. D., Phillips, N. C., Tsachor, R. P., Woodard, R., Gutierrez, M., Melchor, M. A., & Rosario, M. (2022). Science theatre makes you good at science: Affordances of embodied performances in urban elementary science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(4), 493–528. <https://doi.org/10.1002/tea.21735>
- Vasconcelos, C., & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability*, 13(3), 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- Vasconcelos, C., Cardoso, A., & Ribeiro, T. (2023). *A Geoethics syllabus for higher education: Evaluation of an intervention programme*. *Geosciences*. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.0833.v1>
- Vasconcelos, C., Ferreira, F., Rolo, A., Moreira, B. & Melo, M. (2020b). Improved concept map based teaching for an Earth system approach. *Geosciences Special Issue Educating for Geoscience*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences1001000>
- Vasconcelos, C., Schneider-VoR, S., & Peppoloni, S. (Eds.) (2020a). *Teaching geoethics: Resources for higher Education*. U.Porto Edições. <https://doi.org/10.24840/978-989-746-254-2>
- Vasconcelos, C., Torres, J., Vasconcelos, L. & Moutinho, S. (2016). Sustainable development and its connection to teaching Geoethics. *Episodes*, 39(3), 509-517. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2016/v39i3/99771>
- Verhoeff, R. (2017). The use of drama in socio-scientific inquiry-based learning. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and affective aspects in science education research* (pp. 117–126). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_9
- Vesterinen, V.M., Tolppanen, S., & Aksela, M. (2016). Toward citizenship science education: What students do to make the world a better place? *International Journal of Science Education*, 38(1), 30-50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1125035>
- Viehmann, C., Fernández-Cárdenas, J., & Peña, C. (2024). The Use of Socioscientific Issues in Science Lessons: A Scoping Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16145827>.

- Viehmann, C., Fernández-Cárdenas, J., & Peña, C. (2024). The Use of Socioscientific Issues in Science Lessons: A Scoping Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16145827>.
- Villacorta, S., Pinto, L., Camprubí, A., & Cervantes, Y. (2024). *Integrating geoethics in tertiary education: a strategy for sustainable development in Latin America and the Caribbean. Episodes*. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2024/02404s02>
- Walan, S., & Enochsson, A. (2019). The potential of using a combination of storytelling and drama, when teaching young children science. *European Early Childhood Education Research Journal*, 27, 821 - 836. <https://doi.org/10.1080/1350293x.2019.1678923>.
- Wals, A., & Benavot, A. (2017). Can we meet the sustainability challenges? The role of education and lifelong learning. *European Journal of Education*, 52, 404-413. <https://doi.org/10.1111/EJED.12250>.
- Walter, M. (2019). *Social Research Methods*. Oxford University Press.
- Ward, S. (2020). Reconceptualizing the teaching of ethics in a global classroom. *International Journal of Ethics Education*, 5, 39-50. <https://doi.org/10.1007/s40889-020-00087-y>.
- Watkins, J., & Manz, E. (2022). Characterizing pedagogical decision points in sense-making conversations motivated by scientific uncertainty. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.21747>.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231–240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>
- White, P., Ardoin, N., Eames, C., & Monroe, M. (2024). Agency in the Anthropocene: education for planetary health. *The Lancet. Planetary health*, 8 2, e117-e123 . [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(23\)00271-1](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00271-1).
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L., Rikers, R., & Loyens, S. (2024). The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students' Motivation: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>.
- Williams, A., Osborn, A., Yelland, C., & Hollamby, S. (2022). Correction to: Changing intergenerational patterns of emotional dysregulation in families with perinatal borderline personality disorder. *Archives of Women's Mental Health*, 25, 675 - 678. <https://doi.org/10.1007/s00737-022-01227-7>.
- Wrentschur, M., Dressel, G., Heimerl, K., Hofer, L., & Wegleitner, K. (2024). CareACT in communities. Theatre interventions for justice-oriented and participatory learning processes in Caring Communities. *Educational Action Research*, 33, 122 - 142. <https://doi.org/10.1080/09650792.2024.2439975>.

- Wu, Y., & Hsu, W. (2024). What improves students' participation in a school-based citizen science project? Through the lens of practitioners. *International Journal of Science Education*, 47, 87-106. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2311088>.
- Yacoubian, H.A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3). 308-327. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.142026>
- Yanniris, C. (2021). Education for Sustainability, Peace, and Global Citizenship: An Integrative Approach. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci11080430>.
- Yavuzkaya, M., Hasslöf, H., & Sjöström, J. (2024). Becoming a science teacher in the Anthropocene: scientific knowledge as 'matters of concern'. *International Journal of Science Education*, 47, 1496 - 1516. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2367174>.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). Sage Publications.
- Young, T., & Malone, K. (2023). Reconfiguring environmental sustainability education by exploring past/present/future pedagogical openings with preservice teachers. *Teaching in Higher Education*, 28, 1077 - 1094. <https://doi.org/10.1080/13562517.2023.2197112>.
- Zakopoulos, V., Makri, A., Ntanos, S., & Tampakis, S. (2023). Drama/Theatre Performance in Education through the Use of Digital Technologies for Enhancing Students' Sustainability Awareness: A Literature Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151813387>.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2023). Exploring and expanding the frontiers of socioscientific issues. In *Handbook of research on science education*. pp. 899-929. Routledge.
- Zeidler, D. L., Nichols, B. H. (2009). *Socioscientific issues: Theory and practice*. Journal of Elementary Science Education, 21(2), 49–58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., & Howes, E. V. (2016). Beyond STS: A research-based framework for socio-scientific issues education. In R. Evans et al. (Eds.), *Science education for responsible citizenship* (pp. 97–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24187-6_7
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). *Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education*. Science Education, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>
- Zhang, W., & Hsu, Y. (2025). Professional Development for Socioscientific Issue Teaching: Exploring the Discourse of In-Service Teachers in Community Activities through Epistemic Network Analysis. *Research in Science Education*, 55, 961 - 987. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10237-1>.

Apêndice 1. Questionário do estudo diagnóstico



Caros colegas,

O presente questionário encontra-se integrado numa investigação a decorrer na Faculdade de Ciências da

Universidade do Porto, no âmbito de um programa de intervenção de doutoramento, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, com referência 2021.06518.BD. Prescrua-se efetuar um diagnóstico inicial sobre a integração curricular de bio e geoética no ensino de Ciências Naturais e de Biologia e Geologia, em ambientes de ensino formal e não formal. Assim, solicitamos a colaboração de docentes dos grupos 230 e 520 na resposta a este breve questionário.

A sua participação é voluntária e as informações recolhidas serão tratadas garantindo o anonimato, a confidencialidade, a proteção e a segurança de todos os dados.

Qualquer questão ou dúvida, por favor entrar em contacto com marta.paz@fc.up.pt Desde já, a equipa de investigação agradece a vossa **participação!**

Ao avançar no preenchimento deste questionário, declaro que: (i) me foram explicados e compreendi a pertinência e os objetivos da investigação; (ii) entendi que toda a informação obtida ao longo da minha participação no estudo será tratada de forma confidencial, não sendo possível à equipa de investigação revelar a minha identidade em qualquer relatório, documento ou a terceiras pessoas; (iii) percebi que, dado o carácter voluntário da minha participação, posso desistir a qualquer momento, não havendo nenhum prejuízo para mim.

Por favor, indique o intervalo correspondente à sua idade atual. *

- ☐ Entre 21 e 30 anos
- ☐ Entre 31 e 40 anos
- ☐ Entre 41 e 50 anos
- ☐ Entre 51 e 60 anos
- ☐ > 60 anos

Sexo *

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Não binário
- ☐ Prefiro não responder

Qual o seu número de anos de tempo de serviço? *

- ☐ < 5
- ☐ entre 5 e 10
- ☐ entre 11 e 15
- ☐ entre 16 e 20
- ☐ > 20

No presente ano letivo lecionou num estabelecimento de ensino *

- ☐ público
- ☐ privado

Que ciclo de ensino leciona habitualmente? *

- ☐ 2º Ciclo Ensino Básico
- ☐ 3º Ciclo Ensino Básico
- ☐ Ensino Secundário
- ☐ 3º Ciclo Ensino Básico e Ensino Secundário

Por favor, indique a sua formação base: *

- ☐ geologia
- ☐ biologia
- ☐ biologia e geologia
- ☐ Outra:

O atual ritmo de desenvolvimento científico e tecnológico, aliado ao crescente impacto do ser humano no sistema Terra, confere importância acrescida à promoção de valores éticos nos mais jovens.

Q1.No âmbito da bioética cabe uma reflexão ética sobre questões relacionadas com as ciências da vida. Considerando esta definição geral, costuma abordar questões de âmbito bioético no ensino de Ciências Naturais ou de Biologia e de Geologia? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Assuntos bioéticos no ensino de Ciências Naturais ou de Biologia e Geologia:

Q2.Com que frequência explora assuntos bioéticos nas suas aulas? *

- ☐ Raramente (até 2 vezes por ano letivo)
- ☐ Ocasionalmente (entre 3 e 5 vezes por ano)
- ☐ Regularmente (pelo menos 6 vezes por ano letivo)

Q3. Que critérios considera ao selecionar um assunto bioético para abordar em sala de aula? (selecione, no máximo, as duas opções que mais se apliquem ao seu caso) *

- ☐ Proximidade à realidade dos alunos (ao seu contexto)
- ☐ Estar integrado no programa curricular da disciplina que leciona
- ☐ Oportunidade de desenvolver competências (pensamento crítico, argumentação, tomada de decisão)
- ☐ Disponibilidade de recursos e materiais facultados no manual escolar
- ☐ Disponibilidade de recursos e materiais adequados elaborados pelo próprio docente ou por outros colegas
- ☐ Outra:

Q4. Que temas do currículo de Ciências Naturais ou de Biologia e Geologia costuma lecionar recorrendo à análise de questões bioéticas? (por favor, indique também o ano de escolaridade) *

Q5. Como costuma introduzir um assunto bioético em sala de aula? (selecione, no máximo, as duas opções que mais se apliquem ao seu caso) *

- ☐ Discussão em grupo
- ☐ Uso de recursos multimédia (vídeos ou documentários)
- ☐ Realização de atividades práticas e/ou experimentais
- ☐ Análise de notícias ou artigos científicos
- ☐ Uso do manual escolar
- ☐ Realização de saídas de campo
- ☐ Outra:

Q6. Durante a abordagem de questões bioéticas, como incentiva a participação dos seus alunos em sala de aula? *

- ☐ Estimulando-os a expressar as suas opiniões e pontos de vista
- ☐ Fomentando debates abertos a diferentes perspectivas
- ☐ Promovendo a análise crítica das informações apresentadas
- ☐ Incentivando-os a fundamentar as suas opiniões com base em evidências científicas
- ☐ Outra:

Q7. Na sua opinião, qual o principal constrangimento/desafio que enfrenta ao abordar assuntos bioéticos com as suas turmas? *

- ☐ Extensão do programa curricular/falta de tempo
- ☐ Elevado número de alunos nas turmas
- ☐ Falta de maturidade dos alunos
- ☐ Falta de recursos educativos disponíveis
- ☐ Inexperiência/reduzido conhecimento sobre como abordar em sala de aula questões complexas e com várias soluções plausíveis
- ☐ Outra:

Q8. Como avalia a aprendizagem dos seus alunos em relação aos assuntos bioéticos? (por favor, escolha a alternativa que melhor se aplica) *

- ☐ Avaliações escritas tradicionais (testes, questões de aula)
- ☐ Apresentações orais individuais
- ☐ Apresentações orais de trabalhos em grupo
- ☐ Projetos ou trabalhos práticos
- ☐ Participação em debates ou discussões
- ☐ Trabalho escrito individual
- ☐ Trabalho escrito em grupo
- ☐ Outra:

Q9. Qual o motivo pelo qual não costuma abordar assuntos bioéticos na sua prática letiva? (por favor, selecione no máximo as duas opções que mais se aplicam ao seu caso) *

- ☐ Não considero pertinente para os alunos
- ☐ Não fazem parte do programa das disciplinas que leciono
- ☐ Extensão do programa curricular/falta de tempo
- ☐ Elevado número de alunos nas turmas/falta de maturidade dos alunos
- ☐ Inexperiência/reduzido conhecimento sobre como abordar em sala de aula questões complexas e com que uma solução
- ☐ Falta de recursos educativos disponíveis
- ☐ Outra:

Linhas de investigação no Ensino de Bioética:

Q10. No que concerne à abordagem de assuntos bioéticos no ensino, por favor indique possíveis linhas de investigação que pense poderem contribuir de forma significativa para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem deste tema no ensino básico e no ensino secundário. *

A geoética é uma área disciplinar em cujo âmbito assenta uma reflexão sobre os valores que devem estar subjacentes a comportamentos e práticas, sempre que estes possam interferir na forma como o ser humano se relaciona com o sistema Terra.

Q11. Considerando esta definição geral, costuma abordar questões de âmbito geoético no ensino de Ciências Naturais ou de Biologia e Geologia? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Assuntos geoéticos no ensino de Ciências Naturais ou de Biologia e Geologia:

Q12. Com que frequência explora assuntos geoéticos nas suas aulas? *

- ☐ Raramente (até 2 vezes por ano letivo)
- ☐ Ocasionalmente (entre 3 e 5 vezes por ano)
- ☐ Regularmente (pelo menos 6 vezes por ano letivo)

Q13. Que critérios considera ao selecionar um assunto geoético para abordar em sala de aula? (selecione, no máximo, as duas opções que mais se apliquem ao seu caso) *

- ☐ Proximidade à realidade dos alunos (ao seu contexto)
- ☐ Estar integrado no programa curricular da disciplina que leciona
- ☐ Oportunidade de desenvolver competências (pensamento crítico, argumentação, tomada de decisão)
- ☐ Disponibilidade de recursos e materiais facultados no manual escolar
- ☐ Disponibilidade de recursos e materiais adequados elaborados pelo próprio docente ou por outros colegas
- ☐ Outra:

Q14. Que temas do currículo de Ciências Naturais ou de Biologia e Geologia costuma lecionar recorrendo à análise questões que se enquadrem no âmbito da geoética? (por favor, indique também o ano de escolaridade) *

Q15. Como costuma introduzir um assunto geoético em sala de aula? (selecione, * no máximo, as duas opções que mais se apliquem ao seu caso)

- ☐ Realização de atividades de campo
- ☐ Discussão em grupo
- ☐ Uso de recursos multimédia (vídeos ou documentários)
- ☐ Realização de atividades práticas e/ou experimentais
- ☐ Análise de notícias ou artigos científicos
- ☐ Uso do manual escolar

Outra:

Q16. Durante a abordagem de questões geoéticas, como incentiva a participação dos seus alunos em sala de aula? *

- ☐ Estimulando-os a expressar as suas opiniões e pontos de vista
- ☐ Fomentando debates abertos a diferentes perspectivas
- ☐ Promovendo a análise crítica das informações apresentadas
- ☐ Incentivando-os a fundamentar as suas opiniões com base em evidências científicas
- ☐ Outra:

Q17. Na sua opinião, qual o principal constrangimento/desafio que enfrenta ao abordar assuntos geoéticos com as suas turmas? *

- ☐ Extensão do programa curricular/falta de tempo
- ☐ Elevado número de alunos nas turmas
- ☐ Falta de maturidade dos alunos
- ☐ Falta de recursos educativos disponíveis
- ☐ Inexperiência/reduzido conhecimento sobre como abordar em sala de aula questões complexas e com várias soluções plausíveis
- ☐ Outra:

Q18. Como avalia a aprendizagem dos seus alunos em relação aos assuntos geoéticos? (por favor, escolha a alternativa que melhor se aplica) *

- ☐ Avaliações escritas tradicionais (testes, questões de aula)
- ☐ Apresentações orais individuais
- ☐ Apresentações orais de trabalhos em grupo
- ☐ Projetos ou trabalhos práticos
- ☐ Participação em debates ou discussões
- ☐ Trabalho escrito individual
- ☐ Trabalho escrito em grupo
- ☐ Outra:

Q19. Qual o motivo pelo qual não costuma abordar assuntos geoéticos na sua prática letiva? (por favor, selecione no máximo as duas opções que mais se aplicam ao seu caso) *

- ☐ Não considero pertinente para os alunos
- ☐ Não fazem parte do programa das disciplinas que leciono
- ☐ Extensão do programa curricular/falta de tempo
- ☐ Elevado número de alunos nas turmas/falta de maturidade dos alunos
- ☐ Inexperiência/reduzido conhecimento sobre como abordar em sala de aula questões complexas e com que uma solução
- ☐ Falta de recursos educativos disponíveis
- ☐ Outra:

Linhas de investigação para o Ensino de Geoética:

Q20. No que concerne à abordagem de assuntos geoéticos no ensino, por favor indique possíveis linhas de investigação que pense poderem contribuir de forma significativa para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem deste tema no ensino básico e no ensino secundário. *

Formação e desenvolvimento profissional:

Q21. Alguma vez fez, por sua iniciativa, formação profissional específica sobre a abordagem de assuntos de cariz bioético ou geoético no ensino básico e/ou secundário? *

- ☐ Sim, já fiz formação em bioética.
- ☐ Sim, já fiz formação em geoética.
- ☐ Sim, já fiz formação em ambos os temas (bioética e geoética).
- ☐ Não, nunca fiz formação em bioética, nem em geoética.

Q22. A formação foi relevante para a sua prática docente? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

Q23. Por favor, justifique a sua resposta anterior. *

- ☐ Não considero o tema da formação relevante para a minha prática letiva.
- ☐ Não tenho necessidade de formação na área, uma vez que estou atualizado no tema.
- ☐ Falta de tempo.
- ☐ Ausência de ofertas de formação próximas do meu local de trabalho e/ou de residência.
- ☐ Ausência de ofertas de formação de baixo custo/gratuitas disponíveis.
- ☐ Outra:

Q24. A partir de que ciclo de ensino considera que os alunos devem abordar questões de cariz ético, nomeadamente bioético e geoético, no ensino obrigatório? *

- ☐ desde o ensino pré-escolar
- ☐ a partir do 1º ciclo do ensino básico
- ☐ a partir do 2º ciclo do ensino básico
- ☐ a partir do 3º ciclo do ensino básico
- ☐ apenas no ensino secundário

Q25. Por favor, justifique a sua opção.

Apêndice 2. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos participantes do projeto

Código participante: EGFP1	Local: Instituição acolhimento	Duração 25 min.
Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
Q1	Investigadora: Então, vamos começar as entrevistas em grupos focais aos participantes do projeto. Primeira pergunta: Como foi a vossa participação no projeto? Participante 4: <u>Gostei muito, adorei.</u> [entusiasmado] Participante 7: <u>Gostei muito.</u> Participante 2: <u>Foi boa.</u> Participante 3: <u>Foi boa.</u> Participante 4: <u>Aprendi muito sobre a bioética e a geoética.</u> Participante 2: <u>Sim, eu também.</u> Participante 5: <u>Sim, também gostei.</u> Investigadora: E das atividades todas que fizemos, qual foi a que vossa preferida? Participante 2: <u>A do aquário.</u> Participante 1: <u>A do aquário.</u> Participante 5: <u>A do aquário.</u>	EPA1 EPA1 EPA1 EPA1 EPA1 EPA1 EPA1 EPA1 EPA3 EPA3 EPA3

	Participante 7: <u>A do aquário.</u> [todos de acordo] Investigadora: Portanto, a da mineração do fundo marinho? Participante 4: <u>Sim, foi essa.</u> Investigadora: Ok, e a que gostaram menos? Participante 2: <u>Nenhuma.</u> Participante 3: <u>Nenhuma.</u> Participante 7: <u>Nenhuma.</u> Participante 4: <u>Eu não gostei da atividade das caixas, porque deu-me</u> <u>ansiedade.</u> Investigadora: Ah, ok. Isso foi a primeira atividade, para vos conhecer melhor. Está bem. Vocês disseram uma atividade de geoética que gostaram. E da bioética? Participante 7: <u>Eu gostei daquela do escape room.</u> Investigadora: A atividade do escape room, que falava sobre a história de Henrietta Lacks. Certo? Participante 2: <u>Sim, a [atividade] do escape room.</u> Participante 3: <u>Sim, essa também ficou.</u> Investigadora: E a atividade sobre os direitos dos animais? Participante 1: <u>Sim, também gostei.</u> Participante 4: <u>Gostei “total”.</u> Participante 3:	EPA3 EPA3 EPA6 EPA6 EPA6 EPA5 EPA3 EPA3 EPA3
--	--	--

	<u>Sim, também.</u> [concordância entre participantes] Participante 4: <u>Adorei o teatro também.</u> Participante 7: <u>Sim, o teatro foi a melhor coisa.</u> <u>[entusiasmado]</u>	EPA3 EPA3 EPA3
Q2	Investigadora: O teatro foi o nosso produto do projeto. Em relação ao teatro, vocês já tinham feito alguma peça de teatro na escola? Participante 1: Sim. Participante 5: Sim. Participante 7: Sim, no ATL já. Participante 2: Sim, no ATL. No Natal. Investigadora: Então não era um teatro sobre uma matéria escolar específica? Participante 7: Não. <u>Nós, todos os Natais, fazemos uma peça de teatro, mas não sobre uma matéria da escola.</u> Investigadora: Vocês acham interessante fazer atividades relacionadas com a arte, neste caso com o teatro, em que se abordam temas escolares? Participante 1: <u>Sim.</u> Participante 6: <u>Sim.</u> Participante 7: <u>Eu, sim. Acho.</u>	EPB1 EPB2 EPB2 EPB2
Q3	Investigadora: Como comparam a aprendizagem neste projeto, em que nós incorporamos temas da bioética e da geoética no produto final	

	que foi a peça de teatro, com o método tradicional usado nas escolas, que é geralmente mais expositivo? Participante 2: <u>É mais fácil e mais divertido aprender.</u> [assertiva] Participante 7: <u>Sim, é isso.</u> Participante 6: <u>Fica mais fácil compreender o que estamos a aprender.</u> [todos de acordo]	EPB4 EPB4 EPB4
Q4	Investigadora: O que acham sobre os temas da bioética e da geoética? Consideram os temas fáceis ou complicados? Participante 7: <u>Depende.</u> Participante 3: <u>Mais ou menos.</u> [com dúvida] Participante 2: <u>Depende da forma como são explicados.</u> Participante 4: <u>São um bocadinho difíceis de compreender, mas acho que nos ensinou muito bem.</u> Investigadora: Podem explicar melhor? Participante 7: É assim, <u>são um pouco complicados de entender. Mas acho que, como fizemos diferentes atividades sobre bioética e geoética, em que nós próprios tínhamos de investigar, ficou mais simples de se entender.</u> [assertivo] Investigadora: Vocês tiveram mais dificuldades na parte da bioética, e nos princípios bioéticos, ou da geoética? Participante 7: <u>Na geoética.</u> Participante 3: <u>Geoética.</u> Participante 1:	EPC2 EPC2 EPC1 EPC1 EPC1 EPC6 EPC6

	<u>Eu também.</u> Investigadora: Tiveram mais dificuldades na geoética? Participante 5: <u>Não, na bioética. Bioética.</u> [discordando da opinião dos colegas] Investigadora: Porquê? Participantes: Sem resposta. Investigadora: Não conseguem explicar? Participante 5: <u>Não, não sei explicar muito bem.</u> Participante 3: <u>Não sei. Mas achei mais complicada a geoética.</u>	EPC6 EPC4 EPC4 EPC6
Q5	Investigadora: Bom, agora peço-vos para construírem um dilema bioético. Pensem em conjunto uns minutos Já estão prontos?. Participante 4: Por exemplo sobre a eutanásia. <u>Deve a eutanásia ser legalizada e disponibilizada para pacientes que estão em sofrimento, mesmo que isso contrarie certos valores morais e religioso?</u> Participante 4: <u>Eu acho que deve ser o médico a avaliar a situação do paciente, e a propor a eutanásia, e depois nós temos a nossa escolha se queremos ou não.</u> Investigadora: O médico deve propor e depois a pessoa é que tem a escolha? Participante 4: Sim. Mas devia ser num caso em que não houvesse mesmo alternativa. Participante 7: Sim, sim. Investigadora:	EPD1 EPD5

	Mas que possíveis soluções é que propõem para isso? Como decidir se há ou não alternativa? Participante 5: <u>Devia existir um tribunal específico para avaliar a doença do paciente, em que se a pessoa estiver num caso terminal ou de muito sofrimento, em que não haja alternativa, a pessoa possa decidir.</u> Investigadora: Mas como é que temos mesmo a certeza que não há alternativa, se a medicina está sempre a evoluir? Participante 4: Sim, mas a medicina demora a evoluir. Participante 2: A medicina pode evoluir, mas não há a certeza que isso aconteça. Participante 1: Pois. Participante 4: <u>Por isso é que o médico propõe, mas a pessoa é que decide.</u> O médico dá as opções: “preferes ser eutanasiado e acabar com o teu sofrimento, ou preferes tentar recuperar-te com um possível tratamento, mas não podemos dar-te a certeza que funcione ou que daqui a uns anos não vás voltar a ter a doença”...damos as opções e a pessoa depois é que decide. Investigadora: Estás a pensar no princípio da autonomia e da não maleficência. Participante 5: <u>O que os pacientes pensam é em terminar com a dor. Mas isso, deve ser a família a decidir, ou o médico.</u> Participante 2: <u>Pois.</u> [concorda com o colega] Investigadora: Mas se for a família a decidir, estamos a seguir o princípio bioético da autonomia? Participante 5: <u>É por isso que eu acho que devia existir um tribunal para decidir se o paciente tem direito, ou não, a decidir sobre a eutanásia.</u>	EPD5
		EPD5
		EPD5
		EPD5
		EPD5

	Investigadora: Muito bem.	
Q6	Investigadora: E agora em relação a um dilema geoético. Podem pensar todos em conjunto. Participante 5: <u>Deveriam os países desenvolvidos ser obrigados a pagar por danos climáticos e ajudar financeiramente os países mais afetados, mesmo que isso represente um grande custo económico?</u> Investigadora: Certo. Podem explicar melhor? Participante 5: Por exemplo, os Estados Unidos poluem muito e ajudam muito pouco. Investigadora: Ajudam pouco. Sabem que os Estados Unidos saíram de alguns acordos climáticos. O acordo de Paris, por exemplo. Participante 4: Pois é. Investigadora: E porque é que vocês acham que os Estados Unidos saíram desses acordos? Porque estar nesses acordos tem custos económicos. Participante 7: Pois. Investigadora: Para proteger o ambiente é inevitável que se gaste dinheiro. E, então, o que pensam? Os países mais ricos deviam pagar ou não? Participante 5: <u>Dependendo dos custos e das condições financeiras do país.</u> Por exemplo, eu não estou a ver Portugal a pagar por danos climáticos a Angola ou à Indonésia. Portugal não é forte financeiramente. Investigadora: Portugal não faz parte dos países mais ricos e mais poluentes. Vocês consideram que, por princípio, os países que poluem mais deviam pagar uma taxa e ajudar os países menos desenvolvidos e que poluem menos?	EPD2 EPD6

	Participante 5: <u>Devia haver um acordo em que esses países que eram ajudados depois, daqui a uns anos, tinham de contribuir para os países que os ajudaram. Não o valor todo, mas ao menos “um obrigado”.</u> Investigadora: Concordam com isto? Participante 1: <u>Sim, concordo.</u> Participante 3: <u>Eu também acho que sim.</u>	EPD6 EPD6 EPD6
Q7	Investigadora: Muito bem. E de que forma é que vocês acham que a participação neste projeto, que foi de ensino não formal, portanto não decorreu na escola, e que culminou com a vossa apresentação do teatro aos colegas mais pequenos, contribuiu para a vossa formação enquanto pessoas, enquanto cidadãos? Participante 4: Contribuiu. Participante 7: <u>Eu aprendi a ser justo e responsável.</u> Participante 2: <u>Aprendemos a trabalhar em equipa, a ser mais criativos. E também gostei do facto de fazermos a peça de teatro para ensinarmos aquilo que aprendemos aos mais novos.</u> Participante 5: Sim, concordo. <u>E aprendemos mais sobre o mundo.</u> Participante 4: Exato, <u>aprendemos sobre a bioética e a geoética e gostei muito de ter ensinado aos mais novos.</u> Aprendemos a lidar com temas do mundo... <u>a começar a ser mais sustentáveis.</u> Participante 3: <u>Eu tive 4 a Ciências por causa disto.</u> Investigadora: Acham que vos ajudou a pensar melhor e a argumentar as vossas opiniões? Participante 2: <u>Sim.</u>	EPE1 EPE1 EPE1 EPE1 EPE1 EPE1

	Participante 5: <u>Sim, a pensar e a argumentar melhor sobre elementos sobre a vida. Foi muito útil.</u> Participante 7: <u>Sim, sim.</u> [concordando] Investigadora: Concordam? Participante 8: <u>Sim.</u> Participante 6: <u>Sim.</u> Participante 4: <u>Eu adorei.</u>	EPE1 EPE1 EPE1 EPE1 EPA1
Q8	Investigadora: Consideram importante aprender sobre bioética e geoética na escola? Se aprendessem em Ciências Naturais, por exemplo? Participante 5: <u>Sim, ou em cidadania. Porque em cidadania estou farto de aprender só sobre o ambiente, já são quase 12 anos seguidos a fazer árvores com latas de coca-cola... em vez de se falar sobre assuntos sérios [como bioética e geoética].</u> [irritado] Investigadora: Certo. Já referiram os benefícios individuais de terem participado neste projeto, aprenderem a ser criativos, mais justos, responsáveis, e para a sociedade, quais é que acham que são os benefícios para a sociedade da vossa participação neste projeto? Participante 7: <u>Podemos melhorar a sociedade.</u> Participante 2: <u>Podemos ajudar com aquilo que nós aprendemos, com a informação que retiramos das atividades, podemos por em prática aquilo que aprendemos.</u> Participante 5: <u>Sim, é isso.</u> Investigadora:	EPF1 EPE3 EPE3 EPE3

	Muito bem. E a partir de que idade é que vocês consideram útil aprender na escola sobre estes temas? Participante 2: A partir do 5º [ano]. Participante 4: Não, eu acho melhor <u>após o 7º [ano], que é quando começamos a ter mais inteligência [maturidade].</u> Participante 5: <u>Do 1º ao 4º ano, de uma forma mais tipo brincadeira, com jogos, Do 5º ao 8º quando já se começa a ter um bocadinho mais maturidade, já se pode entrar mais no assunto, e do 9º para cima aí já se pode falar mais a sério [nestes temas].</u> Investigadora: Então consideram que se pode aprender bioética e geoética desde pequenino, mas a aprendizagem tem de ser adequada às idades? Participante 2: Exatamente como o colega já disse, <u>no 1º ciclo ser mais através de jogos e assim, porque os meninos ainda são muito pequeninos, e não conseguem perceber as coisas [bio e geoética], mas depois a partir do 5º ano já têm mais cabeça [maturidade].</u> Participante 5: Existe muita diferença de maturidade entre pessoas, mesmo dentro da mesma idade. Investigadora: Portanto, vocês concordam que é importante a aprendizagem de bioética e geoética na escola, mas sempre adequando à idade dos alunos. É isso? Participante 4: <u>Sim.</u> Participante 7: <u>Sim.</u> Participante 2: <u>Sim.</u> <u>[todos concordam]</u> Investigadora: Muito obrigada a todos. Terminámos a entrevista.	EPF5 EPF3 EPF7 EPF3 EPF7 EPF1 EPF1 EPF1
--	--	---

Código participante: EGFP2	Local: Instituição acolhimento Duração 25 min.	
Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
Q1	Investigadora: Então, vamos começar as entrevistas em focos-grupo aos participantes do projeto. Então, primeira pergunta. Como foi a vossa participação no projeto? Podem dizer à vontade aquilo que pensam, ok? Participante 9: <u>Eu gostei.</u> Participante 11: <u>Eu gostei, só que eu acho que se fosse, tipo, melhor dividido [o número de alunos em cada um dos grupos de participantes] era mais vantajoso, porque às vezes nós não conseguimos fazer tudo e assim... não sei explicar, mas gostei.</u> Investigadora: Podes explicar melhor? Participante 9: <u>Porque, enquanto há alguns [participantes] que são completamente ativos, há outros que, querem mais estar atentos e não conseguiram aproveitar tudo. [concordando]</u> Investigadora: Sim, está bem. E em relação às atividades que efetuámos, de qual é que vocês gostaram mais? Lembram-se? Participante 10: <u>A do aquário.</u> Participante 11:	EPA1 EPA1 EPA7 EPA7

	Eu não estive nessa [atividade], estava doente. Investigadora: Pois foi. Participante 9: <u>Eu gostei da atividade final.</u> Investigadora: Do teatro? Participante 9: <u>Sim. E há duas que eu acho que teria gostado mais, se [os grupos] fossem mais bem divididos. Por exemplo, no Escape Room, algumas pessoas só encontraram uma pista e outras já estavam ali a tentar desvendar mistérios que eram apenas para o final do jogo. A outra atividade que gostei mais foi aquela do debate das espécies.</u> Investigadora: Sim, muito bem. Participante 11: <u>Eu gostei da atividade do escape room e, é assim, eu não gostei, quer dizer, eu gostei do teatro, mas foi confuso para mim.</u> Investigadora: No teatro? Porquê? Participante 11: <u>Acho que tivemos pouco tempo para treinar... pelo menos para mim.</u> Investigadora: Sim, houve muitos dias que não vieram todos e efetivamente, não conseguimos treinar com todos. Participante 11: Ah, e também gostei daquela das cartas, das adivinhas.	EPA3 EPA3 EPA3 EPA7
--	---	---

	Investigadora: A atividade da caça ao tesouro sobre os serviços do ecossistema oceano? Essa faz parte da atividade da mineração do fundo do oceano. Participante 11: <u>Sim, essa também gostei.</u>	EPA3
Q2	Investigadora: Bom, e em relação ao projeto, vocês já tinham tido alguma atividade parecida? Já tinham feito uma peça de teatro sobre uma matéria? Participante 9: É assim, <u>já tivemos teatro na escola, mas não sobre temas de ciências.</u> Participante 10: <u>Aqui no CATL já fizemos teatros, principalmente nas férias de Natal, mas na escola nunca tinha feito sobre matérias escolares.</u> Participante 12: <u>Sim, eu também.</u>	EPB1 EPB1 EPB1
Q3	Investigadora: Neste caso, consideram mais interessante aprender ciências através de um projeto como este, ou acham que é melhor aprender através da forma mais tradicional, em que o professor fala e os alunos assistem? Participante 9: <u>Eu prefiro esta forma. É mais lúdica.</u> Participante 12: <u>Eu também prefiro assim.</u>	EPB2 EPB4 EPB1

	Participante 11: Depende da matéria. Por exemplo, se for história, por causa das guerras, se for por causa de explicar como aconteceu alguma coisa, talvez o teatro seja melhor. Mas, por exemplo, em outras matérias, tipo Físico-Química, acho que é melhor a maneira mais tradicional. Investigadora: Portanto, achas a estratégia interessante, mas pensas que não se adequa a todas as disciplinas ou temas, é isso? Participante 11: É, sim. Acho que é mais para história, geografia, inglês, francês. Investigadora: E no nosso caso, em que o tema era bioética e geoética? Participante 11: <u>Também acho que foi útil. Se tivéssemos mais tempo para treinar as falas do teatro, ainda tinha sido melhor.</u> Participante 9: <u>É isso, também concordo.</u>	EPB4 EPA7 EPB4 EPA7
Q4	Investigadora: Certo. E qual é a vossa opinião sobre os temas trabalhados, a bioética e a geoética? Qual consideraram mais difícil de entender? Participante 11: <u>No início foi geoética, porque eu sempre associei a geoética somente às pedras e não estava a perceber que era sobre o nosso impacto sobre todo o sistema terra, não é?</u> Investigadora: Exatamente. Participante 12:	EPC5

	<u>Eu acho que para mim foi mais difícil a bioética.</u> Investigadora: Porquê? Consegues explicar melhor? Participante 12: <u>Porque acho que foi mais difícil entender o conceito.</u> Participante 9: <u>Para mim também foi a bioética. Porque foi algo novo. Mas acho que foi útil termos feito a peça de teatro para ensinar os colegas mais novos, porque nos ajudou a compreender melhor estes temas.</u> Participante 11: <u>Sim, eu concordo. Para nós próprios aprendermos sobre estes temas [sobre bio e geoética], foi muito importante termos ajudado na escrita e depois apresentarmos a peça de teatro aos mais novos.</u> Participante 12: <u>Sim, também concordo.</u>	EPC4 EPC4 EPC3 EPB2 EPB2
Q5	Investigadora: Vamos avançar para próxima pergunta. Construam um dilema bioético e depois pensem em soluções para esse dilema. Participante 9: <u>Então, por exemplo, um dilema pode ser sobre a investigação científica em animais, porque, tal como está no teatro que nós fizemos, é um caso em que há muitos argumentos para os dois lados. Por um lado, os animais não devem sentir dor, porque eles também são seres vivos, mas pelo outro, também está em questão a vida de muitas pessoas, e, enquanto não houver outra solução, é a única solução que nós conseguimos ter. Então, a solução é, com os aparelhos e a tecnologia que hoje em dia existem, que ainda não são tão bons como os próprios modelos animais, podemos obter algumas informações e aproveitar para</u>	EPD1 EPD5

	<u>reduzir o uso dos animais na investigação. Por exemplo, se o modelo informático dá 90% de chances de um medicamento funcionar nas pessoas, então, vamos testar num animal. Mas se no computador já indica que não vai funcionar tão bem, então já não precisamos testar com o animal.</u> Investigadora: Sim. Mais opiniões? Participante 12: Sim, eu também concordo com essa solução. <u>Testar os modelos informáticos primeiro e só quando os cientistas têm alguma certeza de que podem mesmo funcionar, é que devem passar para os modelos animais. Assim, reduz-se muito o número de animais usados em investigação.</u> Participante 11: <u>Sim, também concordo.</u> Investigadora: Querem acrescentar mais alguma coisa? Participante 10: Por exemplo, houve um dia em que tive de ir ao hospital. No hospital, deram-me uma pulseira amarela, em que tinha de ser atendido mais rápido. Demoraram 5 minutos a chamar-me. E depois fiquei bem. Uma semana mais tarde, estive outra vez no hospital. Mas, neste dia, deram uma pulseira verde e demoraram 1h30m a atender-me. Investigadora: Certo, e isto pode ser um dilema bioético? Porquê? Participante 9: <u>Porque, por exemplo, não se pode escolher a cor da pulseira que se vai atribuir a alguém só porque se conhece essa pessoa.</u> Todos concordam?	EPD5 EPD5 EPD1
--	---	--

	Participante 10: <u>Exatamente, o importante é atender primeiro as pessoas que estiverem a precisar de cuidados mais urgentes, as que estiverem mais doentes.</u> Investigadora: Muito bem. Porque, de outra forma, estaríamos a colocar em causa um dos princípios da bioética que aprendemos, que era o princípio da... Participante 9: Da justiça. Investigadora: Muito bem. A justiça. E quais eram os outros [princípios]? Participante 12: A autonomia. Participante 9: A não maleficência e a beneficência. Investigadora: Muito bem. A bioética diz-nos que temos sempre de pensar nestes quatro princípios.	EPD5
Q6	Investigadora: E agora em relação à geoética. Elaborem um dilema geoético e pensem em possíveis soluções para o solucionar. Participante 12: Por exemplo, <u>em relação à forma como usamos os solos.</u> O tipo de agricultura praticado influencia. Investigadora: Podes elaborar um pouco mais a tua ideia? Participante 12: Então, <u>se os agricultores usarem muitos fertilizantes e produtos químicos, podem aumentar a produção a curto</u>	EPD2 EPD2

	<u>prazo. Mas acabam por danificar os ecossistemas, porque esses produtos poluem os solos e as águas subterrâneas, podendo provocar danos noutros seres vivos. Ou seja, isto não é geoético, porque não previne danos a longo prazo.</u> Participante 11: <u>Sim, e também se o tipo de agricultura for muito intensivo, acaba por fazer com que o solo fique infértil. Por isso isto não é um comportamento geoético porque depois esse solo não está disponível para fornecer mais alimentos. O melhor é a agricultura mais familiar..</u> Participante 12: <u>Sim, ou então a [agricultura] biológica.</u>	EPD2 EPD6 EPD7
Q7	Investigadora: Ok, vamos então avançar para a próxima questão. De que forma é que vocês acham que participarem neste projeto, que culminou na apresentação da peça de teatro aos vossos colegas mais novos, contribuiu para a vossa formação enquanto cidadãos Participante 10: <u>Foi importante porque pode-nos ajudar, no futuro, a perceber as características do mundo, quando fizermos 18 anos.</u> Participante 11: <u>E também porque não temos essa parte da ciência na escola e depois os pais também não nos ajudam a ter conhecimento sobre a geoética e a bioética e sobre como devemos ajudar.</u> Participante 12: <u>E também é muito importante, porque assim ficamos a conhecer mais um pouco o nosso mundo.</u> Investigadora: Certo.	EPE1 EPE1 EPE1

Q8	Investigadora: Então, vocês achariam importante aprender bio e geoética na escola? Vocês aqui aprenderam comigo, que é fora da escola. É o que nós chamamos de ensino não formal? Vocês achavam que era importante aprenderem sobre estes temas na escola? Todos os participantes: <u>Sim. Sim.</u> Participante 9: <u>Eu acho importante, mas também acho que na escola não teria tanto interesse como aqui, porque eu acho que a escola ainda pensa que somos todos iguais e a maneira de ensinar é só estar sentado e ouvir o professor. E acho que deveria ser através de maneiras mais lúdicas.</u> Investigadora: De que forma consideram que a vossa participação neste projeto pode ser útil para a sociedade? Participante 11: <u>É muito importante para a sociedade.</u> Participante 10: <u>Sim, porque agora está a haver muitas confusões entre as pessoas...e aprendendo sobre estes temas, acho que contribui para as pessoas aprenderem a ser mais justas e responsáveis.</u> Participante 12: <u>Eu também concordo. E, no fundo, se nós aprendermos a ser mais responsáveis, a pensar no futuro do planeta, a ser mais justos, então a sociedade também vai beneficiar com isto.</u> Investigadora: Muito bem. Alguém quer acrescentar alguma coisa? Participante 9:	EPF1 EPF1 EPE3 EPE3 EPE3
----	---	---

	Eu acho que é importante, porque normalmente o que eu vejo mais é a poluição do ambiente. Ainda mais à beira da minha casa, aquilo é muita poluição, é cigarros no chão à beira das árvores, à beira dos lagos... uma vez eu fui fazer uma caminhada pelas serras e só tinha muito lixo...eram copos de bebida, era muita coisas. E eu até vi lixo do McDonald's, nem sei como é que eles conseguiram levar aquilo para ali. Aqui, eu olho para o chão e vejo imensos cigarros [beatas]. Ou seja, <u>acho que participar neste projeto contribuiu para ficarmos mais alertas sobre muitos temas como o ambiente, os solos, o oceano...e a bioética na investigação científica...e, por isso, no fundo, também contribuiu para a sociedade no futuro ser mais sustentável.</u>	EPE3
Q9	Investigadora: Ok, então agora passamos à última questão. A partir de que idade é que vocês consideram que pode ser útil aprender sobre bio e geoética? Participante 9: <u>Depende da maneira que se aprende, por exemplo, nós ensinamos sobre a bioética e a geoética a meninos do primeiro e do segundo ano, então isso depende muito da maneira que vamos ensinar, porque se for assim, estar, limitarmos a estar sentados e ouvir alguém, eu acho que seria por aí a partir dos 12 anos, mas agora da maneira que nós ensinamos, através do teatro, eu acho que pode ser desde o 1º ano.</u> Investigadora: Concordam todos que pode ser a partir do primeiro ano? Participante 10: <u>Eu acho principalmente no décimo segundo ano, que eles já estão mais perto de viver a vida sozinhos, de ficar adultos.</u> Participante 11: <u>Eu concordo que deve ser no 1º ciclo, mas também concordo que deva ser no nono ano. No nono ano especialmente, porque já temos mais maturidade.</u>	EPF3 EPF7 EPF6 EPF7 EPF3 EPF4

	Investigadora: Ok, então vocês acham que o tema em si pode ser aprendido pelos mais pequeninos, mas a forma como se ensina, é que tem que ser diferente? Participante 12: <u>Sim, tem que ser uma forma mais adequada para os mais novos, e depois, nos mais velhos já pode ser uma coisa mais aprofundada.</u> Investigadora: É isso? Participante 10: <u>Sim, que é para serem adultos mais responsáveis.</u> Participante 11: <u>Sim, eu acho que devíamos aprender em qualquer idade, principalmente no primeiro ano, mas em qualquer idade, porque há muitas pessoas que não sabem nada sobre isto, e seria importante para a sociedade que soubessem um pouco mais.</u> Investigadora: Certo. Alguém quer acrescentar algo? Participantes: [Sem resposta] Muito bem, então, terminamos a entrevista. Muito obrigada pela vossa participação.	EPF7 EPF7 EPE7 EPF3 EPF7
--	--	--

Apêndice 3. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos espetadores (alunos do 1ºCEB)

Código participante: EGF1	Local: Instituição de acolhimento	Duração: 20 min.
-------------------------------------	--	-------------------------

Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
---------	--	--------

Q1	Investigadora: Vamos começar. Vocês assistiram a uma peça de teatro, certo? Todos os participantes: Sim. Investigadora: Agora vou fazer-vos algumas perguntas sobre a peça de teatro, está bem? O que acharam, gostaram da peça de teatro? Todos os participantes: <u>Sim.</u> Investigadora: Estiveram sempre atentos ou houve algumas partes em que ficaram mais desatentos? Participante 7: <u>Eu não, eu estive atento.</u> Participante 6: <u>Mais ou menos.</u> Participante 11: <u>Mais ou menos.</u> Investigadora: Em que parte é que ficaram mais desatentos? Participante 6: Não sei, já não me lembro. Participante 11: Não sei. Investigadora:	EEA1
		EEA3
		EEA4
		EEA4

	Ok, e outra pergunta. Gostaram de terem podido decidir o que ía acontecer no final do julgamento? Todos os participantes: <u>Sim, sim, sim.</u> Participante 11: <u>Eu amei.</u> Investigadora: Porquê? Porque é que gostaram de decidir? Participante 1: <u>Porque eu sei decidir muito bem.</u> Participante 11: <u>Porque, em minha casa, quando me fazem perguntas, depois eu gosto de decidir.</u> Participante 12: <u>A mesma coisa.</u> [concorda com a opinião do participante 11] Investigadora: Vocês acham que os adultos decidem sozinhos e nunca vos pedem a opinião sobre os assuntos? Participante 1: Sim. Investigadora: Gostam de dar a vossa opinião? Participante 11: Sim. Participante 12: A mesma coisa. [concorda com a opinião do colega] Participante 4: Sim. Participante 6: Sim.	EEA5 EEA5 EEA5 EEA5 EEA5
Q2	Investigadora: Já tinham tido algum teatro na vossa escola? Todos os participantes: Sim, sim, sim. [repetem a resposta em uníssonos] Investigadora: Mas vocês foram vocês que fizeram a peça de teatro? Participante 11: Sim.	

	Participante 6: Sim. Investigadora: E essas peças de teatro estavam relacionadas com matérias da escola?	
	Participante 10: <u>Não, foi um teatro para passar de ano.</u>	EEB2
	Investigadora: Então, foi um teatro para uma festa de final do ano?	
	Participante 5: <u>Sim, sim.</u>	EEB2
	Participante 10: <u>Sim, final do ano.</u>	EEB2
	Participante 12: <u>Sim.</u>	EEB2
	Participante 11: <u>Sim.</u> Eu posso dançar uma parte.	EEB2
	Investigadora: Está bem. No fim da entrevista, vais mostrar-nos essa dança! Mas, então, o teatro foi para a festa de final do ano, certo?	
	Participante 11: <u>Sim.</u>	EEB2
	Investigadora: Não era sobre nenhuma matéria da escola?	
	Participante 12: <u>Não.</u>	EEB2
	Investigadora: E gostaram de ter assistido a um teatro sobre um tema que pode ser aprendido na escola?	
	Participante 4: <u>Não.</u>	EEB7
	Participante 12: <u>Mais ou menos.</u>	EEB6
	Investigadora: Não acham que aprenderam bem através da peça de teatro?	
	Participante 3: <u>Mais ou menos.</u>	EEB6
	Participante 11: <u>Mais ou menos.</u>	EEB6
	Participante 6:	

	<u>Eu gostei assim.</u> [revela desacordo com a opinião dos colegas] Investigadora: Então, acham que aprendem melhor com o método habitualmente usado nas escolas, em que o professor está na sala a falar e vocês apenas ouvem? Ou gostam mais de aprender através de atividades diferentes? Participante 11: Atividades diferentes. Participante 12: Atividades diferentes. [acenando em forma de concordância] Investigadora: Atividades diferentes, mas não através de um teatro, é isso? Participante 11: <u>Sim.</u> Participante 12: Eu gosto de inventar coisas novas. Participante 6: <u>Eu gostei de aprender assim, através do teatro. Acho mais divertido.</u>	EEB5 EEB10 EEB5 EEB8
Q3	Investigadora: Certo, outra pergunta, e esta é muito importante. O teatro falava de dois assuntos ou temas. Conseguem identificar quais eram os assuntos da peça de teatro? Participante 6: Sobre o planeta. Participante 4: O planeta. Participante 11: Sim, o planeta. [concordando] Investigadora: Boa. O planeta estava relacionado com um dos temas, que era qual? Participante 5: <u>Geo....</u>[pensativo.] Investigadora: Muito bem. E qual é o resto da palavra? Geo... Participante 11: <u>Geoética.</u> Investigadora:	EEC4 EEC1

	Boa. Geoética. E o outro tema? Era sobre a... Participante 6: <u>Bioética.</u> Investigadora: Bioética e geoética. Muito bem. E vocês já tinham ouvido falar sobre isso? Participante 12: <u>Não.</u> Investigadora: Não. Nunca tinham ouvido falar sobre bioética e geoética? Participante 11: <u>Não.</u> Investigadora: Alguém já tinha ouvido falar sobre o tema da bioética? Todos os participantes: <u>Não.</u> [em uníssono] Investigadora: E sobre geoética? Todos os participantes: <u>Não.</u> [em uníssono]	EEC1 EEC5 EEC5 EEC5
Q4	Investigadora: E então, por palavras vossas, o que é a bioética? Participantes: [Sem resposta, intrigados.] Investigadora: A bioética estava relacionada com o quê? Lembram-se? Participante 8: <u>Não sei.</u> Participante 6: Com os seres...[fica pensativa] Investigadora: Com os seres. Muito bem. Participante 6: <u>Com o ser humano e os animais.</u> Investigadora: Muito bem. A bioética está relacionada com os seres humanos e animais. Concordam? Participante 11: <u>Sim, é isso.</u> Participante 12:	EED7 EED3 EED3

	<u>Sim.</u>	EED3
Investigadora: E a geoética? Está relacionada com...		
	Participante 6: <u>Todo o planeta.</u>	EED4
	Participante 11: <u>Planeta Terra.</u>	EED4
	Participante 3: <u>O planeta.</u>	EED4
Investigadora: Muito bem. Com o planeta Terra. E com a necessidade de nós o ...		
	Participante 5: <u>Protegermos.</u>	EED4
Investigadora: Muito bem. E mais, que outras palavras podemos associar à geoética?		
	Participantes: [sem resposta]	
Investigadora: Outra palavra sinónimo de proteger?		
	Participante 6: <u>Cuidar.</u> [hesitante]	EED4
Investigadora: Muito bem. Cuidar é um sinónimo de proteger. Então, podemos dizer que a bioética e a geoética estão relacionadas com todos sermos...		
	Participantes: [sem resposta]	
Investigadora: Alguém quer responder?		
	Participante 12: <u>Responsáveis.</u>	EED3
	Participante 4: Isso, responsáveis. [concordando]	EED4
Investigadora: Sim, muito bem. Concordam?		EED3
	Todos os participantes: <u>Sim, sim.</u>	EED4
Investigadora:		

	Alguém pode dar um exemplo de uma situação em que a bioética esteja envolvida? Participante 11: Eu sei. Participante 12: Um exemplo de bioética <u>é cuidar ou das pessoas ou dos animais.</u> Investigadora: E podem dar um exemplo mais concreto? Participante 11: O exemplo é: um rato caiu. <u>Temos de cuidar do ratinho que caiu, para ele não ficar magoado.</u> Investigadora: Certo. [participantes agitados e com conversas paralelas] E de geoética? Podem dar um exemplo. Participante 10: A geoética é do planeta. Por exemplo, <u>eu deixo cair no ar um papel.</u> Participante 11: Então, <u>esse lixo está a descuidar do planeta.</u> Investigadora: Muito bem. Deves apanhar o papel e pôr no lixo ou deves deixar no chão? Participante 6: <u>Apanhar e pôr no lixo.</u> Participante 2: <u>Pôr no lixo, claro.</u> [concordando] <u>Se for papel é no contentor azul.</u> Investigadora: Certo, muito bem. Então, terminamos a entrevista. Muito obrigada pela vossa participação.	EED7 EED7 EED8 EED6 EED10 EED10
--	--	---

Apêndice 4. Transcrição das entrevistas em grupos focais aos espetadores (alunos do 2ºCEB)

Código participante: EGF2	Local: Instituição acolhimento min.	Duração: 20
--	--	--------------------

Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
----------------	---	---------------

Q1	Investigadora: Então, vamos começar a nossa entrevista. Primeira questão: gostaram da peça de teatro realizada pelos vossos colegas mais velhos?	
	Participante 13: <u>Sim.</u>	EEA1
	Participante 15: <u>Sim.</u>	EEA1
	Participante 17: <u>Sim.</u>	EEA1
	Participante 18: <u>Sim, gostei.</u>	EEA1
	Investigadora: Conseguiram manter-se atentos ao longo da peça de teatro?	
	Participante 17: <u>Sim.</u>	EEA3
	Participante 16: <u>Sim.</u>	EEA3
	Participante 14: <u>Mais ou menos, quase sempre.</u>	EEA4
	Investigadora: Muito bem. E gostaram de ter podido votar e decidir o final da peça?	
	Participante 13:	

	<u>Sim.</u> Participante 14: <u>Sim, gostei.</u> Participante 6: <u>Sim.</u> Investigadora: Porquê? Participante 14: <u>Porque foi fixe.</u> Participante 17: <u>Sim, porque deu mais diversão ao teatro.</u> [concordando]	EEA5 EEA5 EEA5 EEA5 EEA5 EEA5
Q2	Investigadora: Alguma vez na vossa escola tiveram uma peça de teatro? Todos os participantes: Sim. [em uníssonos] Investigadora: Mas vocês foram ver uma peça de teatro, ou vocês participaram na peça de teatro? Participante 15: As duas coisas. Participante 14: As duas coisas. Porque eu já fui ver e já participei. Participante 17: Eu já fui ver e acho que já fiz. Investigadora: Mas essas peças de teatro tinham a ver com matéria da escola? Participante 16: <u>Sim.</u> Participante 14: <u>Sei lá.</u> [encolhendo os ombros] Participante 17: <u>Sim.</u> Investigadora:	EEB1 EEB3 EEB1

	Vocês acham que é interessante aprender através de uma peça de teatro? Participante 16: <u>Sim.</u> EEB5 Participante 17: <u>Sim.</u> EEB5 Participante 14: <u>Sim.</u> EEB5 Participante 14: Poucas vezes eu aprendo, mas <u>é melhor assim</u>. [concordando] EEB5 Investigadora: Ou acham que aprendem melhor com o método habitualmente usado nas escolas, em que o professor está na sala a falar e vocês apenas ouvem? Participante 13: <u>Não, isso é chato</u>. [responde prontamente] EEB8 Participante 14: <u>Não.</u> EEB9 Participante 16: <u>Não.</u> EEB9 Participante 17: <u>Não, não</u>. [concordando]. EEB9	
Q3	Investigadora: Conseguem identificar quais eram os assuntos tratados na peça de teatro? Participante 13: Foi tipo assuntos do tribunal. <u>Foi sobre geo...</u>[pensativo] EEC4 Participante 15: <u>Foi da bioética e da geoética.</u> EEC1 Participante 17: <u>Bioética e geoética</u>. [concordando] EEC1 Investigadora: Muito bem, bioética e geoética. Eram os dois assuntos principais. Participante 17:	

	<u>Tinha o Dário que era o protetor da Terra. E a Eva era da vida.</u> [responde prontamente] Investigadora: Muito bem, a personagem Eva estava a ensinar-nos sobre bioética, e a personagem Dário estava a ensinar-nos sobre geoética. Ok. E vocês já tinham ouvido falar de bioética e de geoética? Participante 14: <u>Não.</u> Investigadora: Não faziam ideia do que era? Participante 13: <u>Não.</u> Participante 15: <u>Não.</u> Participante 17: <u>Não, eu não.</u> [concordando] Participante 16: <u>Não.</u> Participante 14: Eu não sei, <u>acho que já tinha ouvido falar de geoética, mas não sabia o que era.</u> Investigadora: Muito bem.	EEE1 EEC5 EEC5 EEC5 EEC5 EEC5 EEC5
Q4	Investigadora: E agora, eu quero que vocês digam por palavras vossas, o que é a bioética e a geoética? Podem dizer algumas palavras que associem à bioética e à geoética. Participante 17: <u>A bioética é tipo, é quem ajuda os animais, e a geoética, é tipo proteger o planeta.</u> Investigadora: Quem quer acrescentar mais alguma coisa? A vossa colega disse as palavras “ajudar” e “proteger”, certo? Outra palavra que está relacionada com bioética ou geoética? Participante 15: <u>Cuidar.</u>	EED3 EED4 EED3

	Investigadora: Muito bem. Participante 13: <u>Olhar atentamente.</u> Investigadora: Olhar atentamente para quê? Participante 16: <u>Para o mundo.</u> Investigadora: Muito bem. Olhar atentamente para o mundo para... Participante 13: <u>Para não fazermos mal, para não fazermos porcarias.</u> Participante 15: <u>Para o cuidarmos.</u> Participante 13: <u>Qualquer distração pode custar caro.</u> Participante 14: <u>É isso, muito bem.</u> [concordando e olhando com ar impressionado para o colega] Investigadora: Agora, conseguem pensar num exemplo de uma situação que esteja relacionada com bioética? Participante 6: <u>Não experimentar nos animais.</u> Investigadora: Ok, essa é uma questão relacionada com a bioética. Por exemplo, o ser humano testa medicamentos em animais, mas deve fazê-lo de uma forma bioética. Fazer investigação sempre de acordo com os princípios da bioética e cuidar dos animais. Por exemplo, devemos dar-lhes medicamentos para não terem dor durante as experiências. Participante 17: <u>Alimentação.</u> Investigadora: Boa. Os animais devem ser alimentados. Participante 13:	EED4 EED3 EED4 EED4 EED4 EED4 EED4 EED4 EED5 EED9
--	--	---

	<u>Terem gaiolas grandes.</u> Participante 15: <u>Terem espaço.</u> Investigadora: Muito bem. Então, um dilema bioético pode ser acham que devemos usar mais animais em investigação ou acham que devemos promover outras alternativas, por exemplo, modelos de computador ou tecidos cultivados no laboratório? Participante 5: <u>Alternativas.</u> Participante 14: Sim, sim. <u>É melhor haver outras alternativas como usar modelos animais feitos no computador.</u> [concordando] Investigadora: Ok, muito bem. E uma questão que possa ser um dilema geoético? <u>Sem resposta.</u> Investigadora: Eu ajudo. Por exemplo, qual é o vosso gelado preferido? Participante 17: Eu gosto dos gelados rol e de calipo Investigadora: Ok, então a vossa colega gosta de gelados rol e calipo. Mas o rol e o calipo só existem embalados individualmente, não existem em embalagens familiares. Isto pode transformar-se num dilema. Sabemos que para o planeta, uma visão mais geoética diz-nos que devemos comprar embalagens familiares, e não as individuais, pois têm mais plástico. Mas se nós gostarmos mais de gelados que só existam em tamanho individual, o que fazemos? Compramos os que gostamos mais ou compramos outros, que podem não ser os nossos preferidos, mas que, por existirem em embalagens familiares, produzem menos resíduos e, por isso, são melhores para o planeta? Percebem? O dilema geoético é isto, é nós tentarmos conjugar as duas coisas, é, nós não pensamos só em nós, mas pensamos também no planeta. Um outro exemplo, o banho. Vocês tomam banho, certo? Todos: Sim. Investigadora:	EED9 EED9 EED9 EED9 EED8
--	--	---

	Vocês tomam banho rápido ou demoram muito tempo e gastam muita água? Participante 15: Eu acho que sim. Participante 14: Às vezes, demoro 40 minutos. Investigadora: E acham que isso é geoético? Participante 17: <u>Não.</u> Investigadora: Pois. Participante 14: <u>Eu tento não demorar tanto.</u> Participante 13: Eu já demorei só 2 minutos. Participante 17: <u>É melhor para o planeta ser mais rápido. Mas quando tenho de lavar o cabelo, não dá.</u> Investigadora: Pois, quando o cabelo é comprido fica mais difícil. Agora, vamos pensar num outro exemplo de dilema bioético. Participantes: <u>Sem resposta.</u> Investigadora: Já ouviram falar em doping? Participante 13: Não. Investigadora: Doping é quando, por exemplo, os desportistas usam substâncias ilegais (proibidas) com o objetivo de aumentar o desempenho desportivo. Investigadora: Acham que isso é correto do ponto de vista da bioética. Participante 17:	EED10 EED10 EED10 EED7
--	---	--

	<u>Não.</u> Participante 13: <u>Não, não é.</u> [concordando] Investigadora: Porquê? [burburinho e agitação na sala] Participante 17: <u>Porque não é justo para os outros que não usam essas substâncias.</u> Participante 15: <u>Ah, eu lembro-me que o teatro falou nisso, na justiça.</u> Investigadora: Certo, é isso. A justiça é um dos princípios da bioética. Muito bem, terminámos a entrevista. Muito obrigada pela vossa participação.	EED9 EED9 EED9 EEE1
--	---	---

Apêndice 5. Transcrição das entrevistas individuais às colaboradoras da instituição

Código participante: EI1 (Educador)	Local: Instituição acolhimento Duração: 15 min.
--	--

Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
----------------	---	---------------

Q1	Investigadora: Ok, vou começar a entrevista. Então, durante a duração do projeto (Cons)Ciência & Cidadania, de que forma os alunos abordaram na instituição os temas do projeto? Entrevistado: É assim, eles não foram abordando muitas vezes, mas por vezes aqui na sala de estudo às vezes iam falando. Às vezes se encontrassem algum tema parecido àquilo que falavam contigo. Mas eles não são muito de verbalizar nem de contar... pronto, <u>houve aquela atividade do aquário, efetivamente, que eles vinham todos contentes e, portanto, foi até a que falaram mais.</u> Investigadora: A [atividade] da mineração submarina? Entrevistado: Exatamente. Tirando essa, só de vez em quando, se encontrassem alguma coisa em comum, é que falavam.	EIA1
Q2	Investigadora: Certo. Após o término do projeto e a apresentação da peça final de teatro, de que forma considera que os participantes beneficiaram com a participação? Entrevistado: Os que assistiram?	

	Investigadora: Não, os que participaram. Entrevistado: Ah, sem dúvida, beneficiaram! Porque acho que <u>é uma forma muito mais divertida, vá, para eles até entenderem aquilo que estão a falar, não é? Porque não são assuntos fáceis, não é? Se calhar em algumas idades, não deles todos, mas alguns e acho que teatralizando é mais simples para eles entenderem, acho que sim, que eles beneficiaram muito, acho que foi uma ideia que resultou muito bem para eles.</u> Investigadora: Muito bem. Por favor, indique como este projeto pode ter contribuído para a formação deles enquanto cidadãos, quais são as competências que acha que eles podem ter beneficiado? Entrevistado: Eu acho que a <u>consciencialização</u> para estas coisas foi muito importante. E o facto de eles pensarem que isto acontece, não é? Por exemplo, fazerem as experiências nos animais, não é? Terem a noção de que isso acontece. E se efetivamente é algo que deveria ou não ser feito. O eles <u>pensarem nesse assunto, debaterem sobre isso, acho que é a melhor competência que eles vão tirar daqui.</u> É o conseguirem pensar sobre as coisas, darem a opinião deles e pensar se realmente no contexto em que vivemos e como as coisas estão agora, não é? Porque daqui a uns anos estarão melhores ainda. Na questão da bioética e na geoética é a mesma coisa, não é? Ligando à parte da Terra. Portanto, eu acho que o terem de pensar sobre estes temas e depois darem a opinião deles e terem a consciência daquilo é o melhor. Eu <u>acho que lhes falta muito isso, o espírito crítico de pensarem nas coisas e pensar se concordam ou não, porque é que concordam, porque é que não concordam.</u> E acho que o facto de eles fazerem <u>esse tribunal e ou eles terem que ter aquela questão e defenderem, darem argumentos a favor e argumentos contra, fazem-nos pensar naquelas questões todas de outra forma, não é? Se calhar, se falarmos só naquilo [bioética e geoética], não os pomos a pensar...</u>	EIB1 EIB3 EIB3
--	---	--

	Investigadora: Notas com eles, aqui na sala de estudo, que eles têm dificuldade e não gostam de responder às perguntas em que têm de justificar? Entrevistado: Não gostam. é muito difícil eles terem esse espírito crítico para tudo, na parte do estudar, obviamente. Porque eles não têm esse espírito crítico. Eles podem estar a escrever uma coisa que não faz sentido nenhum com a pergunta, mas são incapazes de pensar: “O que eu estou a escrever nem sequer faz sentido com o que está aqui.” E é isso que eu tenho de pena, porque acho que estas questões são extremamente importantes. Questionar, perceber, se faz sentido, se não faz sentido, sou contra, sou a favor. Até para terem uma opinião formada sobre alguma coisa, que eles algumas vezes nem têm opiniões formadas de nada. E acho que é muito importante para eles levantarem a dúvida. Levantarem a curiosidade. Eu acho que eles não são curiosos. Esta geração é muito pouco curiosa. Não têm vontade de aprender. Querem é despachar tudo. <u>Eu acho que desta forma mais teatral, mais dinâmica, eles conseguiram encaixar estes conceitos, tanto da bioética como da geoética, que até para mim eram desconhecidos, sou franca. Sim. Portanto, depois agora, vendo a peça teatro, penso assim, realmente, nós podemos pensar nestas coisas e debatê-las. E achei que eles ficaram e que eles perceberam e que conseguiram interiorizar sobre estes temas e pensar sobre eles. Porque acho que é o que lhes falta muito. É essa competência da curiosidade e de ter opinião e de serem críticos nas coisas.</u>	EIB3
Q3	Investigadora: Sim, muito bem. Em relação à peça ter sido feita pelos mais velhos para os mais pequeninos, acha que foi um fator diferenciador do projeto? Entrevistado: <u>Sem dúvida. Porque os motivou. Eu acho que os mais velhos gostam muito de fazer coisas para apresentar aos mais novos. E nós temos percebido isso até em atividades que fazemos. Portanto, acho que foi. Sentem-se importantes, não é? E eles adoram. Organizar e pensar em coisas e fazer. E acho que foi uma maneira muito gira, um produto final, muito bem pensado, que agradou aos mais velhos. E depois os mais novos</u>	EIC1

	<u>conseguem também, de uma forma simples, entender um bocadinho daquilo que se fala. Obviamente não na complexidade, como entendem os mais velhos, mas conseguem.</u> <u>Consciencializarem-se um bocadinho, nem que seja só ainda umas sementinhas pequeninas.</u> Investigadora: Muito bem. Entrevistado: Para depois mais tarde realmente debruçarem sobre aqueles assuntos e pensarem. Investigadora: E considera que é importante, por exemplo, quando falamos em manter laços entre os mais velhos e os mais novos? Eu percebi pela convivência aqui que eles se dão genericamente todos bem, não é? Entrevistado: Sim. Investigadora: Mas vocês também fazem muitas atividades que realmente os põem todos a trabalhar uns com os outros. Consideras que isso também é importante para manter a própria coesão da vossa instituição? Entrevistado: Sim. Porque senão havia então uma segregação muito grande. Porque nós temos aqui uma faixa etária muito dispare, não é? Nós vamos dos 6 aos 17. Um de 17, com um de 6 é uma diferença muito grande. E, portanto, nós tentamos minimizar esta diferença. <u>Havendo atividades que integrem todos e responsabilizando também os mais velhos porque eu sinto que isso faz muita diferença depois também no convívio que eles têm.</u> <u>Depois também na forma como os mais novos olham para os mais velhos. Então, para o grupo ser mais coeso possível tem que haver esta interação entre os mais novos e os mais velhos.</u> Por isso é que nós vamos trabalhar nisso ao longo do ano para que depois seja mais fácil.	EIC3
Q4	Investigadora: Então, agora só falta a última. No ensino formal raramente se abordam de forma consistente questões bio e geoéticas. Então,	

	acha que é importante abordar estes temas no ensino não formal, uma vez que o ensino formal lhes dá pouca importância? Entrevistado: Sim. <u>Acho extremamente importante.</u> Porque lá está. E eu, com a idade que tenho, nunca tinha me debruçado sobre estas questões e acho que são questões pertinentes dada a evolução que a ciência está a levar. A comunidade, as pessoas estão a evoluir e, portanto, acho que estas questões são muito importantes, não é? <u>Para se repensar também no futuro. Porque eu acho que isto também tem tudo a ver um bocadinho com a sustentabilidade depois para as gerações vindouras, não é?</u> E, portanto, acho que tudo o que tem a ver com isso e tendo em conta que <u>estamos a esgotar tanta coisa neste planeta e estamos a perder recursos, é extremamente importante nós debruçarmos sobre estas questões. Até para garantir o futuro. E se não pensarmos nisto, depois também as gerações vindouras também não vão debater sobre estas questões. E é importante que se trabalhe isso.</u> <u>Pronto, já que não se trabalha no ensino formal, então no ensino não formal haver essa possibilidade.</u> Investigadora: Então concorda que é importante não só do ponto de vista individual, mas para a própria sociedade. Entrevistado: <u>Sim, é.</u> Investigadora: E a partir de que idade é que poderia ser possível aprender bioética e geoética no ensino formal? Entrevistado: Pois, no <u>ensino formal, a partir do décimo ano, do ensino secundário.</u> Mais <u>por uma questão de maturidade,</u> que era o que falávamos há bocadinho. E, efetivamente, <u>há meninos que até alcançam essa maturidade mais cedo.</u> Só que de forma global, <u>acho que eles, a partir dos 15 anos estão mais despertos a estas questões e a perceber melhor isto e a pensar com outra sensibilidade, não é?</u> Pronto, e com outra seriedade, que eu acho que também lhes falta. Portanto, eu acho que a partir do se calhar do décimo ano seria uma boa altura para se abordar estas questões. Investigadora: Muito bem, terminamos. Muito obrigada pela participação.	EID1 EID3 EID3 EID8 EID9
--	---	---

Código participante: EI2 (Educador)	Local: Instituição acolhimento Duração: 12 min.
--	--

Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
----------------	---	---------------

Q1	Investigadora: Vamos, então, começar a entrevista. Durante a duração do projeto (Cons)Ciência & Cidadania, de que forma os alunos abordaram na instituição os temas do projeto? Houve alguma atividade que eles tivessem abordado convosco? Entrevistado: Sim, comigo foi na sala de atividades. Quando terminou a sessão, <u>falaram mais da atividade que fizeram com o aquário, a do fundo do mar. Acho que foi a atividade que suscitou mais tema de conversa, porque eles vinham muito entusiasmados, mas também porque era uma mais prática.</u> Investigadora: Porque eles puderam mexer, não é? Entrevistado: Exatamente, sim. Acho que foi mais por aí.	EIA1
Q2	Investigadora: Em relação ao final do projeto e à apresentação da peça de teatro, de que forma é que considera que os participantes, que estiveram comigo durante o ano, beneficiaram? Acha que houve algum benefício? Entrevistado: Eu <u>acho que eles, pelo menos, despertaram para estes temas, da geoética e da bioética.</u> Acho que foram temas que ficaram um bocadinho já na mente deles, porque não são temas que normalmente se fale. Entrevistador: Não se aborda estes temas na escola? Entrevistado:	EIB1

	Exatamente, <u>não se fala na escola e mesmo, de forma geral, na sociedade. Não são temas que sejam muito falados. E acho que pelo menos estes já ficaram com a mente um bocadinho aberta para estes temas. E acho que também para os mais pequenos, porque ficou qualquer coisinha para despertar, para aquilo que devem ou não devem dizer, aquilo que está bem ou um bocadinho errado. Então acho que funcionou bem.</u> Investigadora: Muito bem. Por favor, indique como este projeto pode ter contribuído para a formação deles enquanto cidadãos, quais são as competências que acha que eles podem ter beneficiado? Entrevistado: Eu acho a curiosidade. <u>Principalmente a curiosidade</u>, acho que é uma coisa, claro, eles tinham sempre curiosidade sobre o que é que iam fazer, as coisas que podiam aprender, acho que a curiosidade principalmente. <u>Não digo em todos, mas na maioria, acho que ficaram curiosos, mais curiosos. Acho que é importante. porque a curiosidade também leva ao conhecimento, não é? Se eles forem curiosos, vão aprender. E este projeto também tentou que eles pensassem nos porquês... pensassem de que forma é que se posicionam e tentassem justificar melhor as suas opiniões.</u> Agora compreendo que, realmente, quando eles têm de escrever, é muito difícil. Torna-se mais complicado porque essas são coisas que eles não treinam muito. <u>Quando se pede para eles fazerem uma justificação de alguma coisa, eles ficam muito atrapalhados. Não conseguem... porque lá está, não têm a prática de escrever.</u> E eles depois ficam muito atrapalhados, não sabem por onde começar. O que eles querem é despachar para terminar mais rápido.	EIB1 EIC1 EIB3
Q3	Entrevistador: Ok. Na sua opinião, em que medida o facto de a peça de teatro ter sido apresentada pelos alunos mais velhos aos mais novos foi um fator diferenciador do projeto? Entrevistado: <u>Eu acho que é importante, porque acho que, pelo menos a nível de linguagem, que é mais fácil, adapta-se melhor e é mais fácil fazer chegar aos mais pequenos. Eles têm interesse em ver o que é que</u>	EIC1

	<u>os grandes fazem e também projetam um bocadinho aquilo que eles podem vir a fazer no futuro. Acho que resulta mais por aí, porque se for um adulto, torna-se um bocadinho mais cego. E quando é próximo da idade deles, eles identificam-se mais e então acho que ficam mais atentos. E acho que é um piadão serem os amigos que no dia a dia estão aqui e para muitos tem uma surpresa, não é? Porque não sabiam o que é que ia acontecer. E o facto de ter algumas partes mais cómicas, acho que foram o que eles falavam mais. Era da parte dos amigos que tinham, por exemplo, o Marco tinha o papel do juiz. Os mais pequenos falaram que achavam piada, ele está sempre a bater com o martelo. E acho que, de forma geral, conseguiram perceber o contexto dos temas. Pelo menos alguma sementinha. Alguma coisa ficou, acho que sim. É mesmo isso que nós fazemos ao longo do ano. Na maior parte das atividades, mesmo agora nas equipas, nós tentamos pôr sempre os mais velhos com os mais novos, para eles interagirem, pronto. E para também ser mais fácil, para simplificar muitas vezes as mensagens que queremos passar. Acho que ajuda muito nisso. Porque também é importante. Enquanto futuros cidadãos, não é? Tentarem integrar todos. Não fazer discriminação por idade, nem por outra coisa, claro, como é lógico, por classe social. E aqui é mesmo esse o objetivo, porque eles aqui têm entre os seis e os dezassete anos, neste caso pode ir até os dezoito, mas o máximo temos é dezassete. E o nosso objetivo é mesmo esse, é que eles não ponham um bocadinho de lado os pequenos, porque são muito pequenos, é que eles interajam todos uns com os outros e se integrem. Acho que é mesmo esse o objetivo.</u>	EIC3 EID3
Q4	Investigadora: Ok, portanto, já foi dizendo que realmente na escola não são temas que se abordem muito no ensino formal, bioética e geoética. Considerando isto, acha que é importante trazer estes temas para o ensino não formal? Entrevistado: <u>Eu acho que é muito importante, porque são temas que são da sociedade são muito atuais, não é? E acho que é uma forma de começar, desde pequeninos, a integrá-los nestes temas que acho muito pertinentes.</u> Investigadora: Então concorda que é importante não só do ponto de vista individual, mas para a própria sociedade?	EID1

	Entrevistado: <u>Sim, é muito importante. Porque desenvolve consciência sobre estes temas, o que é essencial para se pensar criticamente sobre estes assuntos e, eventualmente, alterar atitudes, e até comportamentos, que contribuam para o futuro, para a sustentabilidade do planeta.</u> Investigadora: Pode exemplificar? Entrevistado: <u>Sim. Por exemplo, a poupança dos recursos do planeta, já que eles não são infinitos...não trocar de telemóvel só porque saiu um novo modelo, poupar água.</u> Investigadora: Muito bem. E a partir de que idade é que pensa ser possível aprender bioética e geoética no ensino formal? Entrevistado: <u>Eu acho que, se calhar, final do primeiro ciclo, talvez no terceiro ou quarto ano, acho que já faz sentido começarmos a debater estes temas, mas integrá-los devagarinho, não é? Porque não pode ser uma coisa assim muito complicada, porque eles também, depois, acham que é uma seca, se isto for assim muito elaborado. Mas só por atividades mais práticas, como têm feito algumas coisas, acho que eles, visualizando as coisas e podendo ser eles a experimentar, acho que é mais fácil chegar a eles. Se lhes apresentarmos os temas de forma mais simples, eles conseguem perceber melhor as coisas.</u> Investigadora: Certo, então, já terminamos. Muito obrigada pela participação.	EID3 EID3 EID5 EID9
--	---	---

Código participante: EI3 (Educador)	Local: Instituição acolhimento Duração: 10 min.
--	--

Questão	Transcrição das respostas às questões do guião de entrevista	Código
----------------	---	---------------

Q1	Investigadora: Vamos, então, começar a entrevista. Durante a duração do projeto (Cons)Ciência & Cidadania, de que forma os alunos abordaram na instituição os temas do projeto? Os participantes alguma vez foram comentando algumas das atividades que fizeram? Entrevistado: Às vezes ouvi-os falar. Investigadora: Podes descrever algumas atividades ou discussões específicas que ocorreram? Nós fizemos várias atividades, algumas mais práticas, outras eram mais teóricas. Alguma vez eles disseram que foi uma seca porque era só teoria, ou gostamos mais desta atividade porque foi mais prática? Entrevistado: <u>Eles nunca disseram mal de nenhuma atividade. Eles gostaram muito de uma das atividades, que foi aquela que tinha o aquário, em que eles tinham que “apanhar minerais”. E achei que eles acharam muita piada a essa atividade, que andaram durante algum tempo a falar sobre ela.</u> Investigadora: É verdade. Era uma simulação de mineração no fundo do oceano. Entrevistado: Eles acharam muito a graça. Foi a atividade que eles falaram mais.	EIA1
Q2	Investigadora: Então, depois de terminar o projeto, com a apresentação que nós fizemos no teatro a semana passada, acha que eles beneficiaram com a participação?	

	Entrevistado: <u>Sem sombra de dúvida que sim, é uma mais-valia para eles, até para colocarem temas que eles às vezes nem sabem que existem, que não são abordados nas escolas, ao pormenor. E acho que sim, que é uma mais-valia e que eles gostaram muito do projeto. Que terminou a fazer a peça de teatro, que correu super bem.</u>	EIB1 EIB3
Q3	Entrevistador: E considera que o facto de terem sido os mais velhos a fazer o teatro para os mais pequeninos, foi um fator diferenciador do projeto? Entrevistado: <u>Sim, foi muito importante. Porque os mais velhos aqui são uma referência para os mais novos. E então isso é bom, pronto, que eles percebiam que eles também que trabalham e que se esforçam para fazer as coisas. É uma mais-valia para eles. E acaba por tornar mais coeso o grupo todo. Porque aqui o que a gente quer é enturmá-los uns com os outros de várias diferenças de idades, é isso que é muito importante.</u>	EIC1 EIC3
Q4	Investigadora: Na escola, no ensino formal, não se fala sobre bioética e geoética. Quer dizer, sobre bioética falam um bocadinho no 12º ano, sobre geoética não. Considera que é importante que o ensino não formal possa trabalhar temas como a bioética e a geoética? Entrevistado: <u>Sem sombra de dúvida que sim, até para eles terem outra ideia da ciência, que eles desconhecem, como as vacinas, como eu te ouvi explicar. Acho que essa parte é fundamental para eles, acho que este projeto é bom para eles.</u> Sem sombra de dúvida. Investigadora: E considera que o benefício é apenas positivo para eles, individualmente, ou acha que também é benéfico para a própria sociedade? Entrevistado: Acho que ambos. Para mim funciona, porque eles aproveitam agora e, mais tarde, <u>também acho que se vão lembrar de algumas coisas que tu lhes passaste...por exemplo, as relacionadas com a proteção do planeta ou com os princípios da bioética.</u>	EID1 EID3

	Investigadora: Certo. E a partir de que idade considera ser útil aprender bio e geoética? Entrevistado: <u>Acho que talvez a partir dos 10 [anos], acho que antes se calhar é um bocadinho cedo, mas a partir dos 10, acho que por aí, acho que exploravas melhor. Agora os mais pequeninhos é aquela situação, que “entra e sai a seguir”.</u> Investigadora: Mas, considera que para os mais novos, que assistiram ao teatro, houve algum benefício? Entrevistado: <u>A parte dos <i>smiles</i>, do triste, não é? Viu-se perfeitamente que alguns entenderam, outros nem tanto, mas alguma coisa eles vão ficar ali na dúvida, fica sempre qualquer coisa, curiosidade até. E tentaram dar a opinião que isso é importante.</u> Investigadora: Correto, e assim terminamos. Obrigada pela participação.	EID6 EID9 EIB1
--	--	---

Apêndice 6. Transcrição das respostas à questão aberta (Q1) do pré e do pós-teste de Geoética

Transcrição das respostas às questão Q1 do pré-teste e do pós-teste de Geoética		Código
Pré-teste		
Questão		
O que é, para ti, a ética? (se não souberes explicar, podes apenas escrever algumas palavras que associes à ética)		
Participante 1:	Não sei.	I1
Participante 2:	Para mim, a ética tem a ver com a nossa consciência, com fazer aquilo que achamos que devemos, ou não, fazer, de acordo com os nossos valores.	I4
Participante 3:	Não sei.	I1
Participante 4:	Para mim, a ética tem a ver com a consciência, com aquilo que entendemos..	I2
Participante 5:	Não sei.	I1
Participante 6:	Não sei.	I1
Participante 7:	Para mim, a ética é sobre assuntos da nossa consciência, crenças e diversas opiniões (cada um defende a sua, tendo em conta o que é errado).	I2
Participante 8:	Não sei.	I1
Participante 9:	Só sei que nada sei	I1
Participante 10:	Estar ética	I1

Participante 11: A ética, para mim, é ter consciência e não pensar só em nós, e sim em todos, porque uma ação nossa pode fazer muitos estragos.	I2
Participante 12: Não sei.	I1
Participante 13: Não sei.	I1
Participante 14: A ética é várias interações com o ser humano.	I1
Participante 15: Não sei.	I1
Participante 16: Existem múltiplas palavras associadas à ética, como por exemplo, ética de vestuário, trânsito, conduta, etc.	I1

Pós-teste	
Questão O que é, para ti, a ética? (se não souberes explicar, podes apenas escrever algumas palavras que associes à ética)	
Participante 1: Bem.	I1
Participante 2: A ética está relacionada com os nossos valores, crenças e com fazer o bem, sendo responsáveis e justos.	I4
Participante 3: Crenças e valores, justiça e responsabilidade.	I3
Participante 4: É saber a diferença entre o certo e o errado; agir de forma justa e ter valores.	I4
Participante 5: Responsabilidade/Moral/Valores/Justiça/Respeito/Liberdade/Direitos.	I3
Participante 6: Valores; Moral; Respeito; Responsabilidade; Justiça.	I3
Participante 7: Moral; Responsabilidade; Valores; Justiça; Liberdade; Respeito; Balanço entre o certo e o errado.	I4
Participante 8:	

A ética está relacionada com fazer o bem. Palavras que eu associo:	I4
responsabilidade e justiça.	
Participante 9:	
Responsabilidades; Moral; Valores; Justiça.	I3
Participante 10:	
Ser responsável.	I2
Participante 11:	
Responsabilidade; respeito; direitos; liberdade.	I3
Participante 12:	
Responsabilidade; justiça; valores; moral.	I3
Participante 13:	
Ter valores.	I2
Participante 14:	
Respeito; balanço entre o certo e o errado; justiça e agir de acordo com o que está certo.	I4
Participante 15:	
Ter valores.	I2
Participante 16:	
A palavra ética está relacionada principalmente a duas palavras, como os valores e as crenças. E a ter comportamentos alinhados com esses valores.	I4

Apêndice 7. Guião da peça de teatro – (Cons)Ciência & Cidadania: Uma questão de Bio e de Geoética



(Cons)Ciência & Cidadania: Uma questão de Bio e de Geoética



Personagens (nomes fictícios)

1. Narrador
2. Eva, bióloga e especialista em bioética
3. Dário, geólogo e especialista em geoética
4. Adolescente 1, curiosa e divertida
5. Adolescente 2, curioso e divertido
6. Juiz
7. António, cientista
8. Sr. Ratinho
9. Advogado de Acusação do cientista
10. Advogada de Defesa do cientista
11. Rita, paciente curada e testemunha de defesa do cientista
12. Alex, representante de associação de defesa de animais e testemunha de acusação do cientista
13. Advogada de acusação da Humanidade
14. Advogado de defesa da Humanidade
15. Humanidade, representada por uma adolescente
16. Rafa, jovem testemunha de acusação da humanidade
17. Amélia, CEO de empresa tecnológica e testemunha de defesa da humanidade

Prólogo

Vivemos tempos desafiantes. A ciência e a tecnologia avançam a um ritmo acelerado, trazendo descobertas médicas inovadoras e novas tecnologias que permitem encontrar soluções para diversos problemas de saúde e ambientais. No entanto, estas mesmas inovações levantam questões éticas profundas: Até onde podemos ir? O que devemos ou não fazer? Como equilibrar o progresso científico e o consumo com o respeito pela vida e pelo planeta?

É neste contexto que surgem a bioética e a geoética, duas áreas fundamentais que nos ajudam a refletir sobre o impacto das nossas escolhas. A bioética guia-nos na tomada de decisões responsáveis na medicina, na investigação científica e na relação com os outros seres vivos. Já a geoética desafia-nos a refletir no modo como interagimos com o Sistema Terra e como devemos comportar-nos para construir um futuro mais sustentável.

Esta peça nasceu de um projeto de investigação com jovens dos 12 aos 16 anos. O seu objetivo é claro: levar miúdos (e graúdos) a refletir sobre os dilemas do mundo atual de forma lúdica e acessível, mas sem esquecer a seriedade das questões em jogo. Ao longo deste julgamento, o público infanto-juvenil será chamado a tomar decisões difíceis e a questionar-se sobre o tipo de futuro que deseja. Afinal, quem vai decidir o rumo da Humanidade... és Tu!

(A ação desenrola-se numa sala de audiências de um tribunal, onde irão decorrer dois importantes julgamentos. Há uma bancada para o juiz, áreas destinadas à defesa, à acusação e às diversas testemunhas. O público infanto-juvenil da peça será o responsável pelos veredictos finais em ambos os julgamentos. Para o efeito, são distribuídas três pequenas placas com diferentes *emojis* -feliz, triste ou indeciso - para

que os espetadores possam votar de acordo com a sua decisão no final de cada um dos julgamentos.)

Ato I

(O palco está escuro. Ouvimos o som de vento e ondas do mar. O narrador surge ao centro, iluminado por uma luz suave.)

Narrador

Bom dia, a todos! Hoje, vamos embarcar numa incrível aventura pelo mundo da bio- e da geoética, onde exploramos como a ciência e a ética se encontram para fazer escolhas acertadas e justas.

Eva (entra com uma bata de laboratório e óculos)

Olá, a todos! Eu sou a Eva. Sou bióloga e trabalho num laboratório de investigação que respeita os princípios da bioética. Hoje vamos falar sobre como a ciência pode ajudar as pessoas, mas sempre de acordo com regras e valores. Precisamos de pensar cuidadosamente para tomar as melhores decisões!

Adolescente 1 (entra a correr na sala)

Ah, desculpe, eu não sei o que é a bioética...pode explicar-me?

Eva

Claro que sim! A bioética ajuda-nos a pensar sobre o que é certo e o que é errado, na medicina e na investigação científica relacionada com o ser humano e outros animais, e está muito relacionada com os direitos humanos. Por exemplo, a bioética ajuda-nos a decidir se é correto utilizar animais na investigação científica, ensina-nos como todos temos direito a ser tratados de forma correta e justa quando vamos a um hospital e, para

além disso, é importante em tantas outras coisas, como, por exemplo, a investigação genética, a doação de órgãos ou o doping.

Narrador

E sem esquecer as questões ligadas ao uso de inteligência artificial na medicina. Vamos descobrir de que forma a bioética nos ajuda a tomar decisões mais acertadas, respeitando todos! Mas hoje temos mais uma surpresa, ainda há mais um tema e um convidado especial!

(entra a personagem Dário, vestido com uma t-shirt com desenhos de um vulcão e fósseis e um chapéu de geólogo)

(sai o narrador)

Dário

Olá, malta! Eu sou Dário e sou geólogo!

Adolescente 2 (entra, muito intrigado)

Geo quê?

Adolescente 1 (confiante)

Geólogo! Não sabes o que é? É um cientista que estuda sismos e vulcões!

Adolescente 2

Ah, já ouvi falar... e também procuram dinossauros, não é?

Dário (a sorrir)

Sim, quer dizer, os dinossauros já não existem... já foram extintos há muitos milhões de anos... mas alguns geólogos dedicam-se ao seu estudo e procuram encontrar evidências da sua passagem pelo planeta Terra... aquilo a que chamamos fósseis!

Adolescentes 1 e 2 (entusiasmadas)

Que fixe!! Isso é mesmo top!! E mais?

Dário

Os geólogos estudam tudo o que esteja relacionado com o nosso planeta Terra, incluindo como devemos tratar melhor dele! Para isso, vamos também aprender sobre

geoética! A geoética ajuda-nos a pensar sobre comportamentos certos ou errados, em relação ao Sistema Terra.

É sobre como tratamos o nosso planeta, as rochas, o solo, as montanhas, os rios, a atmosfera, ... Por exemplo, é correto extrair tantos recursos naturais? E como podemos evitar a poluição dos oceanos, do solo, da atmosfera?

E sem esquecer qual a melhor forma de nos prepararmos para desastres naturais, como cheias, sismos ou erupções vulcânicas!

Adolescente 2

Uau! Então a geoética é tipo uma irmã da bioética... mas para o Sistema Terra?

Dário (às gargalhadas)

Exatamente! Uma família muito ética!

Adolescente 1 (a sorrir)

E quem seriam os pais dessa família ética?

Adolescente 2

Hmmm, já sei! (entusiasmado) O pai da bioética deve ser um cientista muito preocupado com descobertas científicas, como novas vacinas e medicamentos, e a mãe da bioética... Ah! Deve ser uma médica “bué” cuidadosa com os pacientes, sempre preocupada com o seu bem-estar e a perguntar se eles têm dúvidas em relação ao tratamento.

Dário (curioso)

E os pais da geoética?

Adolescente 1

Ah, esses são os mais divertidos! Já ouvi dizer que “Geology rocks”!!

(ouve-se uma música rock, a adolescente 1 pega numa guitarra e começa a simular que está a tocar)

Adolescente 2 (muito intrigado)

Ah?? Como assim? O que é que a geologia tem a ver com música rock? Já não percebo nada...

Adolescente 1 (às gargalhadas)

Não é esse rock! Em inglês rock também significa rocha ou pedra... e claro, uma das funções de um geólogo é estudar as rochas! Eu imagino o pai da geoética como alguém que tenta promover práticas de mineração sustentável e justiça social nas comunidades afetadas.

Adolescente 2 (com ar surpreendido)

Ahh, já percebi! E a mãe?

Adolescente 1

A mãe da geoética estuda os oceanos e participa em grandes expedições ao fundo do mar para estudar como as alterações climáticas afetam esse ecossistema tão importante para nós.

Dário (às gargalhadas)

Podia ser isso mesmo! E juntos, formam a família mais ética e divertida que existe!

Adolescente 2 (cruza os braços)

Mas então a bio e a geoética são importantes apenas para os cientistas?

(entra o narrador)

Narrador

Isso é o que vamos ficar a saber! Estejam atentos, pois o vosso papel é muuuito importante!!! Para aprendermos um pouco mais sobre Bioética, vamos assistir a uma sessão do julgamento de um cientista.

(o palco fica escuro, saem de cena o narrador, a Eva, o Dário, e os dois adolescentes)

(entram em palco o juiz, o cientista, os advogados de defesa e de acusação do cientista e as testemunhas de defesa e de acusação do cientista)

(o foco de luz aponta para o juiz)

Ato II

Juíz (de pé e em voz bem alta e confiante)

Bom dia a todos. Hoje estamos aqui para um julgamento muito importante. A nossa cientista está a ser julgada por causar sofrimento desnecessário a animais nas suas investigações sobre novos medicamentos e vacinas. Vamos ouvir os dois lados da história e decidir o que é justo. Todos prontos?

(Na sala do tribunal está uma bancada para o juiz, áreas destinadas à defesa, à acusação e às diversas testemunhas, além do público, que terá os cartões com *emojis*.)

Juíz (bate com o martelo)

Ordem no tribunal!

Ratinho (com uma voz tímida)

Bom dia, Sr. Dr. Juíz! Sou o Sr. Ratinho e vivi num laboratório. Fui preso por aquele senhor (aponta para o cientista). Eu e muitos amigos passamos por momentos muito difíceis...

Advogado de Acusação do cientista

Pode contar-nos mais sobre como se sentia durante essas experiências?

Ratinho

Eu sentia medo e dor. Ficava trancado em gaiolas pequenas, sem espaço para me mexer. E tinha de engolir imensos medicamentos que sabiam bué mal... não havia nem um com sabor a queijo, o meu preferido!

Advogado de Acusação do cientista

Obrigado. Não tenho mais questões, Sr. Dr. Juíz.

Juíz

Muito bem, vamos agora passar a ouvir as testemunhas de acusação. A Sra. Advogada da acusação tem a palavra.

Advogado de acusação do cientista

A acusação chama o Sr. Alex. Pode dizer-nos qual o seu trabalho, por favor?

Testemunha de defesa do cientista (sorridente)

Boa tarde, tenho 10 anos de experiência em trabalho com animais no seu habitat natural, trabalho numa organização de defesa dos animais.

Advogado de acusação do cientista

Muito bem. Por favor, queira dizer a este tribunal... os animais de laboratório, neste caso, os ratinhos, como o Sr. Ratinho aqui presente, têm a capacidade de sentir?

Testemunha de defesa do cientista (entusiasmado)

Sim. Os animais, como os ratinhos, são capazes de sentir dor e merecem respeito. É muito importante encontrar outras formas de fazer ciência que não causem sofrimento nos seres vivos.

Advogado de acusação do cientista

A acusação chama agora a Dra. Eva, especialista em bioética.

(entra a Eva)

Enquanto especialista em bioética, o que tem a dizer sobre este caso?

Eva

Existem princípios que devemos seguir. A beneficência significa fazer o bem, ajudando os outros. A não-maleficência significa não fazer mal. A justiça significa tratar todos de maneira justa, e a autonomia é respeitar a capacidade de decisão e as escolhas de cada

um. Usar animais em testes muitas vezes quebra estas regras... para começar, os animais nem sequer podem escolher se querem, ou não, ser usados nas experiências.

Advogada de Acusação do cientista

Muito bem. Não tenho mais questões, nem mais testemunhas para chamar a depor.

Juíz

Vamos prosseguir. Passamos a ouvir a advogada de defesa.

Advogada de Defesa do cientista

Bom dia! A defesa chama a depor o arguido, o Sr. Dr. António. Pode dizer-nos o que faz?

Cientista

Bom dia! Sou cientista e faço investigação em novos medicamentos para doenças graves. Entendo toda a preocupação com os animais. No entanto, as nossas investigações com animais são muito importantes para descobrir novos medicamentos que salvam vidas humanas.

Advogada de Defesa do cientista

Certo. Pode explicar-nos com mais detalhe como é que os animais são úteis para a investigação?

Cientista (confiante)

Claro! Os animais ajudam-nos a entender como é que os medicamentos (e também as vacinas) funcionam, antes de serem utilizados em humanos.

Advogada de Defesa do cientista (determinada)

Mas aqui no tribunal já ouvimos dizer que existem outras formas de fazer investigação, sem usar animais (aponta para o Ratinho). Porque é que o seu laboratório não utiliza essas formas?

Cientista

Porque ainda não são alternativas tão eficazes. Por exemplo, temos uma espécie de mini-órgãos cultivados em laboratório que podem ser usados para testar medicamentos. Também temos modelos computacionais avançados que podem prever como os medicamentos funcionarão no corpo humano. Estas alternativas podem ajudar a reduzir o número de animais usados na investigação científica. Mas ainda não são tão eficazes quanto o uso dos próprios animais. Continuamos a procurar métodos que possam substituir os animais no futuro e estamos sempre a procurar maneiras de reduzir o sofrimento dos animais.

Advogada de Defesa do cientista

Muito obrigada pelo seu testemunho. Chamo agora a depor a D. Rita. Quer contar-nos o seu caso?

Testemunha de defesa do cientista, paciente curada (emocionada)

Eu tinha uma doença muito grave e graças a um novo medicamento, estou aqui hoje, saudável. Sei que é difícil para os animais, mas sem o uso de animais na investigação, muitos de nós não estariam vivos.

Advogada de Defesa do cientista

Muito obrigada pelo seu testemunho. Que bom que conseguiu curar-se da doença. A defesa chama agora a depor a especialista em bioética, Dra. Eva.

(burburinho na sala)

Juiz (levanta a voz)

Ordem no tribunal (bate com o martelo) Ordem no tribunal! Uma pessoa pode ser testemunha de acusação e de defesa ao mesmo tempo! Isto só mostra como o caso é complexo...(faz-se silêncio na sala) Bom, pode começar o seu depoimento.

Eva

Bem, como eu já referi aqui neste tribunal, existem 4 princípios bioéticos que devemos seguir. A beneficência significa fazer o bem, ajudando os outros. A não-maleficência significa não fazer mal. A justiça significa tratar todos de maneira justa, e a autonomia é respeitar a capacidade de decisão e as escolhas de cada um. É verdade que utilizar animais em investigação científica nem sempre segue estas regras. No entanto, a investigação que envolve animais tem sido fundamental para muitos avanços médicos. Muitos dos tratamentos e medicamentos, que salvam vidas humanas hoje, foram desenvolvidos com a ajuda de investigação envolvendo animais. Esta investigação é muitas vezes necessária porque os sistemas biológicos, dos seres vivos são muito complexos, principalmente o ser humano, de forma que utilizar culturas celulares ou modelos informáticos ainda não conseguem imitar totalmente um organismo vivo.

Juíz (um pouco impaciente)

Muito bem! Estamos a ficar atrasados neste julgamento. Sem mais demoras, vamos ouvir com atenção as alegações finais dos dois advogados.

Advogado de Acusação do cientista (confiante)

Temos de nos lembrar que os animais também têm direitos e muitos deles são seres vivos capazes de sentir. Devemos fazer todo o possível para usar métodos alternativos, que já existem, e que não causem sofrimento. Respeitar a vida dos animais é fundamental.

Advogada de Defesa do cientista (confiante)

A saúde humana depende muito da investigação científica com animais na área da medicina. É necessário continuar a trabalhar para reduzir o uso de animais, mas por enquanto, não podemos parar de procurar curas e tratamentos para doenças graves. Vamos continuar a procurar soluções melhores, que não usem animais.

Juiz

Obrigado a todos pelos seus depoimentos e argumentos. Vamos agora considerar tudo o que ouvimos e tomar uma decisão justa para este caso. Os Srs. Jurados (o público) têm 15 segundos para tomar a decisão final.

(Quinze segundos depois...)

Juiz

Chegou a hora de conhecermos o veredito. O que acha o nosso painel de jurados? Quem achar que o cientista é culpado por não seguir as regras da bioética, levante a placa com o *emoji* triste. Muito bem, registado. Agora quem acha que o cientista é inocente, pois seguiu as regras da bioética na sua investigação com animais, levante a placa com o *emoji* feliz. Certo, registado.

(a maioria dos jurados mostra a placa com *emoji* triste)

Então, neste caso, a decisão final deste tribunal é que o Sr. Cientista é Culpado.

(caso o veredito seja diferente, a fala do juiz é alterada, de modo a estar em conformidade com a decisão do público)

Juiz

Bem, antes de todos voltarem às suas ocupações, gostaria de aproveitar este momento para descontrair um pouco. Sr. Ratinho, o tribunal agradece seu depoimento corajoso e importante. Há alguma coisa que queira dizer antes de encerrarmos?

Ratinho (divertido)

Na verdade, Sr. Juíz, queria lembrar a todos que, se precisarem de um animador para festas de aniversário, o meu primo Mickey está disponível! E, por favor, cientistas (aponta para o António), não se esqueçam: se tiverem de nos utilizar para a investigação científica avançar, por favor lembrem-se de fazer medicamentos com o nosso sabor preferido: queijo!!

Juiz

Muito bem, esta sessão está oficialmente encerrada.

(entra o narrador)

Narrador

Ficamos todos a saber um pouco mais sobre a bioética e os seus princípios fundamentais! E lembrem-se: Que a bioética esteja sempre convosco! Vamos passar agora ao segundo julgamento do dia.

(apaga-se a luz do palco e saem os advogados de defesa e de acusação do cientista, as testemunhas de defesa e de acusação, o cientista, A Eva e o narrador)

(entram os advogados de defesa e de acusação da Humanidade, as testemunhas de defesa e de acusação da Humanidade e o Dário)

(a luz foca no juíz, que se encontra em pé)

Juiz

Ora, sejam bem-vindos de novo! Este segundo julgamento tem como arguido, nada mais, nada menos, que (pausa): a Humanidade!

Advogado de Acusação da Humanidade (Determinado)

Bom dia! Estamos aqui para provar que a Humanidade (aponta para a Humanidade, sentada no banco do arguido) tem sido descuidada com o nosso planeta, destruindo recursos naturais e ameaçando nosso futuro! Não estamos a equilibrar o

desenvolvimento social, económico e ambiental, ou seja, a garantir o desenvolvimento sustentável do planeta.

Advogado de Defesa da Humanidade (Confiante)

E eu estou aqui para mostrar que a Humanidade (aponta com o indicador para a Humanidade) tem feito o melhor possível!

Juiz

A acusação tem a palavra.

Advogado de Acusação da Humanidade

Chamo a depor a Testemunha de Acusação, o jovem Rafa. Bom dia! Quer apresentar-se a este tribunal?

Testemunha de acusação da Humanidade

Bom dia, Sr. Dr. Juiz e caros membros do júri! O meu nome é Rafa e estou aqui para falar sobre como a Humanidade tem tratado a Terra. Pensem no nosso planeta como um grande jardim. Se não cuidarmos dele, ele irá transformar-se numa selva desordenada e cheia de ervas daninhas! E se lhe arrancarmos todas as flores, ele irá ficar menos bonito e perderá toda a cor!

Advogado de Acusação da Humanidade

Certo..., mas exatamente de que é que acusa a humanidade?

Testemunha de acusação da Humanidade

De explorar de uma forma nada geoética os recursos que a Terra nos fornece (minerais, rochas, água, madeira, o solo, ...). Muitas vezes, esses recursos demoram milhões de anos a formar-se, ou seja, se os gastarmos todos, não vamos deixar mais disponíveis para as futuras gerações... Para além disso, com tanta exploração, acabamos por causar muita poluição, destruir habitats e diminuir a biodiversidade...

Juiz

Agora, vamos ouvir a defesa da Humanidade. Dou a palavra à Sra. Advogada de defesa.

Advogada de Defesa da Humanidade

Sim, tudo isso está correto... mas precisamos de recursos para viver... rochas para fazer bancadas de cozinha, minerais para fazer os nossos telemóveis e computadores, da planta do algodão para fazer as nossas roupas, da madeira das árvores para construir móveis, do petróleo para os automóveis. Enfim, os recursos naturais são muito importantes para a sociedade ... Bem, chamo a depor a Sra. D. Amélia. Diga a este tribunal qual a sua profissão.

Testemunha defesa da Humanidade

Bom dia! Sou informática e CEO na minha empresa. Produzimos computadores, tablets e telemóveis. A minha empresa cria muitos empregos, já somos mais de 60!

Juíz

A advogada de acusação pode contrainterrogar a testemunha.

Advogado de acusação da Humanidade (assertivo)

Muito bem, são produtos essenciais nos dias de hoje...mas e em relação a políticas de sustentabilidade... o que é que a sua empresa faz?

Dário

(entusiasmado e assertivo) Boa pergunta! Por acaso a vossa empresa tem em consideração que alguns dos minerais necessários para fabricar computadores, tablets e telemóveis são cada vez mais raros e temos de os poupar? Porque estão sempre a lançar novos modelos para as pessoas comprarem cada vez mais telemóveis?

(burburinho na sala)

Juiz

Ordem, ordem (bate com o martelo) ... tem a palavra a testemunha de defesa. Pode prosseguir.

Testemunha defesa da Humanidade

Bem... temos de pagar os salários aos nossos funcionários...e os nossos clientes gostam de ter sempre o último modelo nas mãos! (aponta para Humanidade, que está ao telemóvel)

Advogado de acusação da Humanidade

Mas isso não é nada bom para o planeta! Nem para as futuras gerações.

Juiz

Chamo a depor a Humanidade. Humanidade, ouviu os argumentos. O que têm a dizer em sua defesa?

Humanidade

Bom... estamos a tentar... mas é difícil. Precisamos de ajuda e das ideias de todos!

Advogado de Defesa da Humanidade

Humanidade, o que tem a dizer em sua defesa?

Humanidade (animada e empolgada)

Sei que as coisas não estão perfeitas... e precisamos de fazer alterações na nossa forma de viver, mas quero mostrar que estamos a fazer alguns progressos. Por exemplo, estamos a desenvolver tecnologias que reciclam aparelhos resíduos eletrónicos usados e os transformam em novos produtos.

Advogado de Defesa da Humanidade

E pode nos dar um exemplo de como isso funciona?

Humanidade (animada)

Claro! Pensem num velho telemóvel que já funciona mal... já reformado! Podemos, então, reciclá-lo e transformá-lo num novo telemóvel, mais moderno e mais rápido...tão rápido quanto o Chico Conceição na lateral direita!!

Advogado de Acusação da Humanidade

Isso é ótimo, Humanidade, mas quantos telemóveis realmente são reciclados?

Humanidade (um pouco desapontada)

Infelizmente, não tantos quanto gostaríamos. Muitas pessoas ainda deitam fora os seus aparelhos antigos em vez de os reciclar.

Advogado de Acusação da Humanidade

E quanto às políticas de sustentabilidade nas empresas, Sra. D. Amélia, a sua empresa faz algo mais para ajudar o planeta?

D. Amélia (Tentando ser positiva)

Bem, estamos a começar a usar a energia solar nos nossos escritórios. É como se estivéssemos a utilizar o poder do Sol para alimentar os nossos computadores!

Rafa: Isso é um começo, mas precisamos de muito mais. É como tentar encher uma piscina apenas com uma colher de chá! Demoraríamos uma eternidade!

Juiz

Humanidade, ainda há muito trabalho a ser feito. Chamo a depor o nosso especialista em geoética, Dr. Dário. O que podemos fazer para garantir um futuro melhor?

Dário

Precisamos que todos, mesmo todos (cientistas e não cientistas), desde pequenos, se envolvam. Podemos começar com pequenas mudanças, como reciclar mais, comprar menos produtos que não precisamos, usar menos plástico, andar mais a pé ou de bicicleta... Cada pequena ação conta.

Rafa

E também podemos plantar mais árvores, gastar menos água a tomar banho.... Todos temos o dever de sermos consumidores mais responsáveis.

Dário

Exato. E também podemos educar as pessoas sobre a importância de preservar os recursos naturais, não construir próximo de zonas costeiras... Ah, e apostar em energias renováveis, para combater as alterações climáticas... para que as futuras gerações possam desfrutar de um planeta saudável. A educação é essencial!

Juíz

Estamos a chegar ao fim do tempo... vamos ouvir as alegações finais de ambas as advogadas. Começa a Sra. advogada de defesa, seguindo-se a Sra. advogada de acusação.

Advogada de defesa da Humanidade

Consideramos a Humanidade inocente. É certo que podia ter mais cuidado e respeito pelo planeta, mas precisamos de recursos para viver...por isso, mais vale continuar tudo como está!

Advogada de Acusação da Humanidade

Consideramos a humanidade culpada dos seus comportamentos que prejudicam o planeta e todos nós... Pedimos que a Humanidade seja condenada e obrigada a

modificar os seus comportamentos, adotando, em todas as suas ações, uma perspetiva geoética.

Juíz

Muito bem, Srs advogados. Chegou a hora de conhecermos o veredito. O que acha o nosso painel de jurados? Quem achar que a humanidade é culpada por não praticar comportamentos geoéticos, e quiser exigir uma mudança de comportamentos, levante a placa com o *emoji* triste. Muito bem, registado. Agora quem acha que a humanidade é inocente, pois não há alternativa ao desenvolvimento da sociedade, levante a placa com o *emoji* feliz.

(a maioria do público levanta a placa com o *emoji* triste).

Bom, o veredito final do nosso painel de jurados é: (pausa) a Humanidade é considerada culpada. (burburinho na sala de audiências, a Humanidade está inconsolável e abana a cabeça)

(caso o veredito seja diferente, a fala do juíz é alterada, de modo a estar em conformidade com a decisão do público)

Juíz

Calma, ainda há esperança. Este julgamento mostrou que a responsabilidade é coletiva. Cada um de nós pode ser um herói para o planeta Terra e defender o planeta como o Diogo Costa defende a baliza de Portugal! (a Humanidade levanta a cabeça e, de forma confiante, sorri) Agora, é só começarmos a fazer a diferença! Um por todos e todos pela Geoética! Esta sessão está encerrada!

(todos os personagens abandonam a sala de audiências)

(entra o narrador)

Narrador (feliz)

Agora que aprendemos sobre bioética e geoética, a pergunta necessária é esta: que escolhas faremos para respeitar e proteger a Terra, os seres vivos e a nós próprios?

Ato III

(Começa a dar a música “**Dança Kuduro**”, todos os personagens entram em cena e cantam e dançam)

É pura verdade, não é loucura,

És mesmo importante, nesta aventura! (2x)

Nós vamos juntos, sem improviso.

Por este planeta, é nosso compromisso!

Ser honesto e responsável,

é fundamental.

Sê mais sustentável

Prá um planeta ideal.

Teus direitos e deveres,

Não deves esquecer,

Com a bio e geoética,

Estamos sempre a aprender!

É pura verdade, não é loucura,

És mesmo importante, nesta aventura!

Nós vamos juntos, sem improviso.

Por este planeta, é nosso compromisso!

A educação,

Guia-te prá mudança,

Cuida da Terra e de Ti,

E sê muito feliz aqui!

É pura verdade, não é loucura,

És mesmo importante, nesta aventura!

Nós vamos juntos, sem improviso.

Por este planeta, é nosso compromisso!

Apêndice 8. Guião da Atividade Lúdica Bio & Geo-heróis

Atividade Lúdica Bio & Geo heróis

Narrador: Bem, agora, queremos ver o que aprenderam sobre bioética e geoética! Estão prontos? Lembrem-se das vossas placas com emojis: verde com carinha feliz, se acharem que é um bom comportamento, amarela com carinha de dúvida, se não souberem responder e vermelha com carinha triste, se acharem que é um mau comportamento.

Vamos começar em 3, 2, 1!

1. A bioética ensina-nos que todos têm direito a tratamento justo e igual no hospital, independentemente de quem são. Se um hospital decidir tratar apenas pessoas famosas e ignorar as outras pessoas que não são conhecidas, isso é uma prática bioética?
2. A geoética ensina-nos a proteger o nosso planeta. Se comprarmos embalagens de gelado familiar e pacotes de bolachas grandes, em vez de gelados e bolachas embalados individualmente (que utilizam mais plástico), estamos a ter um comportamento geoético?
3. Segundo a bioética, um cientista deve realizar experiências para descobrir novos medicamentos em animais, sem ter em atenção o seu bem-estar e o nível de sofrimento.
4. Se plantarmos mais árvores nas cidades, de forma a compensar a construção de mais casas e estradas, estamos a seguir os princípios da geoética?
5. Usar energias renováveis, como a solar e a eólica, em vez de usarmos fontes de energia, como a gasolina e o carvão, que poluem o ambiente, é uma boa prática de acordo com a geoética?

6. Na escola, se tratarmos todos os colegas com respeito e ajudarmos quem precisa, estamos a seguir os princípios da bioética?
7. Se uma empresa despejar resíduos tóxicos num rio, sem os tratar, causando a morte de peixes e prejudicando a água potável, isso é uma prática de geoética?
8. Do ponto de vista da bioética, é correto uma escola realizar uma investigação sobre a saúde dos alunos sem pedir permissão aos pais e aos próprios alunos.
9. Aprender sobre os impactos dos resíduos eletrónicos (telemóveis, tablets, computadores) para a saúde humana e para meio ambiente, e sobre a importância da sua reciclagem, contribui para comportamentos mais bioéticos e geoéticos?
10. Quando um cientista realiza investigação sobre uma nova vacina, utilizando métodos e substâncias que poluem os solos e as águas, está a ter um comportamento bioético e geoético?

Apêndice 9. Grelha de observação da atividade lúdica Bio & Geo-heróis

Grelha de Observação – Atividade Lúdica Bio & Geo-Heróis

Contexto: Interação com o público após a apresentação da peça de teatro

Objetivo: Registrar a tomada de posição ética das crianças face a afirmações de natureza bioética e geoética

Observadora: _____

Escala de resposta:

- Sim/Concordo (placa com *emoji* verde)
- Tenho dúvidas / Não sei responder (placa com *emoji* amarelo)
- Não/Não concordo (placa com *emoji* vermelho)

Afirmação/questão	Sim/Concordo n	Não sei/Tenho dúvidas n	Não/Não concordo n	Observações
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Apêndice 10. Recurso Educativo 1

Título

A bioética decide: desextinção ou não, eis a questão!

Resumo

Desde a segunda metade do século XX, a biodiversidade do planeta Terra tem vindo a diminuir de forma acelerada. Estudos indicam que, desde 1970, as populações de muitas espécies de vertebrados diminuíram drasticamente, sobretudo devido à ação humana. A destruição de habitats naturais, a poluição, as alterações climáticas e a exploração excessiva dos recursos naturais colocam cada vez mais espécies em risco de extinção. Perante esta situação, a conservação da biodiversidade tornou-se uma prioridade global. Proteger as espécies que ainda existem e preservar os ecossistemas é essencial para o equilíbrio do Sistema Terra e para o bem-estar das sociedades humanas ^[1, 2, 3].

No entanto, os avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas levantaram uma questão nova e controversa: será possível, e correto, trazer de volta espécies que já desapareceram da Terra?

A chamada desextinção de espécies refere-se à utilização de tecnologias como a clonagem, a engenharia genética ou a edição do ADN para recriar organismos semelhantes a espécies extintas. Mas a desextinção não é apenas uma questão científica. Trata-se também de uma questão bioética, pois envolve decisões sobre a vida, a responsabilidade humana, o uso da tecnologia e as consequências das nossas escolhas para o futuro do planeta ^[4, 5, 6].

Trazer uma espécie extinta de volta pode parecer uma solução inovadora para a perda de biodiversidade, mas levanta questões importantes: Que impactos teria essa espécie nos ecossistemas atuais? Deverão os recursos científicos e financeiros ser usados na desextinção ou na proteção das espécies que ainda existem? Quem decide quais as espécies que merecem ser “trazidas de volta à Terra”? E será legítimo corrigir, através da tecnologia, problemas causados pela própria ação humana?

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Estimular a reflexão sobre a complexidade ética, científica e ambiental envolvida na tomada de decisões relacionadas com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e a preservação dos ecossistemas.

Objetivos

- Reconhecer a complexidade e a dificuldade inerentes à tomada de decisões que envolvem o desenvolvimento científico, os ecossistemas e a vida no planeta;
- Compreender o papel da história da ciência na evolução do conhecimento científico e na construção de novas possibilidades tecnológicas;
- Aplicar princípios bioéticos na análise e na tomada de decisões relativas a questões que envolvem o desenvolvimento científico e tecnológico;
- Desenvolver o pensamento sistémico, o pensamento crítico e a capacidade de argumentação fundamentada.

Referencial teórico

1. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas (Sass, 2008). Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta perspetiva ao conceber a bioética como uma “ponte para o futuro”, capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas

com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social [7, 8].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza [9].

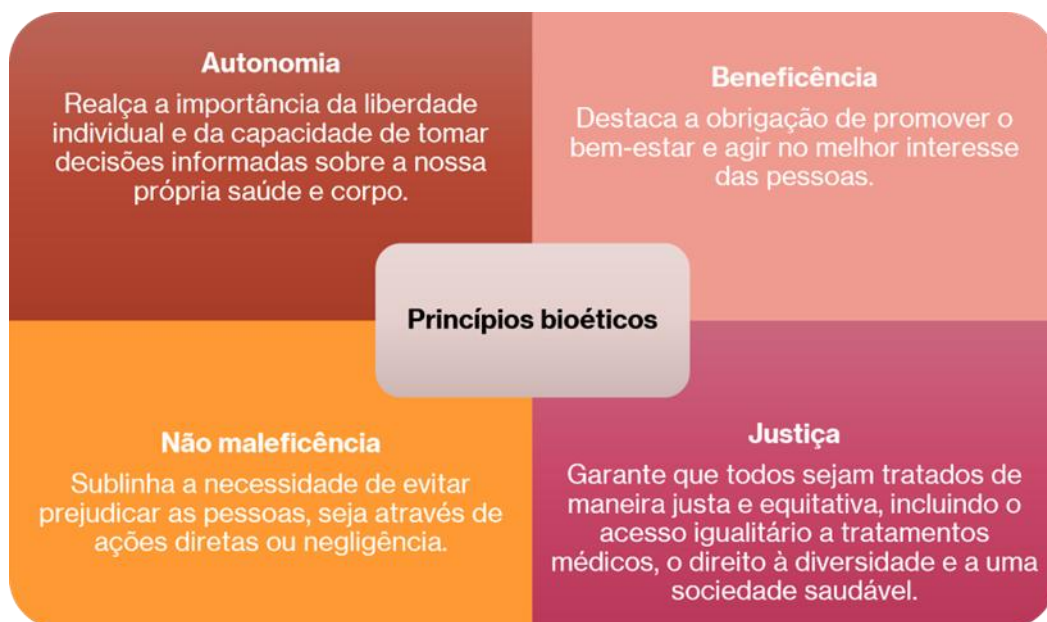


Figura 1- Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Questões como a manipulação genética, a desextinção de espécies, o uso de tecnologias emergentes ou a intervenção humana nos ecossistemas ilustram bem a necessidade de integrar a bioética no ensino das ciências, não como um conjunto de regras morais, mas como um espaço de reflexão, diálogo e responsabilidade [10].

Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a

diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta.

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura 2.

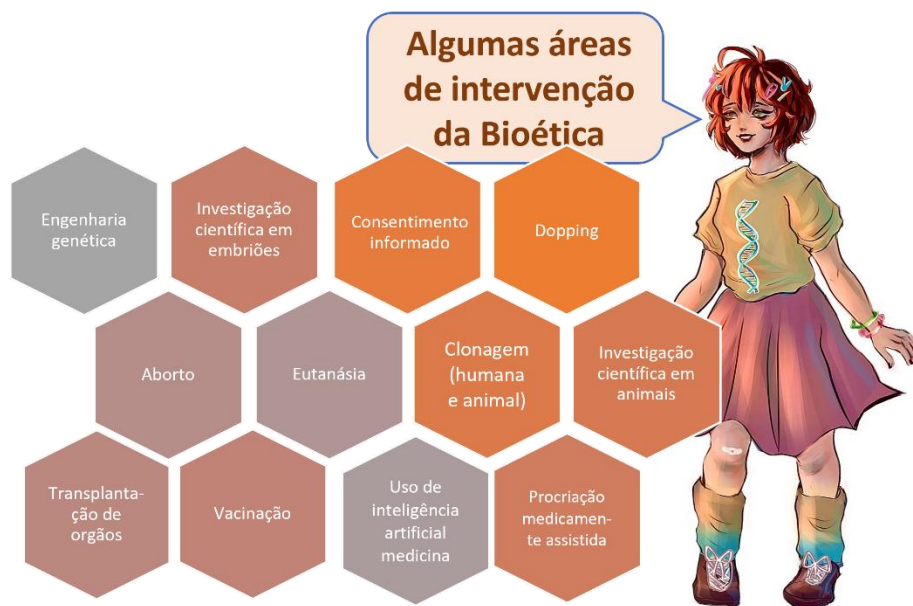


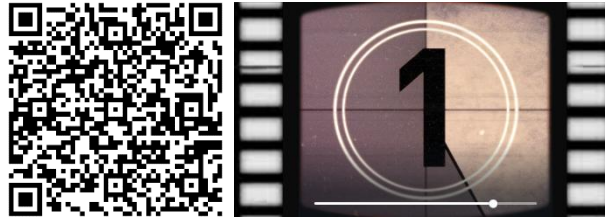
Figura 2- Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

Vamos explorar!

“E se fosse possível trazer de volta ao planeta espécies já extintas?”

Ao longo das últimas décadas, os cientistas têm alertado para a rápida perda de biodiversidade no planeta Terra. Desde 1970, estima-se que as populações de vertebrados tenham diminuído cerca de 70%, sobretudo devido às atividades humanas, como a destruição de habitats, a poluição, a exploração excessiva de recursos naturais e as alterações climáticas. Este cenário levanta questões urgentes sobre a forma como os seres humanos se relacionam com a natureza e sobre as responsabilidades que temos perante outras formas de vida e as gerações futuras.

1. Começa por visualizar o vídeo disponível no *QR code* seguinte, que introduz o tema da desextinção de espécies, uma possibilidade científica ainda em desenvolvimento, mas que já suscita intensos debates éticos, científicos e sociais, disponível no *QR code* seguinte.



2. Analisa a seguinte notícia fictícia:

“Num futuro não muito distante, o planeta enfrenta desafios ambientais crescentes, com um número cada vez maior de espécies à beira do limiar da extinção. A comunidade mundial vai reunir-se esta semana na Conferência Mundial da Biodiversidade. O objetivo é discutir estratégias de conservação das espécies e, de forma bastante ousada, analisar a possibilidade da desextinção de espécies que há muito deixaram de existir na Terra.”

2.1. Preparação da Conferência:

Vocês são especialistas em diferentes áreas científicas e sociais e foram convidados a participar na Conferência Mundial da Biodiversidade. De acordo com o grupo que vos for atribuído (conforme o esquema da Figura 5), realizem uma investigação sobre o tema e preparem argumentos fundamentados para defender a vossa posição durante a conferência. Cada grupo deverá considerar não apenas os aspetos científicos, mas também as implicações éticas, ambientais e sociais da desextinção de espécies.

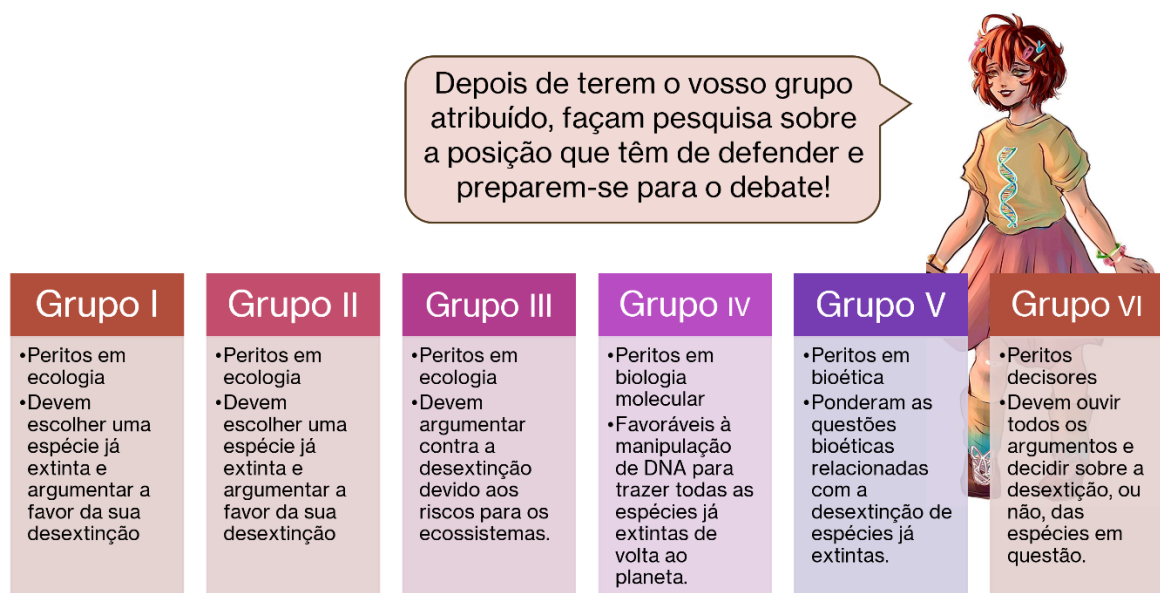


Figura 3 - Distribuição dos especialistas da Conferência Mundial da Biodiversidade por grupos.

2.2. Conferência Mundial da Biodiversidade:

Chegou o momento de iniciar a conferência. Cada grupo deverá apresentar a sua posição e responder aos argumentos dos outros participantes.

Não se esqueçam de:

- utilizar **argumentos bioéticos**;
- reconhecer possíveis **conflitos de valores**;
- considerar **benefícios, riscos e consequências** das decisões discutidas.

2.3. Reflexão final e comunicação:

Após o debate, reflitam em conjunto sobre:

- as principais dificuldades encontradas pelo grupo;
- a facilidade ou dificuldade em chegar a uma posição comum e porquê;
- tomar decisões científicas é apenas uma questão de conhecimento ou envolve também valores, responsabilidade e escolhas éticas?
- Preparem uma apresentação, num formato à vossa escolha, e apresentem-na aos restantes grupos.

Atividade de ampliação:

Extinção do vírus da Varíola: sim ou não... eis a questão!

A varíola foi uma doença viral grave e altamente contagiosa que marcou profundamente a história da humanidade. Durante milénios, provocou epidemias devastadoras em vários continentes e estima-se que tenha causado mais de 500 milhões de mortes em todo o mundo. Apesar do seu enorme impacto negativo na saúde pública, a varíola esteve também na origem de um dos maiores avanços científicos da história: a descoberta da vacinação. Em 1980, a Organização Mundial da Saúde declarou oficialmente a erradicação da varíola, após um esforço global sem precedentes de cooperação científica e política. Este feito foi amplamente celebrado como uma vitória da ciência ao serviço da humanidade. No entanto, o debate não terminou com a erradicação da doença ^[12, 13, 14]. Atualmente, existem apenas dois laboratórios no mundo autorizados a conservar amostras do vírus da varíola, exclusivamente para fins de investigação científica. Esta situação

levanta um dilema bioético complexo: por um lado, a preservação do vírus pode ser importante para o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos, vacinas ou estratégias de resposta a futuras ameaças biológicas; por outro, a elevada taxa de mortalidade da doença suscita sérias preocupações quanto à segurança global, nomeadamente o risco de acidentes laboratoriais ou de uso indevido do vírus ^[15].

Este debate prolonga-se há mais de 20 anos e envolve cientistas, decisores políticos e organizações internacionais. Como equilibrar o avanço da ciência com a responsabilidade de proteger as populações? Tal como no caso da desextinção de espécies, a decisão sobre o futuro do vírus da varíola envolve ciência, risco, responsabilidade e valores éticos. Extinção definitiva ou conservação das amostras... eis a questão!

1. Começa por visualizar com muita atenção a Grande Reportagem disponibilizada no QR code seguinte: “Extinção do vírus da Varíola: sim ou não? Eis a questão!”



2. Testa o que aprendeste participando num Kahoot preparado para esta atividade.



3. Em grupos de quatro elementos, visualizem novamente o vídeo e observem a Figura 4, que representa as diferentes etapas do método científico.



Figura 4. Diagrama representativo das etapas do método científico.

Estabeleçam uma analogia entre essas etapas e a história da descoberta da vacinação contra a varíola apresentada no vídeo.

4. Em 1999, um grupo de especialistas foi nomeado para aconselhar a Organização Mundial da Saúde sobre a destruição das amostras do vírus da varíola, inicialmente prevista para 2002. Contudo, os peritos recomendaram a sua conservação. Desde então, a questão tem sido discutida em várias assembleias da OMS, sem que tenha sido tomada uma decisão final. Quais poderão ser as razões para esta demora de mais de 20 anos? Para explorar esta questão, organizem-se em três grupos, de acordo com a Figura 5, assumindo diferentes perspetivas no debate.

4.1. Com o apoio do professor, que assumirá o papel de moderador, realizem um debate estruturado e tentem chegar a um consenso coletivo sobre a decisão mais eticamente responsável: extinguir definitivamente o vírus da varíola ou manter as amostras existentes? Argumentem a vossa decisão com base nos princípios bioéticos estudados e apresentados na Figura 1.

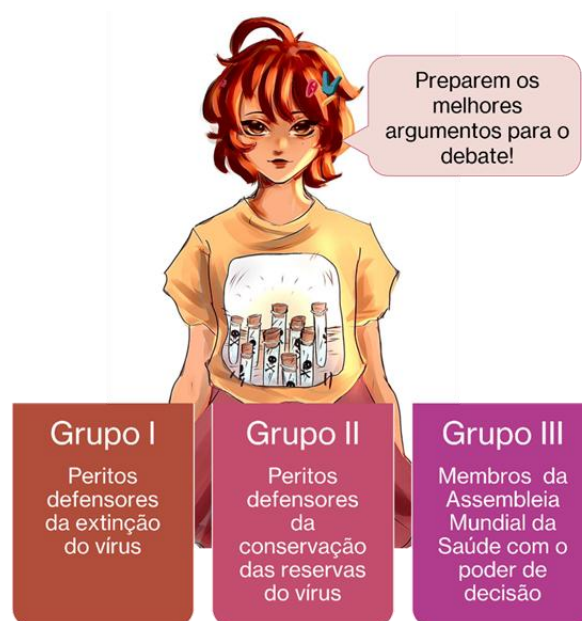


Figura 5. Diferentes grupos e posições que devem assumir no debate.

No final, reflitam em conjunto sobre:

- as dificuldades sentidas na tomada de decisão;
- os conflitos entre valores científicos, éticos e sociais;
- a complexidade dos processos de deliberação em contextos reais

Referências

- [1] Keck, F., Peller, T., Alther, R., Barouillet, C., Blackman, R., Capo, E., Chonova, T., Couton, M., Fehlinger, L., Kirschner, D., Knüsel, M., Muneret, L., Oester, R., Tapolczai, K., Zhang, H., & Altermatt, F. (2025). The global human impact on biodiversity. *Nature*, 641, 395 - 400. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08752-2>.
- [2] Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2016). Evolution in the Anthropocene. *Science*, 351, 922 - 923. <https://doi.org/10.1126/science.aad6756>.
- [3] Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Mólnar, Z., Obura, D., Pfaff, A., ... Zayas, C. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>.
- [4] Seddon, P., & King, M. (2019). Creating proxies of extinct species: the bioethics of de-extinction. *Emerging topics in life sciences*, 3 6, 731-735. <https://doi.org/10.1042/etls20190109>.

- [5] Myskja, B., & Gjerris, M. (2025). Playing Jesus to Save Species: A Virtue Ethics Approach to Biotech De-Extinction Projects. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 38. <https://doi.org/10.1007/s10806-025-09950-8>.
- [6] Kaebnick, G., Collins, J., Jayaram, A., Tiernan, R., Barnhill, K., Carter, L., Chemhuru, M., Fresia, P., Jennings, B., Meine, C., Ndebele, P., Palmer, C., Preston, C., Redford, K., Rohwer, Y., Sandler, R., Scott, M., Taitingfong, R., & Zoloth, L. (2025). Deliberate extinction by genome modification: An ethical challenge. *Science*, 388 6748, 707-709 . <https://doi.org/10.1126/science.adv4045>.
- [7] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.
- [8] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf>.
- [9] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- [10] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, 84, 279 - 283. <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279>.
- [11] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, 76(4), 507-513. <https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566>
- [12] Henderson, D. A. (2009). *Smallpox: the death of a disease: the inside story of eradicating a worldwide killer*. Prometheus Books.
- [13] Riedel, S. (2005). Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. In *Baylor University medical center proceedings*, vol. 18, No. 1, pp. 21-25. Taylor & Francis.
- [14] Fenner, F. (1993). Smallpox: emergence, global spread, and eradication .*History and philosophy of the life sciences*, 15 3, 397-420.
- [15] Meyer H, Ehmann R, Smith GL. Smallpox in the Post-Eradication Era. *Viruses*, 24,12(2):138. <http://doi.org/10.3390/v12020138>.

Este recurso educativo foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento “*Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos*”, com a referência 2021.06518.BD.

Apêndice 11. Recurso educativo 2

Título

(Cons)Ciência profunda: como conciliar a exploração mineira submarina com a sustentabilidade dos oceanos?

Resumo

A exploração de minerais nos oceanos está ligada aos desafios globais do mundo atual, como, por exemplo, o enorme crescimento populacional, as alterações nos padrões de consumo e o aumento na procura por recursos naturais. À medida que os depósitos terrestres de minerais se esgotam, ou se tornam economicamente inviáveis devido à exploração intensiva, a atenção relativamente aos minerais existentes nos oceanos cresceu. Para equilibrar as necessidades humanas com a preservação dos ecossistemas marinhos e a sustentabilidade planetária, é fundamental adotar práticas responsáveis, elaborar regulamentações adequadas e realizar esforços para educar as populações para a importância de coletivamente se reduzir o consumo de minerais, promovendo antes a eficiência do seu uso e a economia circular. Será possível a exploração de recursos dos fundos oceânicos coexistir com a sustentabilidade dos oceanos? Como pode a geoética contribuir para responder a esta questão? Este recurso educativo convida os alunos a refletir criticamente sobre se, e em que condições a exploração mineira dos fundos oceânicos pode ser considerada eticamente aceitável à luz dos princípios da geoética.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Reconhecer a importância do oceano para a sustentabilidade da vida no planeta Terra e como a geoética é fundamental para a tomada de decisão relativamente à exploração de recursos minerais do oceano.

Objetivos

- Conhecer os serviços do ecossistema “Oceano”;
- Compreender a relação entre o aumento da população humana, a alteração dos padrões de consumo, a sustentabilidade planetária e a maior necessidade de recursos naturais;
- Prever diferentes tipos de consequências da exploração de minerais no oceano para a o ecossistema marinho e para o Homem.
- Argumentar sobre o papel dos geocientistas e da geoética na tomada de decisão relativamente à exploração de recursos naturais do oceano;
- Perceber o impacto das nossas ações individuais para uma gestão sustentável dos recursos naturais e o alcance da sustentabilidade planetária.

Referencial teórico

1. Geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta terra [1].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, e engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais [1, 2]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária [3, 4]. No contexto deste recurso educativo, a geoética é mobilizada não apenas como um campo de reflexão teórica, mas como um referencial ético para a tomada de decisão. Os seus princípios permitem analisar conflitos entre desenvolvimento económico,

exploração de recursos naturais e proteção dos ecossistemas marinhos, apoiando decisões informadas, responsáveis e orientadas para a sustentabilidade planetária.

Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura 1.



Figura 3- Áreas de intervenção da geoética.

2. Oceano: Um imenso azul e muito mais

O oceano é o maior ecossistema do planeta (figura 2). A sua área cobre mais de 70% da superfície da Terra. Apesar do enorme desenvolvimento científico e tecnológico dos nossos dias, o conhecimento sobre o oceano continua a ser muito reduzido, principalmente no que diz respeito às zonas mais profundas.^[5] Por este motivo, é essencial continuar a desenvolver a ciência de forma a aumentar o nosso conhecimento e compreensão sobre os oceanos.



Figura 4 - O planeta azul e a biodiversidade dos oceanos.

O enorme crescimento populacional, a alteração nos padrões de consumo humanos e a necessidade de caminharmos no sentido de alcançar a sustentabilidade planetária, promovem um grande aumento na procura de minerais. Este facto, exerce uma grande pressão no setor da mineração, nomeadamente, no que diz respeito a minerais essenciais para a transição energética verde, como o cobre, níquel, cobalto, o lítio, a grafite ou as terras raras. ^[6] O oceano é rico em minerais diversos e importantes para auxiliar essa transição. Estes recursos minerais encontram-se essencialmente em três locais do oceano: nas fontes hidrotermais (ricas em sulfetos), em crostas de cobalto (ricas em cobalto), e em nódulos polimetálicos (ricos em níquel, cobre, cobalto e manganês).^[7] Estes últimos são atualmente alvo de vários estudos para uma possível exploração em larga escala (figura 3). A exploração de minerais dos fundos oceânicos é vista como um motor para o desenvolvimento económico do setor marítimo. ^[8] No entanto, o conhecimento atual sobre o impacto deste tipo de exploração em águas profundas encontra-se, ainda, numa fase muito inicial de desenvolvimento. ^[9,10] A Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos é um organismo internacional fundado em 1996. Esta organização é responsável por

regulamentar e assegurar a proteção eficaz do ambiente marinho contra os efeitos nocivos que possam advir de atividades relacionadas com os fundos oceânicos, em zonas que se encontram localizadas em águas internacionais, ou seja, fora da jurisdição nacional. [8,9,10].



Figura 5- Nódulos polimetálicos e algumas das suas utilidades.

Perante este cenário, coloca-se uma questão central: será eticamente aceitável explorar recursos minerais dos fundos oceânicos para responder às necessidades humanas, mesmo sem conhecer plenamente os impactos dessa exploração nos ecossistemas marinhos?

Atividade 1 - Caça ao tesouro “Oceano: um imenso azul e muito mais!”

Para relembrar: os serviços dos ecossistemas correspondem aos benefícios que as pessoas obtêm, direta ou indiretamente, desses ecossistemas. Estão divididos em quatro tipos diferentes de serviços: (i) de produção, (ii) de regulação, (iii) de suporte e (iv) culturais, conforme se apresenta na Figura 4.

	Regulação	Suporte	Culturais
• Bens e produtos extraídos dos ecossistemas. • Aqui podemos incluir, por exemplo, alimentos, água doce, madeira ou fibras (celulose ou o linho), transporte, energia, ..	• Benefícios obtidos do controlo de processos naturais. • Aqui podemos incluir, por exemplo, a regulação do clima, o controlo natural do efeito das cheias ou da erosão, os fenómenos da polinização, a depuração natural da água ou dos solos, ...	• Correspondem aos processos naturais que mantêm todos os outros serviços. • Aqui podemos incluir, por exemplo, a formação do solo (que fornece habitat), os ciclos de matéria, a produção de matéria orgânica pelos produtores (produtividade primária pela fotossíntese), ...	• Benefícios não materiais obtidos dos ecoSSistemas. • Aqui podemos incluir, por exemplo, a educação, o turismo, o lazer, ou mesmo os benefícios ao nível espiritual, estético ou científico, ...

Figura 6- Os quatro tipos de serviços dos ecossistemas.



Procedimento:

- Os jogadores devem ser divididos em equipas de 3/4 elementos, sendo atribuída uma cor a cada equipa;
- devem descobrir os envelopes escondidos na sala (cada equipa apenas pode apanhar os envelopes identificados pela sua cor, previamente definida);
- cada envelope possui um enigma inicial e apenas poderá ser aberto após a descoberta da solução do enigma;
- no interior do envelope está um novo enigma e uma imagem relacionada com um dos serviços que o ecossistema oceânico nos proporciona;
- devem identificar qual é, e escrever o seu nome no mapa de conceitos fornecido a cada grupo;
- o grupo com o mapa de conceitos corretamente preenchido vence o jogo;

Materiais disponíveis em: *QR code*

Atividade 2 – Role play

Procedimento:

- visualize o vídeo Mineração no fundo do mar - a corrida por minerais críticos, disponível através do QR code.
- forme grupos de 3 a 5 elementos e atribua a cada um deles um papel (*CEO/gestor da Metals Company*, equipa de geólogos, equipa de biólogos marinhos e oceanógrafos, pescadores, membros da Autoridade Internacional do Fundo Marinho, *CEO/gestores de companhias mineiras terrestres*);
- os grupos devem rever o vídeo e pesquisar informação adicional sobre o tema (20 minutos);
- durante o debate, os grupos devem defender a sua posição, tentando convencer os membros da Autoridade Internacional do Fundo Marinho a decidir de acordo com a mesma;
- no fim do tempo estipulado pelo professor, o grupo dos representantes da Autoridade Internacional do Fundo Marinho delibera sobre a decisão tomada, tendo em conta os valores geoéticos.



Adaptado de "Deep-sea mining: the race for critical minerals", CBC News, 2023.

Atividade 3: Modelação da mineração no fundo do oceano

Materiais necessários:

- tina transparente ou aquário;
- areia;
- missangas escuras (de pequena dimensão);
- água;
- diversos organismos marinhos recortados em papel EVA;
- sifão para limpeza de aquários (Figura 4).



Figura 7 - Dispositivo (sifão) para limpeza de aquários.

Procedimento:

- Monte o dispositivo conforme exemplificado na Figura 5;
- A mineração do fundo do mar está pronta para começar! Aspire as pedrinhas com auxílio de uma seringa;
- Liberte os pedaços de areia e água novamente para a tina, com auxílio da segunda seringa;
- Registe numa folha as observações que fez relativamente às pedrinhas e às areias.



Figura 5 – Montagem da atividade de modelação

Questões:

1. O que acontece à areia quando as “pedrinhas” são aspiradas?
2. Relacione este acontecimento com aquilo que poderá acontecer na mineração dos nódulos polimetálicos do fundo do mar.
3. Preveja o impacto que a mineração de nódulos polimetálicos do fundo do mar poderá representar para o ecossistema marinho, dando exemplos concretos.
4. Após esta atividade de modelagem, mudou de opinião relativamente à concessão do direito de exploração mineira no fundo do mar a empresas particulares? Justifique.
5. Proponha possíveis soluções para a questão colocada no título deste recurso educativo, justificando com base em evidências científicas e de acordo com os valores geoéticos.

Referências

- [1] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). The emerging field of Geoethics. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons.
- [2] Vasconcelos, C.; Schneider-Vos, S.; Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics*. U.Porto: Porto, Portugal.
- [3] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability*, 13, 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- [4] Peppoloni, S. & Di Capua G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S.W. Kieffer & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and Future Perspectives* (pp. 1-17). Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146>
- [5] Grotzinger, J. & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.
- [6] International Energy Agency (2023), *Critical Minerals Market Review 2023*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023>, License: CC BY 4.0
- [7] Sharma, R. (Ed.). (2017). *Deep-sea mining: Resource potential, technical and environmental considerations*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52557-0>
- [8] Van Dover, C. L., Ardron, J. A., Escobar, E., Gianni, M., Gjerde, K. M., Jaeckel, A., Jones, D., Levin, L., Niner, H., Pendleton, L., Smith, C., Thiele, T., Turner, P., Watling, L. & Weaver, P. (2017). Biodiversity loss from deep-sea mining. *Nature Geoscience*, 10(7), 464-465.
- [9] Washburn, T. W., Turner, P. J., Durden, J. M., Jones, D. O., Weaver, P., & Van Dover, C. L. (2019). Ecological risk assessment for deep-sea mining. *Ocean & coastal management*, 176, 24-39. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.04.014>
- [10] International Seabed Authority (2023). *Potential interactions between fishing and mineral resource-related activities in areas beyond national jurisdiction: a spatial analysis*. ISA Technical Study No. 33. International Seabed Authority.

Apêndice 12. Recurso educativo 3

Título

Uma viagem pela história da bioética: dos contributos de Henrietta Lacks às potencialidades da utilização da inteligência artificial na medicina atual

Resumo

Apesar do termo Bioética ser relativamente recente, as raízes éticas da prática médica remontam à Antiguidade, com destaque para os contributos de Hipócrates, século V a.C., considerado o Pai da Medicina. A partir dos seus escritos, estabeleceram-se os princípios éticos básicos para a prática médica, incluindo a obrigação de não prejudicar os pacientes e a confidencialidade médica. No entanto, outras questões éticas atualmente relevantes eram, à época, negligenciadas. Eventos históricos importantes à escala global, como a Segunda Guerra Mundial, ou histórias individuais, como a de Henrietta Lacks, desempenharam um papel crucial na consciencialização coletiva sobre a importância de estabelecer padrões éticos rigorosos na experimentação biomédica. Este recurso pretende mostrar como o conceito de bioética evoluiu ao longo dos séculos, evidenciando a ligação ao contexto científico, histórico, social e cultural, culminando na atual perspetiva mais abrangente. Pretende ainda fazer uma homenagem a uma das mulheres mais importantes para a história da ciência e da medicina: Henrietta Lacks.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Reconhecer a estreita ligação entre a bioética e os direitos humanos.

Objetivos

- Conhecer os quatro princípios bioéticos fundamentais;
- Compreender que o conceito de bioética sofreu mudanças ao longo do tempo, dependendo do contexto social.

- Reconhecer a ligação entre a bioética e os direitos humanos.
- Desenvolver competências de argumentação e tomada de decisão sobre questões de âmbito sociocientífico, tendo por base os princípios bioéticos.

Referencial teórico

1. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas. Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta perspetiva ao conceber a bioética como uma “ponte para o futuro”, capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social ^[1, 2].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza ^[3].



Figura 8- Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Questões como o desenvolvimento científico e tecnológico aplicado à medicina, os direitos humanos, a manipulação genética, a desextinção de espécies, o uso de tecnologias emergentes ou a intervenção humana nos ecossistemas ilustram bem a necessidade de integrar a bioética no ensino das ciências, não como um conjunto de regras morais, mas como um espaço de reflexão, diálogo e responsabilidade ^[4,5]

Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta.

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura 2.

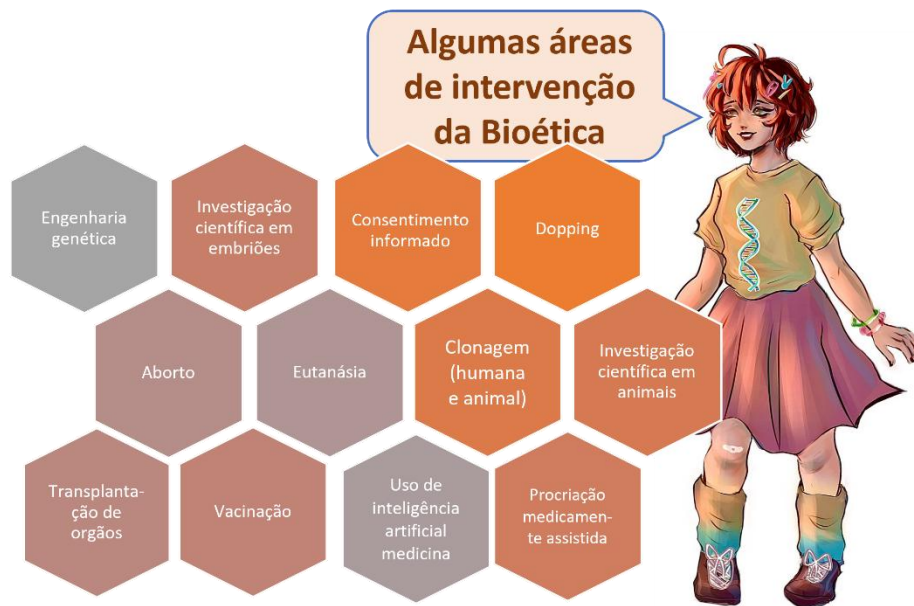


Figura 9- Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

1.1 História da bioética

A história da bioética é uma jornada fascinante que se estende desde os antigos princípios hipocráticos até os complexos dilemas éticos do século XXI. Esta área do conhecimento analisa as implicações éticas de avanços na biologia, medicina e tecnologias relacionadas, tendo evoluído significativamente ao longo dos séculos, refletindo mudanças nas crenças sociais, avanços científicos e desafios emergentes. A bioética tem suas raízes na antiguidade, com o Juramento de Hipócrates estabelecendo princípios fundamentais para a prática médica, incluindo a obrigação de não causar dano, confidencialidade e o compromisso com o bem-estar do paciente. Embora o termo "bioética" não existisse, esses princípios básicos formaram a pedra angular da ética médica por séculos.

Durante o Renascimento, a medicina e a ética estavam profundamente entrelaçadas com a religião. A interpretação dos princípios éticos era frequentemente guiada por visões religiosas sobre a vida, a saúde e a morte. No entanto, este período trouxe consigo um questionamento crescente da autoridade e dos dogmas religiosos, incentivando um exame mais crítico da ética na prática médica.

A Revolução Científica e o Iluminismo incentivaram o desenvolvimento da medicina baseada na observação e na experimentação, promovendo avanços significativos. Contudo, esses progressos também geraram novos dilemas éticos, como questões relativas ao consentimento dos pacientes e à investigação em seres humanos.

O século XX foi marcado por avanços médicos sem precedentes, mas também por atrocidades éticas, incluindo as experiências médicas nazis durante a Segunda

Guerra Mundial. Esses eventos levaram à formulação do Código de Nuremberga (1947), estabelecendo o consentimento informado como um princípio ético central na investigação em medicina. A subsequente Declaração de Helsínquia (1964) expandiu esses princípios, estabelecendo diretrizes éticas para a investigação científica com seres humanos, a nível global.

A descoberta da estrutura do DNA em 1953, os avanços na genética, a reprodução assistida e outras inovações biomédicas apresentaram novos desafios éticos, catalisando o desenvolvimento da bioética como uma disciplina distinta. Na década de 1970, a bioética emergiu formalmente com a criação de centros de investigação, programas curriculares para o ensino superior e publicações dedicadas ao estudo da ética na ciência e na medicina.

Hoje, a bioética enfrenta questões cada vez mais complexas decorrentes do rápido progresso tecnológico, incluindo a engenharia genética, a biotecnologia, questões de justiça na distribuição de recursos de saúde e a utilização da inteligência artificial na medicina. A globalização e a diversidade cultural adicionam camadas de complexidade à aplicação de princípios éticos universais, exigindo um diálogo contínuo e adaptável entre culturas.

O caso

Henrietta Lacks e as células HeLa

Henrietta Lacks foi uma mulher afro-americana cujas células cancerígenas, colhidas sem o seu consentimento em 1951, deram origem à primeira linha de células humanas imortais, conhecidas como HeLa (as duas primeiras letras de cada um dos seus nomes, **Henrietta Lacks**). Estas células tiveram, e continuam a ter, um enorme impacto no desenvolvimento da ciência, possibilitando inúmeros avanços médicos, incluindo conhecimentos sobre a biologia do cancro, desenvolvimento de vacinas, técnicas de clonagem, desenvolvimento da genética molecular, e muito mais.

Pelo facto de não ter sido informada dos procedimentos médicos a que foi sujeita, a sua história teve igualmente um papel fundamental no desenvolvimento da bioética. A forma como as células foram obtidas e utilizadas sem o conhecimento, ou consentimento, da Henrietta e da sua família levantou questões sobre a ética, o direito à privacidade, o consentimento informado e a justiça racial. Antes do caso de Henrietta Lacks, não havia regulamentações claras sobre o uso de tecidos humanos na investigação, e o conceito de consentimento informado estava muito menos desenvolvido do que atualmente [6, 7, 8].

Atividades

1. Os alunos devem ser divididos em grupos (cada grupo deve ter dois telemóveis);
2. Para a aventura nascer, o QR code terá de se ler! Os alunos terão de conhecer melhor a história de Henrietta Lacks e a sua ligação à bioética para escapar ileso!
3. Em grupos de dois elementos, respondam às seguintes questões:
 - 3.1 Quando e quem deixou uma compilação de textos, artigos, notas e ensaios filosóficos sobre medicina?
 - 3.2 Qual o nome das células especiais de que nos fala esta atividade? De onde surgiu este nome?
 - 3.3 As células referidas tiveram, e continuam a ter, uma enorme importância para o desenvolvimento da medicina e da ciência. Justifica esta afirmação.
 - 3.4 Quais os quatro princípios bioéticos?
 - 3.5 Elabora um pequeno texto que demonstre a ligação da história de Henrietta Lacks, com a história da bioética e dos direitos humanos.



Atividade de ampliação

O consentimento será suficiente?

1. Analisa o seguinte documento, que apresenta um projeto fictício de investigação para a doença de Parkinson:

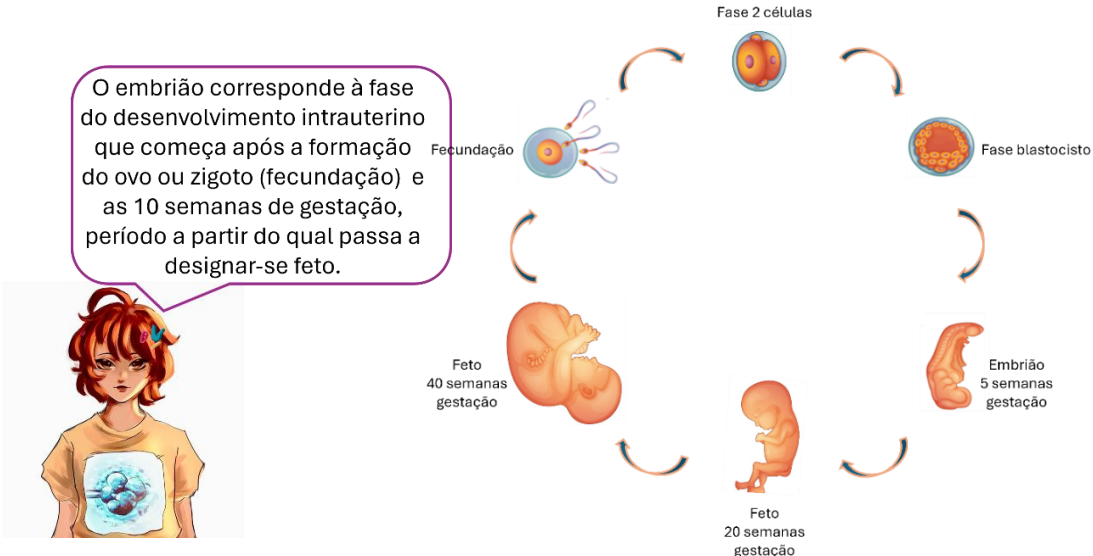
“Uma equipa de investigadores conseguiu desenvolver uma técnica promissora recorrendo a células-tronco embrionárias humanas. Esta descoberta apresenta um elevado potencial para curar a Doença de Parkinson, uma doença neurodegenerativa progressiva que afeta milhões de pessoas no mundo. A técnica mostrou resultados excecionais em modelos animais, restaurando a função motora e oferecendo uma esperança para a cura ou, pelo menos, para uma significativa melhoria da eficácia dos tratamentos em pacientes que sofrem desta condição debilitante. Os embriões utilizados na pesquisa são excedentes de processos de fertilização in vitro, e seriam descartados caso não fossem utilizados na investigação. Foi obtido o consentimento informado dos casais proprietários dos embriões, para que estes fossem usados na investigação médica.”

2. Lê a informação facultada pela Eva, relativa à Doença de Parkinson [9, 10, 11] e ao desenvolvimento intrauterino.



Aprende mais sobre a Doença de Parkinson!

A doença de Parkinson representa uma condição neurodegenerativa e progressiva, cuja prevalência no mundo está a aumentar. Afeta, geralmente, indivíduos mais velhos, com idade superior a 50 anos, embora possa ocorrer em idades mais jovens. Os sintomas incluem tremores (quando os músculos estão em repouso), rigidez muscular, lentidão dos movimentos voluntários e dificuldade em manter o equilíbrio. Em muitas pessoas, o pensamento torna-se comprometido e/ou desenvolve-se demência. Atualmente, não há cura para a doença de Parkinson. Existem, no entanto, tratamentos (medicamentos; cirurgia) eficazes na redução dos sintomas motores.



O embrião corresponde à fase do desenvolvimento intrauterino que começa após a formação do ovo ou zigoto (fecundação) e as 10 semanas de gestação, período a partir do qual passa a designar-se feto.

Figura 10 - Representação de algumas fases do desenvolvimento intrauterino.

3. Em grupo, de 3 ou 4 elementos, analisem os documentos fornecidos nos pontos 1 e 2. Cada um dos grupos formados é membro de um comité de ética de um grande laboratório de investigação biomédica. Nessa qualidade, terão de avaliar as propostas de projetos de investigação enviadas pelos investigadores, fornecendo um parecer positivo ou negativo à realização do projeto. Neste caso, o projeto apresentado tem potencial para transformar o tratamento da Doença de Parkinson, mas levanta

questões éticas significativas relacionadas com o uso de embriões humanos na investigação.

4. Tendo por base a questão orientadora “Qual deve ser a decisão do comité de ética do laboratório em questão?”, cada um dos grupos deve elaborar uma apresentação com a sua posição, justificando a sua opinião de acordo com os princípios bioéticos e apresentando soluções para ultrapassar eventuais problemas.

5. Após as apresentações de todos os grupos, o grupo-turma discute quais os melhores argumentos apresentados para responder à questão orientadora.

Referências

- [1] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.
- [2] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf>.
- [3] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- [4] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, 84, 279 - 283. <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279>.
- [5] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, 76(4), 507-513. <https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566>
- [6] Beskow, L. M. (2016). Lessons from HeLa cells: the ethics and policy of biospecimens. *Annual review of genomics and human genetics*, 17, 395-417. <http://doi.org/10.1146/annurev-genom-083115-022536>
- [7] Lyapun, I. N., Andryukov, B. G., & Bynina, M. P. (2019). HeLa cell culture: Immortal heritage of Henrietta Lacks. *Molecular. Genetics, Microbiology and Virology*, 34(4), 195-200. <https://doi.org/10.3103/S0891416819040050>
- [8] Stump, J. L. (2014). Henrietta lacks and the HeLa cell: rights of patients and responsibilities of medical researchers. *The History Teacher*, 48(1), 127-180.
- [9] Bloem, B. R., Okun, M. S., & Klein, C. (2021). Parkinson's disease. *The Lancet*, 397(10291), 2284-2303. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00218-X)
- [10] Dorsey, E., Sherer, T., Okun, M. S., & Bloem, B. R. (2018). The emerging evidence of the Parkinson pandemic. *Journal of Parkinson's disease*, 8(s1), S3-S8. <https://doi.org/10.3233/jpd-181474>
- [11] World Health Organization (2023). Parkinson Disease. Disponível em <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease> (consultado em 20 de Novembro de 2025).

[12] Sadler, T. W. (2018). *Langman's medical embryology*. Lippincott Williams & Wilkins.

Este recurso educativo foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento “*Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos*”, com a referência 2021.06518.BD.

Apêndice 13. Recurso educativo 4

Título

Os sismos e a geoética: da avaliação dos riscos à proteção das populações

Resumo

Os sismos são fenómenos naturais resultantes da dinâmica interna da Terra. A ocorrência de sismos está associada a regiões da litosfera que exibem maior instabilidade, incluindo as zonas de limites das placas tectónicas e áreas dentro das próprias placas, onde ocorrem falhas ativas. Devido a essa associação, a probabilidade de ocorrência de um sismo não é uniforme em todas as regiões do planeta. Apesar de fazerem parte do funcionamento normal do planeta, os seus impactos podem ser devastadores quando ocorrem em zonas habitadas. A compreensão da propagação das ondas sísmicas, da vulnerabilidade das construções e das opções de mitigação do risco é essencial para reduzir perdas humanas e materiais. Portugal localiza-se próximo de vários limites de placas litosféricas, sendo ainda atravessado por várias falhas ativas. A qualidade das construções e o grau de preparação dos habitantes desempenham um papel fundamental na avaliação do risco sísmico de uma região, bem como na magnitude dos efeitos provocados por um sismo. Quais são os princípios fundamentais da geoética e como se aplicam à sismologia e à redução do risco sísmico? De que forma pode a educação e a consciencialização da população em geral contribuir para comportamentos geoéticos relacionados com o risco sísmico? Através deste recurso educativo, vamos explorar os sismos não apenas do ponto de vista científico, mas também geoético, refletindo sobre como o conhecimento deve orientar decisões responsáveis em matéria de ordenamento do território, construção e proteção das populações.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Compreender o papel da geoética na determinação e mitigação do risco sísmico de uma região.

Objetivos

- Compreender que o risco sísmico pode envolver perdas humanas, materiais e económicas, dependentes de fatores naturais e das decisões humanas.;
- Desenvolver competências de resolução de problemas e trabalho colaborativo;
- Identificar os valores geoéticos;
- Argumentar sobre o papel da geoética, dos geocientistas e da população em geral na mitigação do risco sísmico e na proteção das populações.

Referencial teórico

1. Sismos

A litosfera é a camada mais externa da parte sólida do nosso planeta. Por ser a camada mais externa, é também a mais fria, o que faz com que tenha um comportamento predominantemente elástico e frágil. Assim sendo, quando submetida a forças (normalmente tectónicas, mas que também podem ter outras origens), a litosfera deforma de forma elástica. Se for atingido o limite de deformação elástica, ocorre uma fratura. A fraturação permite o deslizamento de um bloco rochoso em relação a outro, ao longo de um plano de falha. Um sismo é um evento de fraturação da litosfera, com o subsequente deslizamento de um bloco rochoso em relação ao outro. O hipocentro corresponde assim à zona onde começou a fratura e consequente deslizamento dos blocos.

Os sismos libertam a energia potencial que tinha sido acumulada durante a deformação elástica da litosfera. Parte da energia libertada é utilizada na fracturação das rochas, outra parte perde-se em calor. Há também uma parte da energia libertada que se propaga a partir da falha sob a forma de ondas sísmicas. As ondas sísmicas podem ser detetadas e registadas em aparelhos denominados sismógrafos. Existem dois tipos de ondas sísmicas: as ondas internas (P e S) e as ondas superficiais (de Love e de Rayleigh) ^[1].

2. Risco sísmico

Para além da compreensão dos mecanismos físicos que originam os sismos, é também importante compreender o conceito de risco sísmico, entendido como o resultado da interação entre a perigosidade natural, a vulnerabilidade das populações

e a exposição de pessoas, infraestruturas e bens. Um sismo, enquanto fenómeno natural, não é em si uma catástrofe; torna-se um desastre quando ocorre em contextos socialmente vulneráveis, com construções inadequadas, fraca preparação das populações e ausência de políticas eficazes de prevenção e mitigação. O impacto dos sismos depende tanto das características geofísicas do evento como das decisões humanas relacionadas com o ordenamento do território, a engenharia das construções, a gestão do risco e a proteção civil. Assim, o risco sísmico constitui um conceito profundamente sociocientífico, que exige uma leitura integrada dos sistemas naturais e sociais, evidenciando a responsabilidade humana na redução dos impactos e na proteção das populações. ^[1]

3. Geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta Terra ^[2].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, a engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais ^[2, 3]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária ^[4, 5]. Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura 1.

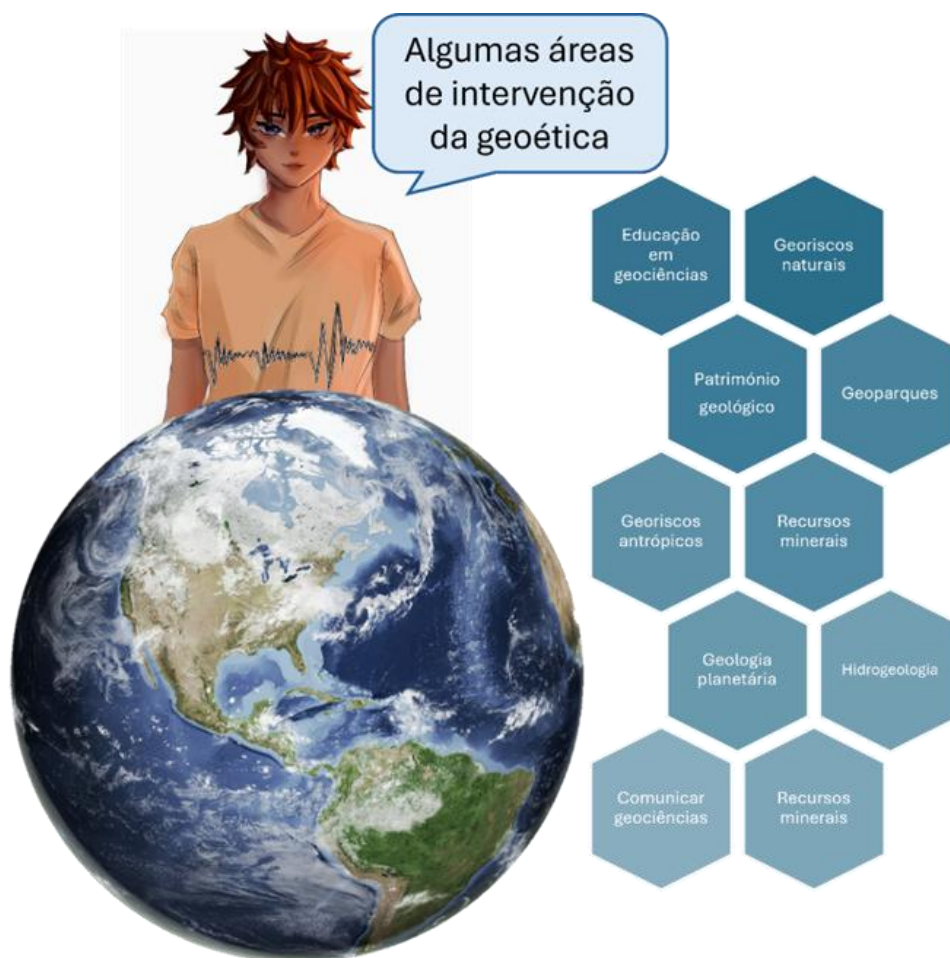


Figura 11. Algumas das áreas de intervenção da geoética.

Atividade 1. Modelação de um sismo e dos seus efeitos em “edifícios”

Procedimento para o educador/professor:

- Instalar a aplicação *Vibrometer*, ou outra semelhante, disponível em: Android: <https://goo.gl/zFPkHX> e iOS: <https://goo.gl/l8CCgi>

Materiais necessários para construir a mesa sísmica:

- Base de uma caixa de cartão
- Cartão grosso (do mesmo tamanho da base)
- 2 paus de gelado
- 5 molas pequenas
- Cola ou fita adesiva

Materiais necessários para a construção dos “edifícios”:

- Marshmallows
- Tesoura (para cortar os marshmallows, se necessário)
- Palitos

Procedimentos para os participantes na atividade:

1. Construir a mesa sísmica conforme a imagem da Figura 2. A superfície preta deve ser colocada sobre as molas.



Figura 2- Mesa sísmica montada.

2. Em grupos de 3 ou 4 elementos, construam pelo menos dois tipos de “edifícios” com os marshmallows e os palitos;



Figura 3- Exemplo de "edifício" construído pelos participantes, sob a mesa sísmica.

3. Testar os edifícios na mesa sísmica: colocar o telemóvel com a aplicação *Vibrometer* instalada e aberta, movimentar os pauzinhos colados na superfície preta e medir a “intensidade do sismo” provocado, através da aplicação.
4. Cada grupo, deve simular diferentes intensidades de sismo, variando a amplitude e a frequência do movimento.
5. Registar o comportamento das estruturas (estabilidade, colapso parcial ou total) e o tempo que demorou até ao colapso.

Questões:

1. Quais os tipos de edifícios que melhor resistiram à simulação sísmica?
2. Quais os fatores estruturais que parecem influenciar a resistência aos sismos?
3. De que forma o conhecimento científico pode contribuir para reduzir o risco sísmico?

Atividade 2. Ciência, risco e decisão geoética

Nos mesmos grupos, analisem e reflitam, sobre o seguinte:

“Uma cidade localizada numa zona sísmica ativa continua a expandir-se sem alterações significativas às normas de construção, apesar do conhecimento científico disponível.”

Tarefas:

- Identificação do problema e dos riscos envolvidos;
- Discussão sobre quem são os principais responsáveis pela tomada de decisão (por exemplo, os cientistas, os geólogos, os engenheiros, os decisores políticos, os cidadãos);
- Utilização dos princípios geoéticos para justificar que decisões deveriam ser tomadas de forma a resolver, ou pelo menos diminuir, o problema identificado.

Reflexão final em grande grupo:

1. Quais foram as principais dificuldades na análise da situação apresentada?
2. O conhecimento científico deve ser ignorado ou valorizado nas decisões diretamente relacionadas com a sociedade?

3. De que forma pode a geoética contribuir para a gestão do risco sísmico numa determinada região?

Referências

- [1] Grotzinger, J, & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.
- [2] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). *The emerging field of Geoethics*. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons.
- [3] Vasconcelos, C.; Schneider-Vos, S.; Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics*; U.Porto: Porto, Portugal.
- [4] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability*, 13, 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- [5] Peppoloni, S. & Di Capua G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S.W. Kieffer & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and Future Perspectives* (pp. 1-17). Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146>

Este recurso educativo foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através da bolsa de doutoramento “Integração Curricular da Bio e da Geoética no Ensino das Ciências: Contributos para uma Cidadania Participativa através da Aprendizagem por Projetos”, com a referência 2021.06518.BD.

Apêndice 14. Recurso educativo 5

Título

Bioética em ação: do uso de animais na investigação biomédica à inteligência artificial na medicina

Resumo

Os avanços científicos e tecnológicos na área da saúde têm contribuído de forma significativa para o diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças. Contudo, estes avanços levantam questões éticas complexas, uma vez que implicam decisões sobre a vida, o sofrimento, o risco e a responsabilidade humana. Historicamente, a investigação biomédica recorreu ao uso de animais como modelo experimental para o desenvolvimento de medicamentos, vacinas e procedimentos médicos. Apesar dos inúmeros benefícios alcançados, esta prática continua a suscitar debate, colocando em tensão a proteção do bem-estar animal, a necessidade de progresso científico e a salvaguarda da saúde humana. Questões como a legitimidade do sofrimento animal, a existência de alternativas experimentais e os limites éticos da experimentação permanecem centrais no debate bioético contemporâneo. Mais recentemente, a introdução da inteligência artificial (IA) na medicina veio acrescentar novos desafios éticos. Atualmente, a medicina recorre a sistemas de IA, quer no apoio ao diagnóstico, quer na análise de exames médicos, ou na definição de tratamentos. Embora estas tecnologias possam aumentar a precisão e a eficiência dos cuidados de saúde, levantam questões relacionadas com a responsabilidade clínica, a transparência das decisões, a proteção de dados pessoais e a confiança nos sistemas tecnológicos. A bioética oferece um enquadramento fundamental para a análise destas questões. Até que ponto é aceitável utilizar animais para beneficiar a saúde humana? Será possível conciliar o progresso científico com o respeito pelo bem-estar animal? Até que ponto é eticamente aceitável delegar decisões médicas a sistemas de inteligência artificial, e quem deve assumir a responsabilidade pelas suas consequências? Estas questões servem de ponto de partida para a atividade, incentivando a participação ativa, o diálogo e a reflexão ética fundamentada.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Promover uma reflexão crítica sobre os desafios éticos associados ao desenvolvimento científico e tecnológico na área da saúde, analisando decisões que envolvem a investigação biomédica, o uso de tecnologias emergentes e as suas implicações para a vida, o bem-estar e a responsabilidade humana.

Objetivos

- Compreender o papel da bioética na análise de decisões relacionadas com o uso de animais na investigação biomédica;
- Reconhecer a bioética como um referencial para enquadrar e analisar o uso de tecnologias emergentes na medicina;
- Identificar diferentes perspetivas, valores e interesses associados ao uso de animais na investigação científica e à aplicação da inteligência artificial em contextos clínicos;
- Desenvolver pensamento crítico e capacidade de argumentação, justificando posições de forma fundamentada;
- Participar em processos de deliberação coletiva, respeitando a diversidade de opiniões e pontos de vista;
- Refletir sobre os limites éticos e as responsabilidades associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico na área da saúde.

Referencial teórico

2. Bioética

A bioética é um campo de reflexão que surgiu da necessidade de pensar criticamente as consequências éticas do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a vida humana, os outros seres vivos e os ecossistemas. O termo *bioética* foi inicialmente proposto por Fritz Jahr, em 1927, ao defender que o respeito moral deveria abranger todas as formas de vida, humanas e não humanas. Mais tarde, Van Rensselaer Potter aprofundou esta

perspetiva ao conceber a bioética como uma “ponte para o futuro”, capaz de articular ciência, valores éticos e responsabilidade social num mundo marcado por rápidas transformações tecnológicas.

Tradicionalmente associada à medicina e às ciências da saúde, a bioética expandiu-se progressivamente para além do contexto clínico, passando a incluir questões relacionadas com a biotecnologia, a genética, a experimentação científica, a relação entre humanos e outros seres vivos, a justiça no acesso aos recursos e os impactos das decisões científicas sobre as gerações futuras. Esta evolução conduziu ao desenvolvimento da chamada *bioética global*, que reconhece a interdependência entre saúde humana, ambiente, tecnologia e justiça social [7, 8].

Um dos quadros mais utilizados para orientar a reflexão bioética baseia-se em quatro princípios fundamentais: autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. Estes princípios não fornecem respostas automáticas, mas funcionam como ferramentas de análise que ajudam a ponderar decisões complexas, identificar conflitos de valores e justificar escolhas de forma fundamentada. Em muitas situações, os princípios entram em tensão entre si, exigindo deliberação cuidadosa e reconhecimento da incerteza [9].

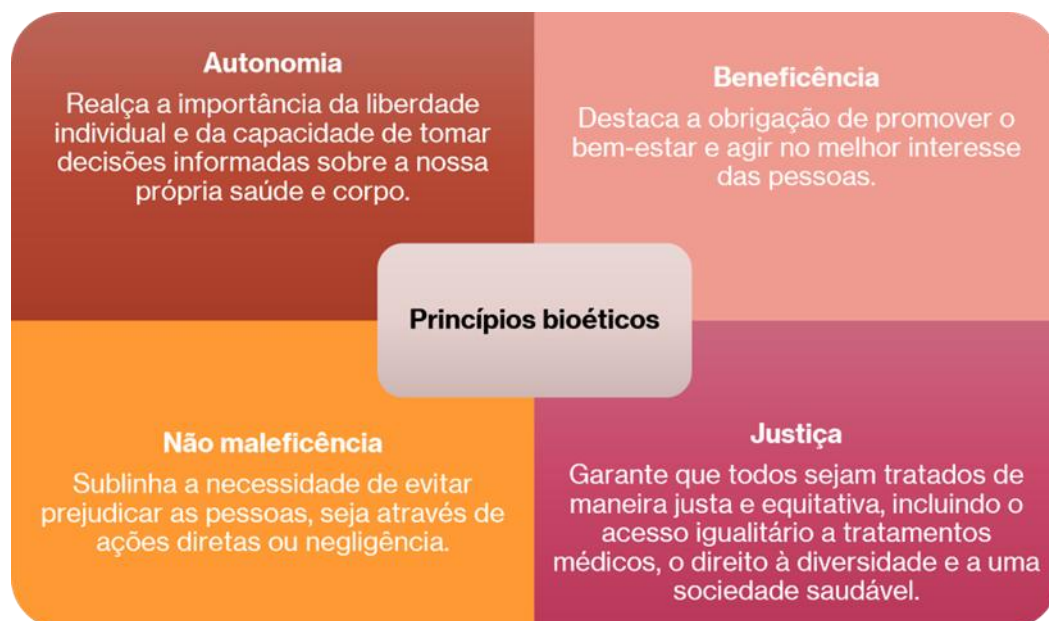


Figura 12- Os quatro princípios bioéticos fundamentais.

Ao longo deste recurso, estes princípios irão funcionar como ferramentas de análise para apoiar a tomada de decisões sobre as questões apresentadas.

No contexto educativo, a bioética assume um papel particularmente relevante ao permitir que os alunos compreendam que o conhecimento científico não é neutro nem isento de consequências. Assim, a bioética contribui para formar cidadãos capazes de compreender

a complexidade dos problemas científicos contemporâneos, reconhecer limites e riscos, respeitar a diversidade de perspetivas e participar de forma consciente e responsável nas decisões que afetam a vida no planeta.

As áreas de intervenção da bioética são diversas, tal como evidencia a Figura 2.

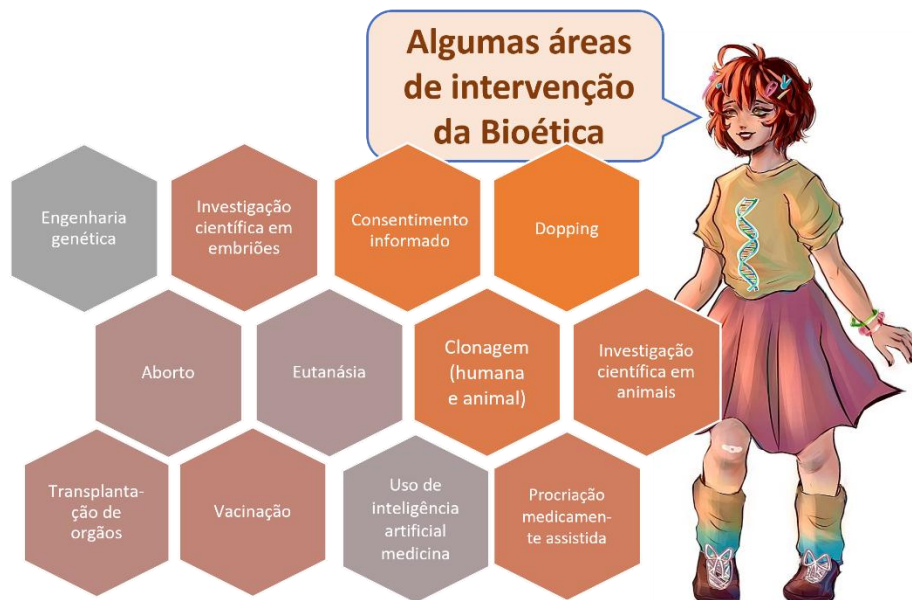


Figura 13- Algumas das muitas áreas de intervenção da Bioética.

2. Animais na investigação científica

O uso de animais na investigação científica tem desempenhado um papel relevante no desenvolvimento da medicina, da farmacologia e do conhecimento biomédico, contribuindo para avanços significativos na prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças. No entanto, esta prática continua a suscitar debate e controvérsia, levantando questões éticas complexas relacionadas com o bem-estar animal, os limites da experimentação científica e a responsabilidade humana perante outras formas de vida.

A bioética oferece um enquadramento fundamental para analisar estas questões, ao permitir refletir sobre a relação entre benefícios científicos, sofrimento animal, alternativas disponíveis e valores sociais. Princípios como a redução do número de animais utilizados, a minimização do sofrimento e a procura de métodos alternativos constituem referenciais éticos amplamente reconhecidos, mas cuja aplicação prática envolve decisões difíceis e, muitas vezes, controversas.

3. O recurso à inteligência artificial na medicina

A Inteligência Artificial (IA) refere-se a sistemas informáticos capazes de analisar grandes quantidades de dados e apoiar a tomada de decisões. Na medicina, a IA é atualmente utilizada para ajudar no diagnóstico de doenças, na análise de exames médicos e na

escolha de tratamentos mais adequados. Estudos mostram que estas tecnologias podem aumentar a rapidez e a precisão dos cuidados de saúde, beneficiando quer os pacientes, quer os médicos (Topol, 2019).

No entanto, o uso da IA na medicina levanta importantes questões éticas. Quando um sistema informático participa numa decisão médica, torna-se necessário questionar quem é responsável por essa decisão: o médico, a instituição de saúde ou a própria tecnologia. Além disso, muitos sistemas de IA baseiam-se em algoritmos difíceis de compreender, o que pode dificultar a explicação das decisões tomadas (OMS, 2021). Outra preocupação central está relacionada com a proteção dos dados pessoais dos pacientes. Os sistemas de IA utilizam grandes volumes de informação clínica, o que exige cuidados especiais para garantir a privacidade e evitar utilizações indevidas. Por fim, ainda há o risco de as decisões tomadas não serem as mais corretas, uma vez que os algoritmos podem reproduzir desigualdades já presentes nos dados utilizados para os treinar (Comissão Europeia, 2019).

Atividade I. Em linha com a bioética: o uso de animais na investigação científica

Procedimento:

1. Os participantes analisam alguns dados sobre o uso de animais na investigação científica (Figura 3);



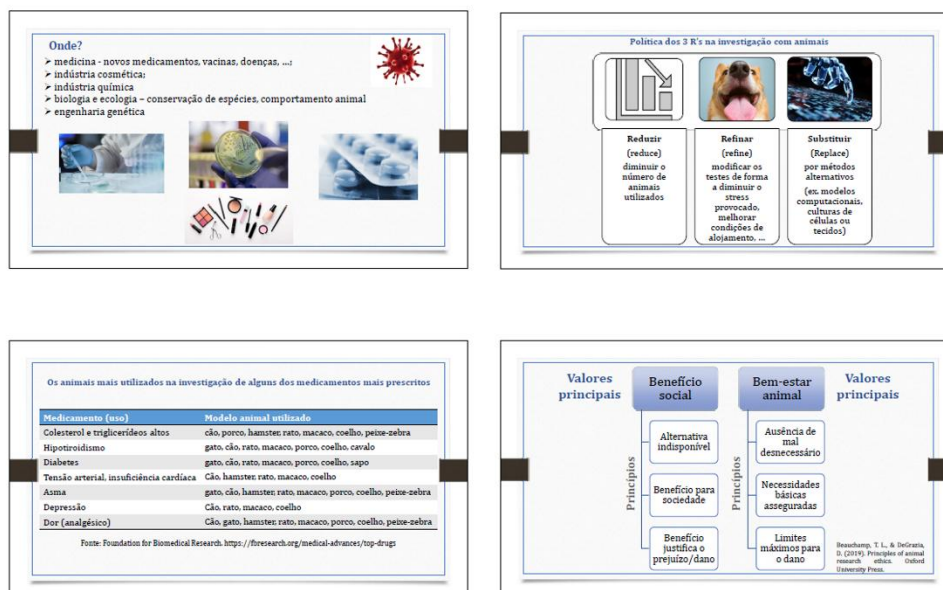


Figura 14. Alguns dados sobre o uso de animais em investigação científica facultados aos participantes.

2. A atividade decorre num espaço amplo, preferencialmente no exterior. Define-se uma linha imaginária ou física, em que uma extremidade corresponde a “Concordo totalmente” e a outra a “Discordo totalmente”, representando um *continuum* de posições possíveis;
3. O dinamizador/educador lê uma afirmação relacionada com o uso de animais na investigação biomédica (conforme a lista apresentada na Figura);

1. A investigação científica com animais é aceitável se contribuir para a cura de doenças graves em humanos.
2. É melhor usar animais em estudos científicos do que testar novos medicamentos diretamente em humanos.
3. Deveríamos investir mais em métodos alternativos que não envolvam o uso de animais em investigações.
4. Os avanços médicos justificam o uso de animais superiores em investigação, como cães ou primatas.
5. O uso de roedores em investigação é mais aceitável do que o uso de primatas.
6. Todas as experiências com animais são éticas, desde que obedeçam a rigorosas regulamentações e os animais tenham condições de alojamento satisfatórias e não sejam sujeitos a sofrimento e dor.
7. Os benefícios da investigação científica para os humanos não justificam o uso de animais.
8. A investigação científica envolvendo animais é aceitável apenas quando não há alternativas disponíveis.
9. Os direitos dos animais devem ser tão importantes quanto os humanos.
10. O uso de animais em investigações biomédicas é essencial para garantir a segurança de medicamentos e vacinas no ser humano.

Figura 15. Conjunto de afirmações sobre o uso de animais na investigação científica usadas na atividade prática no exterior.

4. Após cada afirmação, os participantes deslocam-se ao longo da “linha”, posicionando-se de acordo com o seu grau de concordância ou discordância (é

explicitado que não existem respostas certas ou erradas, sendo valorizada a diversidade de posições).

5. Depois de estabilizado o posicionamento, alguns participantes são convidados a explicar as razões da sua escolha (sempre que pertinente, o dinamizador/educador pode relacionar os argumentos apresentados com princípios bioéticos como a beneficência, a não maleficência, a autonomia e a justiça).
6. A dinâmica repetiu-se para cada afirmação, permitindo que os participantes ajustassem ou mantivessem as suas posições depois de ouvirem as justificações dos colegas.

Questões:

No final da atividade, promove-se uma reflexão coletiva orientada por questões como:

1. Foi fácil ou difícil tomar uma posição clara? Porquê?
2. Quais as afirmações que geraram mais dúvidas ou desconforto? Justifiquem.
3. As vossas opiniões mudaram após ouvir os argumentos dos colegas?
4. Reflitam sobre quais os princípios éticos mais fáceis e mais difíceis de ponderar?

Atividade II.

Procedimento:

1. Análise de pequeno documento informativo sobre o uso de IA na medicina, apresentado na Figura 5, em grupos de dois elementos.

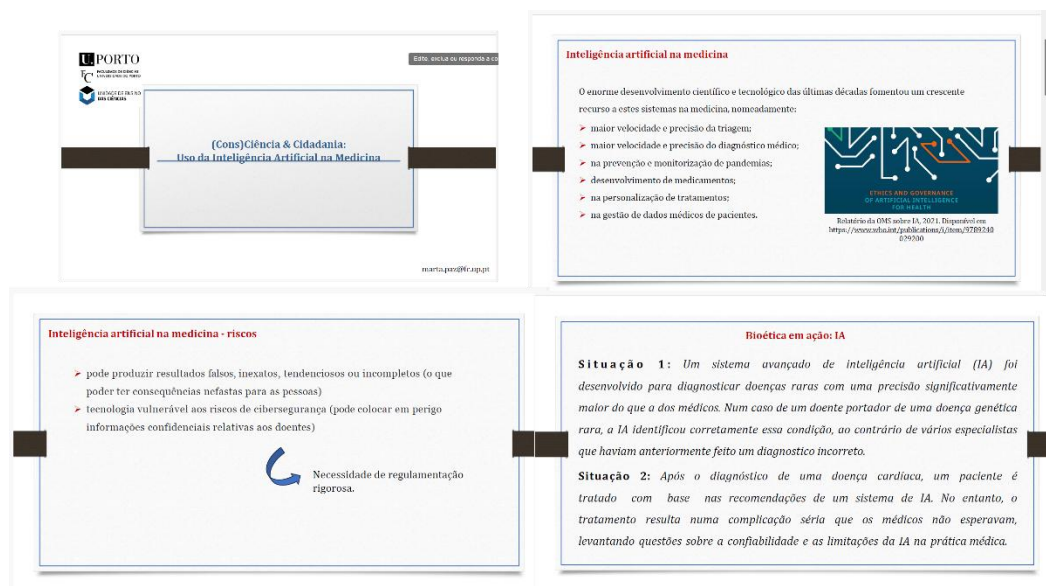


Figura 16. Documentos sobre o uso de IA na medicina disponibilizados aos participantes.

2. Individualmente, os participantes respondem às questões:

2.1. Como vês o uso de IA na medicina? Justifica a tua resposta.

(no caso de participantes mais jovens, podem ser facultadas algumas opções de resposta, como: (i) a IA deve ser amplamente utilizada para melhorar a rapidez e precisão dos diagnósticos médicos; (ii) a IA deve ser usada apenas como uma ferramenta de apoio às decisões dos médicos; (iii) os riscos de erros e complicações são elevados, pelo que não devemos ficar dependentes da IA; (iv) os pacientes devem sempre ter poder de escolha, decidindo se querem, ou não, ser tratados com o auxílio de IA; outra opção.

2.2. Qual o princípio bioético mais importante para fundamentar a tua posição?

3. Partilha das respostas e discussão das mesmas em grupo alargado, à luz dos princípios bioéticos.

Referências

- [1] Neves, M. C. P., & Osswald, W. (2007). *Bioética simples*. Lisboa: Verbo.
- [2] UNESCO (2006). *Universal declaration on bioethics and human rights*. UNESCO publishing <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180E.pdf>.
- [3] Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of biomedical ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- [4] Cooke, C., & Hubbard, A. (2022). Bringing Bioethics to the Natural Sciences Classroom: A Case Study Approach. *The American Biology Teacher*, 84, 279 - 283 <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.5.279>.
- [5] Araújo, J., Gomes, C. C., Jácomo, A., & Pereira, S. M. (2017). Teaching bioethics in high schools. *Health Education Journal*, 76(4), 507-513. <https://doi.org/10.1177%2F0017896917690566>
- [6] Hubrecht, R., & Carter, E. (2019). The 3Rs and Humane Experimental Technique: Implementing Change. *Animals*, 9. <https://doi.org/10.3390/ani9100754>.
- [7] Walker, R. (2020). Can We Do without Respect and Justice in Animal Research Ethics?. *The Hastings Center report*, 50 5, 46-47 . <https://doi.org/10.1002/hast.1187>.
- [8] Organização Mundial da Saúde (OMS) (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health*. Disponível em <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
- [9] Comissão Europeia (2019). *Orientações éticas para uma IA de confiança*. Disponível em <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pt/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- [10] UNESCO (2022). *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Unesco publishing Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137.locale=en>
- [11] Topol, E. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again* Basic Books.

Este recurso educativo foi financiado pela FCT, através da bolsa de doutoramento “Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos”, com ref: 2021.06518.BD.

Apêndice 15. Recurso educativo 6

Título

Desequilíbrios nos ecossistemas urbanos: a ação geoética como garantia de maior capacidade de resposta das cidades perante fenómenos climáticos extremos

Resumo

As alterações climáticas dizem respeito a mudanças nas temperaturas e nos padrões climáticos a longo prazo. Estas alterações podem ser naturais ou antrópicas, e materializam-se no aquecimento da temperatura média da superfície terrestre, na ocorrência de alterações nos padrões de precipitação e no aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Uma rede de transportes públicos moderna e eficiente é uma das formas das cidades diminuírem o número de veículos individuais no espaço urbano, promovendo a sustentabilidade. A ampliação da rede de transporte do Metro do Porto é uma obra de grande envergadura da cidade. Em janeiro de 2023, uma precipitação forte, num curto período, originou inundações nunca vistas em algumas zonas da cidade, com vários prejuízos para muitos comerciantes e moradores dos locais afetados. Será que se poderia ter evitado, totalmente, ou em parte, a situação? Que contributo pode a geoética oferecer em situações semelhantes? Com o presente trabalho vamos tentar responder a estas questões.

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas



Finalidade

Reconhecer a geoética como importante na redução do risco e na mitigação de danos provenientes de desastres naturais e antrópicos.

Objetivos

- Compreender a ligação entre as ações antrópicas e as alterações climáticas;
- Perceber que os fenómenos climáticos não podem ser evitados, mas os seus efeitos podem ser reduzidos;

- Debater o papel dos geocientistas e da geoética na prevenção e mitigação de desastres naturais e antrópicos.

Referencial teórico

Para relembrar...

Um sistema é definido como um conjunto de diferentes componentes, organizados entre si e em interação uns com os outros. A Terra é um sistema aberto formado por cinco subsistemas em constante interação e que trocam entre si matéria e energia: a atmosfera, a biosfera, a criosfera, a geosfera e a hidrosfera.[1]

1. A geoética

A geoética é uma área científica interdisciplinar, que envolve conhecimentos não apenas das geociências, mas também da filosofia, sociologia ou da economia. Na sua área de estudo encontra-se a reflexão sobre a forma como o ser humano interage com o planeta terra [2].

Os geocientistas são profissionais que se ocupam do estudo das ciências da Terra, englobando diversas disciplinas relacionadas com a composição, a estrutura, os processos e os fenómenos que ocorrem no planeta. Assim, estes profissionais podem atuar em diversas áreas, como a geologia, e engenharia, a geofísica, a geoquímica, a meteorologia, a oceanografia, a educação, entre outras. A geoética fornece um alicerce ético, capaz de nortear as atividades dos geocientistas, assegurando que eles desempenham a sua ação de uma forma responsável e sustentável, incorporando na sua tomada de decisão não apenas os aspetos científicos, mas também valores éticos, sociais e culturais [2, 3]. Para além disso, a geoética pode ajudar as pessoas a (re)avaliar e (re)orientar o seu comportamento, ajustando-o para atividades humanas alternativas que possam contribuir para a sustentabilidade planetária [4, 5]. Algumas áreas de intervenção da geoética encontram-se ilustradas na figura 1.



Figura 17- Áreas de intervenção da geoética.

2. Alterações climáticas

As alterações climáticas são transformações significativas e duradouras nos padrões climáticos da Terra. Estas mudanças incluem o aumento das temperaturas médias globais, a ocorrência de eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos, o derretimento das calotes polares e o aumento do nível do mar. A principal causa das alterações climáticas é a atividade humana, em particular, a emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (NH_3), provenientes da queima de combustíveis fósseis, da desflorestação, de atividades agrícolas intensivas e de outras atividades industriais.

De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU [6], as alterações climáticas representam uma ameaça real para o planeta, para os ecossistemas e a própria vida humana. Os seus impactes (fig. 2) incluem o aumento da frequência de ondas de calor, secas prolongadas, inundações, degelo, deslocamento de populações (devido ao aumento do nível do mar ou à falta de água/alimentos) e a perda de biodiversidade. Além disso, as alterações climáticas

têm efeitos socioeconómicos, afetando a segurança alimentar, a saúde pública e a estabilidade política.



Figura.2 – Alguns efeitos das alterações climáticas.

Os fenómenos climáticos extremos, como precipitações intensas, ondas de calor ou tempestades, fazem parte da dinâmica natural do Sistema Terra. No entanto, os seus impactos sobre as populações humanas não dependem apenas da intensidade do fenómeno, mas também das características dos territórios e das sociedades afetadas. Em geociências, o risco resulta da combinação entre o perigo (fenómeno natural potencialmente danoso), a exposição (pessoas, bens e infraestruturas em zonas suscetíveis) e a vulnerabilidade (condições sociais, económicas, urbanísticas e ambientais). Assim, um mesmo evento climático pode ter consequências muito diferentes consoante o contexto em que ocorre.

Nas cidades, fatores como a impermeabilização dos solos, a ocupação de leitos de cheia e a insuficiência dos sistemas de drenagem aumentam a vulnerabilidade a episódios de precipitação intensa, sobretudo num contexto de alterações climáticas. A geoética destaca que muitos desastres resultam não apenas de fenómenos naturais, mas também de decisões humanas, como o planeamento urbano e a gestão do território, que envolvem responsabilidades éticas face à segurança das populações e à justiça social. Reconhecer o risco como uma construção socioambiental é essencial para promover cidades mais resilientes e sustentáveis.

3. Cidades sustentáveis

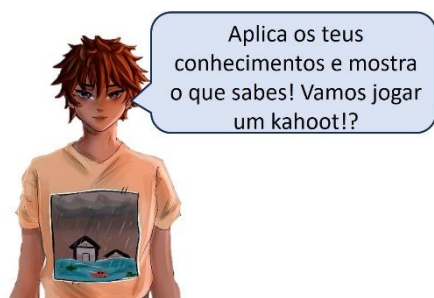
As cidades de todo o mundo apresentam diferentes condições e desafios para o desenvolvimento sustentável. Os desafios da sustentabilidade urbana abrangem um amplo espectro de questões ambientais, sociais, económicas e políticas. Questões como o excesso de tráfego automóvel, poluição atmosférica e sonora, enormes quantidades de resíduos sólidos, consumo elevado de energia e outros desafios ligados às alterações climáticas. As questões sociais, como a segregação, aumento de pobreza e crescentes tensões sociais, também fazem parte destes desafios.[7].

Para fazer face a estes enormes desafios e mitigar os seus riscos torna-se necessário construir cidades socialmente inclusivas, amigas do ambiente e economicamente sustentáveis [8]. Assim, é essencial que o poder político adote soluções inovadoras que possam contribuir para a construção de cidades mais sustentáveis. Um desses exemplos é a ampliação da rede de transportes públicos, mais sustentáveis e eficientes que o automóvel particular, a utilização de fontes de energia renováveis e a construção de coberturas verdes ou jardins verticais (fig.3).



Figura 3 – Alguns exemplos que promovem a sustentabilidade das cidades.

Vamos jogar?



Apresentação do caso

Analisa com atenção os documentos A, B e C disponibilizados.

Documento A

Mau tempo provocou inundações na baixa do Porto

A cidade do Porto foi afetada pelo mau tempo na manhã deste sábado. Registaram-se várias inundações no centro da cidade, sobretudo junto à estação de metro de São Bento. A Câmara do Porto considera que as obras de alargamento do metro poderão ter agravado a situação, mas a empresa já veio descartar qualquer ligação entre as obras e as inundações. De acordo com o vice-presidente da Câmara do Porto, registaram-se 56 ocorrências na cidade. "Tivemos uma tormenta, tivemos uma grande queda de água num curto espaço

de tempo", reconheceu Filipe Araújo. Ao início da tarde, a estação de metro de São Bento ficou inundada e teve de ser encerrada, mas foi, entretanto, reaberta. A circulação na linha amarela entre a estação da Trindade e o Jardim do Morro, em Vila Nova Gaia chegou mesmo a estar interrompida. Na baixa da cidade, a equipa de reportagem da RTP constatou que a situação está praticamente normalizada em várias ruas afetadas pelo mau tempo. Ainda não é possível circular de carro, mas já há acessos pedonais. Nesta altura, os comerciantes estão preocupados com as previsões meteorológicas para a próxima madrugada. Em declarações aos jornalistas, o vice-presidente da Câmara do Porto garantiu que todas as ocorrências estavam, pelas 16h00, "praticamente resolvidas". Filipe Araújo vincou que a autarquia estava "preparada para a intempérie", mas não esperava para o que aconteceu na Rua Mouzinho da Silveira, junto à estação de São Bento e da Ribeira. "O que não estávamos preparados era para aquilo que aconteceu na Rua Mouzinho da Silveira, que de facto é um fenómeno que nunca a cidade o viu neste espaço", salientou, lembrando as obras em curso da Metro do Porto naquela rua que continua cortada. "Estamos perante uma obra a decorrer (...) e que terá certamente provocado algumas alterações, que estamos a estudar com outros peritos, mas isso é normal. Uma obra às vezes pode provocar esse tipo de alterações", declarou.

Sobre as previsões das próximas horas, que apontam para um agravamento do estado do tempo durante a madrugada de domingo, o responsável admitiu que o cenário de inundações poderá repetir-se em caso de novo episódio de chuva intensa. Por sua vez, o porta-voz da Metro do Porto negou qualquer relação entre as obras na linha do metro e as consequências das cheias.

Notícia adaptada da RTP, de 07/01/2023, disponível em https://www.rtp.pt/noticias/pais/mau-tempo-provocou-inundacoes-na-baixa-do-porto_n1458543

Documento B



Faz scan do QR Code com o teu telemóvel, para que possas visualizar o vídeo.

Documento C

Relatório avança que obras do Metro do Porto agravaram impacto das cheias de janeiro

Relatório avança que obras do Metro do Porto agravaram impacto das cheias de janeiro. Documento produzido pelo LNEC adianta que trabalhos de alteração da rede de drenagem e as características do estaleiro da empreitada contribuíram para que as inundações escalassem. Teria existido inundação na mesma, mas as obras do Metro do Porto agravaram o impacto que as cheias tiveram no eixo onde estão as ruas Mouzinho da Silveira e das Flores, na Baixa do Porto. Este é o resultado do relatório produzido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), encomendado pela empresa de transportes do Metro do Porto, para apurar a interferência dos trabalhos em curso, naquela zona, quando a água inundou, no início do ano, aqueles arruamentos e entrou dentro de estabelecimentos e outros imóveis, tendo causado prejuízos aos proprietários e arrendatários dos espaços em causa. O documento finalizado em julho, a que o PÚBLICO teve acesso, refere que “Da análise dos resultados, conclui-se que teria existido inundação relevante na zona de interesse, mesmo que não estivessem a decorrer as obras em análise. Verificou-se igualmente que as alterações à rede de drenagem e à superfície urbana alteraram as condições de escoamento, ocorrendo, em alguns locais, agravamento da inundação”, lê-se. Da produção do documento resultaram algumas recomendações gerais direcionadas à empresa como esta: “Recomenda-se genericamente que seja melhorada a consideração da circulação da água no espaço urbano e que seja reconhecida a relevância da integração dessa preocupação na atuação diária da Metro do Porto.” E, de uma forma sucinta, elenca outras: “que as alterações provisórias efetuadas na rede de drenagem enterrada sejam antecipadamente analisadas com a entidade que gere esta infraestrutura. Sendo necessário efetuar estas alterações, que seja assegurada a capacidade de vazão existente”; “que os materiais depositados ou soltos no estaleiro sejam contidos por forma a evitar o seu arrastamento e a colmatção das sarjetas e sumidouros a jusante, cuja superfície deve encontrar-se desobstruída”; “que em locais com uma ocupação vasta da superfície por fronteiras fixas (p. exemplo, estaleiros), sejam utilizados tapumes que permitam a passagem de água ou sejam efetuados desvios para locais que permitam a acumulação temporária de água

em excesso”; “que os acessos às estações de metro sejam sobrelevados em relação à superfície circundante e que o alinhamento da entrada não coincida com o sentido predominante do escoamento à superfície”...

Notícia adaptada do Jornal Público de dia 30/08/2023. Disponível em <https://www.publico.pt/2023/08/30/local/noticia/relatorio-avanca-obras-metro-porto-agravaram-impacto-cheias-janeiro-2061606>

Atividade

Após a exploração dos documentos fornecidos, em grupos de 2 elementos, responde às seguintes questões:

1. Relaciona o caso apresentado nos três documentos com o fenómeno das alterações climáticas.
2. O fenómeno ocorrido no dia 7 de janeiro de 2023, na baixa da cidade do Porto, foi um fenómeno natural ou antrópico? Justifica a tua posição.
3. Indica medidas concretas que poderiam ter sido tomadas pela empresa Metro do Porto, de forma a reduzir o risco de ocorrência destas inundações na zona em questão.
4. Os responsáveis pela obra do Metro do Porto revelaram um comportamento geoético? Justifica a tua resposta.
5. A resiliência diz respeito à capacidade de recuperar de adversidades. Tendo este conceito por base, de que forma pode a geoética contribuir para tornar as cidades mais resilientes aos fenómenos climáticos extremos?

Atividade de ampliação

Visualiza com atenção o vídeo: Que perguntas têm as crianças sobre as alterações climáticas?, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tn4k3FjwJRI> ou através do QR Code.



Em grupos de 4 elementos, analisa e explora o conteúdo do vídeo, respondendo, em seguida, às seguintes questões:

1. Quais os subsistemas terrestres referidos no vídeo?
2. Identifica 4 interações entre os subsistemas terrestres abordadas no vídeo.

3. Na entrevista apresentada, a geógrafa, Dra. Ana Monteiro refere que os decisores políticos sabem menos sobre o sistema climático do que um pescador ou um agricultor. Na tua opinião, a que se deve este facto?
4. “Quem decide não somos nós, são os políticos.” Concordas com esta afirmação da cientista entrevistada? Por favor, justifica a tua resposta.
5. Na resposta à primeira questão, a Dra. Ana Monteiro termina afirmando: “Estamos a tempo. Temos é de mudar de atitude, não é?”. De que forma pode a geoética contribuir para esta alteração de atitude? Dá alguns exemplos concretos.

Referências

- [6] Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2020). *Understanding Earth* (8ª Edição). Macmillan.
- [7] Bobrowsky, P., Cronin, V.S., Di Capua, G., Kieffer, S.W. & Peppoloni, S. (2018). *The emerging field of Geoethics*. Em L.C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences* (pp. 175-212). John Wiley & Sons.
- [8] Vasconcelos, C.; Schneider-Vos, S.; Peppoloni, S. (2020). *Teaching Resources for Higher Education Geoethics*; U.Porto: Porto, Portugal.
- [9] Vasconcelos, C. & Orion, N. (2021). Earth Science Education as a Key Component of Education for Sustainability. *Sustainability*, 13, 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- [10] Peppoloni, S. & Di Capua G. (2020). Geoethics as global ethics to face grand challenges for humanity. In G. Di Capua, P. T. Bobrowsky, S.W. Kieffer & C. Palinkas (Eds.), *Geoethics: Status and Future Perspectives* (pp. 1-17). Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/SP508-2020-146>
- [11] IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- [12] Bouzguenda, I., Alalouch, C., & Fava, N. (2019). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101627.
- [13] Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Foth, M., Sabatini-Marques, J., Da Costa, E., & Ioppolo, G. (2019). Can cities become smart without being sustainable? A systematic review of the literature. *Sustainable cities and society*, 45, 348-365.

Apêndice 16. Correção do teste de Geoética

Questão	Resposta esperada
Q1. O que é para ti a ética? (se não souberes explicar, podes apenas escrever algumas palavras que associes à ética)	Esperava-se que os participantes identificassem a ética como um conjunto de princípios ou valores que orientam as ações humanas, ajudando a distinguir o que é certo ou errado, a tomar decisões responsáveis e a considerar as consequências dessas decisões para os outros e para a sociedade.
Q2. O que estuda a "geoética"?	
a) A geoética analisa e reflete sobre as interações entre o ser humano e o sistema Terra.	
b) A geoética analisa e estuda as rochas e os minerais.	a
c) A geoética ocupa-se da análise e estudo de sismos e vulcões.	
d) Não sei responder.	
Q3. Na tua opinião, em que situações podes ter comportamentos geoéticos?	
(escolhe todas as opções que penses estarem corretas)	
a) em casa.	
b) na escola.	
c) numa visita de estudo.	
d) quando vais acampar.	h
e) quando vais às compras.	
f) quando estás na praia.	
g) quando escolhes o teu meio de transporte.	
h) em todas as situações anteriormente enunciadas.	
i) em nenhuma das situações mencionadas.	
Q4. Quanto vais às compras, por exemplo de alimentos ou roupa, tens preocupação em analisar os rótulos dos produtos que adquires e verificas se provêm de práticas sustentáveis?	
a) Não. Penso que a minha ação individual não tem influência ao nível global.	Não aplicável
b) Sim, pois as ações individuais são cumulativas e acabam por ter influência ao nível global.	
c) Sim, mas por vezes o preço do produto é o mais importante para a minha escolha.	
d) Não sei responder/não tenho opinião formada.	

Q5. Quando tomas banho preocupas-te com a quantidade de água e energia que gastas?

- a) Não, para mim é mais importante tomar banhos quentes e longos.
- b) Não, a minha ação individual não tem influência ao nível global.
- c) Sim, mas continuo a tomar banhos quentes e longos.
- d) Sim, tento tomar banhos rápidos e com água morna.

Q6. O Dr. Rocha, encontra-se agora a trabalhar na construção de um novo hospital que vai beneficiar cerca de 200 000 utentes. Durante os trabalhos, encontra uma jazida de fósseis de uma espécie desconhecida. O Dr. Rocha fica indeciso sobre o que fazer, mas acaba por não divulgar a jazida de fósseis, de forma a não comprometer a construção do hospital e a evitar as perdas económicas e de tempo que iriam ser impostas pela escolha de um novo local. Concordas com a decisão do Dr. Rocha?

b

- a) Sim, concordo.
- b) Não concordo. O Dr. Rocha devia ter comunicado a descoberta aos superiores e esperado que a decisão sobre a continuação da obra ou não fosse tomada pelo poder local.
- c) Sim, concordo. Mas antes tentaria retirar alguns fósseis para depois os vender.
- d) Não sei responder/não tenho opinião formada.

Q7. Numa região ativa sismicamente, um geólogo, Dr. Rocha, descobre fortes evidências de que um novo sismo poderá acontecer muito em breve. A população tem o direito a ser informada, mas esta notícia poderá desencadear o pânico na comunidade, caso não seja corretamente divulgada. O Dr. Rocha decide divulgar todas as informações aos meios de comunicação social. Concordas com a decisão do Dr. Rocha?

- a) Não, o Dr. Rocha não devia ter divulgado as informações. Ao divulgar aos meios de comunicação está a promover o pânico desnecessário da população.
 - b) Não, o Dr. Rocha devia ter divulgado imediatamente as informações, mas apenas às autoridades locais, para que estas pudessem elaborar um plano e comunicá-lo convenientemente às populações.
 - c) Sim, concordo. Os meios de comunicação social são a forma mais rápida da informação chegar a toda a população, que depois pode decidir o seu modo de atuar perante o problema.
 - d) Não sei responder/não tenho opinião
-

b

Apêndice 17. Correção do teste de Bioética

Questão	Resposta correta
Q1. O que estuda a "bioética"? a) A bioética estuda questões do âmbito das ciências da vida e da saúde. b) A bioética estuda questões do âmbito da proteção do meio ambiente. c) A bioética estuda questões do âmbito das tecnologias da informação. d) Não sei responder.	a
Q2. Quais os 4 princípios bioéticos fundamentais? a) liberdade, justiça, beneficência e não beneficência. b) autonomia, beneficência, justiça e honestidade. c) autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. d) Não sei responder.	c
Q3. Qual a tua opinião sobre o uso de embriões humanos na investigação científica? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, dependendo da situação. d) Não sei responder/não tenho opinião formada. Caso tenhas respondido a, b ou c, por favor justifica a tua resposta.	Não aplicável
Q4. Concordas com a utilização de animais como cobaias na investigação científica? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, dependendo da situação. d) Não sei responder/não tenho opinião formada.	Não aplicável
Q5. O que pensas sobre a utilização da inteligência artificial na tomada de decisões médicas (por exemplo, fazer diagnósticos ou decidir tratamentos)? a) Concordo. b) Não concordo. c) Concordo, mas apenas em determinadas situações. d) Não sei responder/não tenho opinião formada. Caso tenhas respondido a, b ou c, por favor justifica a tua resposta.	Não aplicável
Q6. Uma pequena cidade no interior do país tem enfrentado surtos frequentes de uma doença infecciosa, que pode ser prevenida através de medidas simples, como por exemplo, a vacinação, a lavagem frequente das mãos e, no caso de sintomatologia, o distanciamento social. O médico responsável pelo centro de saúde local, o Dr. Barriga, tem atendido cada vez mais pacientes doentes. Infelizmente, muitas pessoas da pequena comunidade não estão a seguir as orientações do médico, recusando inclusivamente a vacinação e os comportamentos de higiene básicos. O Dr. Barriga preocupa-se muito com os seus doentes e com a comunidade, mas sabe que também deve respeitar o seu direito à autonomia. O que farias se estivesses na situação do Dr. Barriga? a) Recusava-me a tratar os pacientes que não seguissem as minhas indicações. b) Continuava a tentar educar os meus pacientes para terem comportamentos de higiene básicos (lavagem das mãos, distanciamento social no caso de terem sintomas) e para se vacinarem contra a doença, de forma a diminuir o contágio. c) Deixava de tentar educar os meus pacientes, uma vez que cada um tem direito à sua decisão pessoal. d) Outra opção: _____. e) não sei responder/não tenho opinião formada.	a ou b.

Q7. És um(a) atleta talentoso(a) e foste selecionado(a) para representar Portugal numa competição internacional da modalidade. O teu treinador está a pressionar-te para usares substâncias ilícitas que poderiam aumentar o teu desempenho físico de forma significativa na competição. O que fazes?

- a) Tomas as substâncias, pois provavelmente os outros atletas também o fazem e assim a competição torna-se mais justa.
 - b) Não tomas as substâncias, pois podem ter efeitos secundários negativos para o teu corpo.
 - c) Tomas as substâncias, pois não aguentas a pressão para obter bons resultados.
 - d) Não tomas as substâncias, pois isso seria alterar as regras da competição, tornando-a mais injusta.
 - e) Outra opção: _____.
 - f) Não sei responder/não tenho opinião formada.
-

Apêndice 18. Acordo de cooperação



Declaração de Consentimento informado

Título da investigação: Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos

Nome da investigadora principal: Marta Paz

Orientadora científica: Professora Doutora Clara Vasconcelos

Contactos do investigadora principal: (+351) 962863175 ; marta.paz@fc.up.pt

Eu, Zé Carlos Soares, responsável pela instituição Associação de Solidariedade da Zona das Fontainhas, declaro que:

- A. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as informações verbais que me foram transmitidas pela investigadora principal acima referida, sobre a investigação supracitada;
- B. Tive a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte da investigadora principal;
- C. A participação da minha instituição na investigação mencionada incluirá a autorização da presença da investigadora principal nas instalações da instituição;
- D. Autorizo que a investigadora principal desenvolva e aplique recursos educativos no âmbito da investigação mencionada, assim como a administração de questionários e a realização de entrevistas, nos termos e datas acordados entre ambas as partes;
- E. Tenho conhecimento de que a presente investigação é orientada cientificamente pela Professora Doutora Clara Vasconcelos (da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto);
- F. Compreendi que a participação na investigação é voluntária e que a instituição que represento poderá desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da colaboração entre as partes envolvidas;
- G. Percebi que os dados recolhidos serão tratados de forma anónima por parte da investigadora principal;
- H. Entendi que a Investigadora principal irá armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e totalmente confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que todos os dados serão utilizados exclusivamente para os fins da investigação em causa.



O/A representante da instituição:

José Carlos Almeida
Data: *26/07/2023*

ASSOCIAÇÃO DE SÓLIDARIEDADE
— DA —
ZONA DAS FONTAÍNIAS
Rua do Sol, 14 – 4000-527 PORTO
aszf@hotmail.com – Cont. N.º 501 634 541

A investigadora principal:

Assinado por: **MARTA CRISTINA DE SOUSA PAZ**
Num. de Identificação: 10772677
Data: 2023.07.24 12:37:17+01'00'

 **CHAVE MÓVEL**
Data: 24/07/2023

Apêndice 19. Declaração de consentimento informado dos encarregados de educação

Declaração de Consentimento Informado

Tema da investigação: Integração curricular da bio e da geoética no ensino de ciências: contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos

Nome da investigadora principal: Marta Paz (investigadora do grupo SEI - CIIMAR)

Orientadora científica: Professora Doutora Clara Vasconcelos (Investigadora coordenadora do grupo SEI – CIIMAR & Professora Associada com Agregação na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)

Contactos da investigadora principal: marta.paz@fc.up.pt; telf.: 962863175

Caros Encarregados de Educação/Tutores,

Este estudo pretende contribuir para o aumento do conhecimento acerca da bio e da geoética, e para o desenvolvimento de competências que promovam uma cidadania participativa nas crianças/jovens que frequentam a Associação de Solidariedade da Zona das Fontainhas. A investigação recorrerá a recursos educativos inovadores e será desenvolvida através da aprendizagem orientada por projetos.

Eu, o(a) encarregado(a) de educação/tutor abaixo-assinado(a), declaro que:

- A. Autorizo a participação do meu educando, _____, na investigação acima referida;
- B. Compreendi as informações contidas neste documento, bem como as eventuais informações verbais que me foram transmitidas pelo investigador principal acima referido, sobre a investigação supracitada;
- C. Tive a oportunidade de considerar o objetivo da investigação, fazer as questões que julguei pertinentes e obter respostas de forma satisfatória por parte da investigadora principal;
- D. A participação do meu educando na investigação mencionada incluirá a realização de questionários e entrevistas;
- E. Compreendi que a participação do meu educando é voluntária e que poderá desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo. No entanto, entendo também que o sucesso do presente estudo depende da sua colaboração;
- F. Percebi que os dados recolhidos serão tratados de forma anónima por parte dos investigadores, não interferindo na classificação dos alunos;
- G. Entendi que os investigadores irão armazenar todas as informações e dados recolhidos de forma segura e confidencial, respeitando o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e que os dados serão utilizados exclusivamente para fins da investigação em causa.

O(A) encarregado(a) de educação:

A investigadora principal:

Data: ____/____/____

(Marta Paz)
Data: ____/____/____

Apêndice 20. Assentimento informado dos participantes

Declaração de Assentimento Informado

Tema da investigação: Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: contributo para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos

Nome da investigadora principal: Marta Paz (investigadora do grupo SEI - CIIMAR)

Orientadora científica: Professora Doutora Clara Vasconcelos (Investigadora coordenadora do grupo SEI – CIIMAR & Professora Associada com Agregação na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)

Contactos da investigadora principal: marta.paz@fc.up.pt; telf.: 962863175

Olá!

Neste final de ano letivo venho convidar-te a participar na fase final de um estudo a decorrer na Associação de Solidariedade da Zona das Fontainhas. Esta investigação é muito importante, quer para melhorar o ensino de bio e geoética, quer para te tornares um cidadão mais participativo na sociedade, pelo que o teu envolvimento é fundamental.

Peço-te que leias o texto seguinte e assines se concordares:

Eu, abaixo assinado(a), aceito participar neste estudo, sabendo que é garantido o anonimato, a confidencialidade, proteção e segurança dos dados dos intervenientes. Compreendi que a minha participação é voluntária e que os dados recolhidos de forma confidencial não serão usados para a minha classificação. Sei que posso desistir a qualquer momento, sem indicar o motivo, mas compreendo que o sucesso deste estudo depende da minha colaboração.

O(A) participante:

Data: ____/____/____

Muito obrigada pela tua colaboração e bem-vindo(a) ao grupo de investigação!

A investigadora principal:

(Marta Paz)

Data: ____/____/____

Anexo 1. Parecer da Comissão de Ética



Parecer

Ref.: Proc. CE2023/p56

Relativamente ao pedido de parecer requerido pela estudante de doutoramento Marta Cristina de Sousa Paz no âmbito do projeto intitulado “Integração curricular da bio e da geoética no ensino das ciências: contributos para uma cidadania participativa através da aprendizagem por projetos”, a Comissão de Ética nada tem a opor à realização do projeto, uma vez que estão garantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados solicitados, o consentimento informado dos encarregados de educação/tutores responsáveis pelos alunos bem como o assentimento informado dos alunos participantes na investigação.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 29 de setembro de 2023

O Presidente da Comissão de Ética

Assinado por: João José de Faria Graça Afonso Lima
Num. de Identificação: 07103810
Data: 2023/09/29 11:36:46+01'00'