

PhD

3.º
CICLO

FCUP
ANO
2025

U. PORTO

O Inquiry no ensino secundário da Química:
Redesenhar as abordagens curriculares para promover
a aprendizagem e o desenvolvimento de competências

Marta Cristina Ferreira de
Magalhães Pereira Vilela

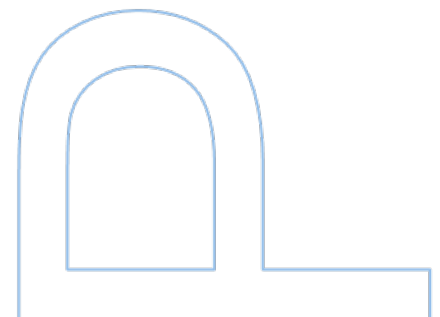
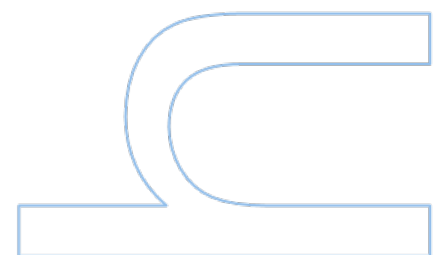
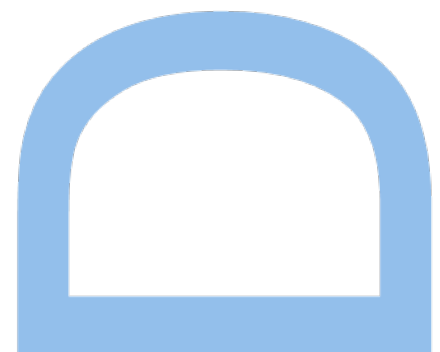
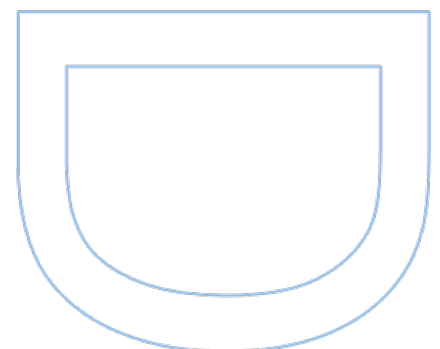
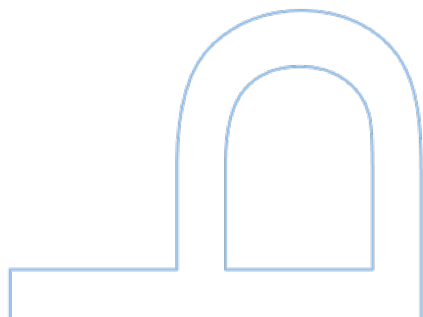
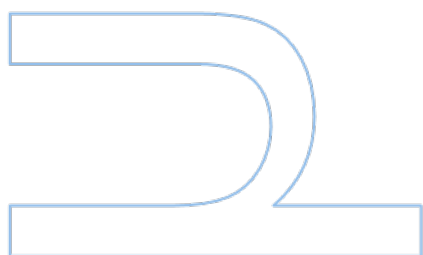
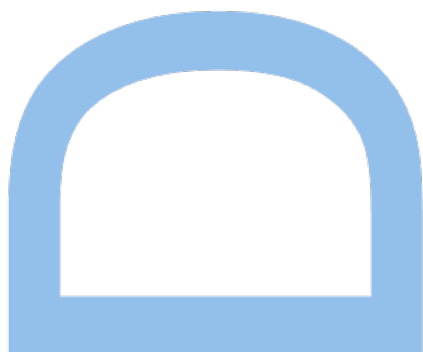
FC



O Inquiry no ensino secundário da Química: Redesenhar as abordagens curriculares para promover a aprendizagem e o desenvolvimento de competências

Marta Cristina Ferreira de Magalhães
Pereira Vilela

Doutoramento em Ensino e Divulgação das Ciências
Unidade de Ensino das Ciências
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2025



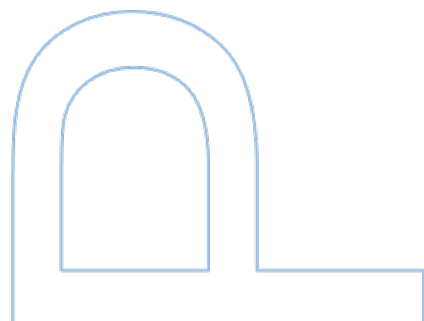
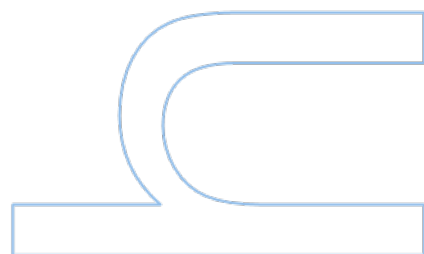
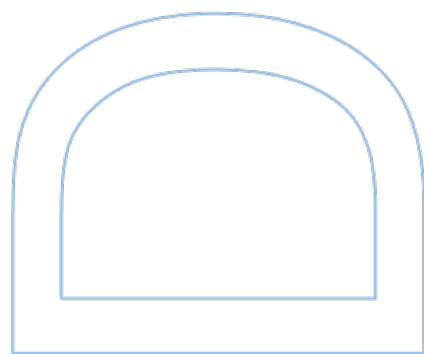
O Inquiry no ensino secundário da Química: Redesenhar as abordagens curriculares para promover a aprendizagem e o desenvolvimento de competências

Marta Cristina Ferreira de Magalhães
Pereira Vilela

Tese realizada no âmbito do Doutoramento em Ensino e
Divulgação das Ciências
Unidade de Ensino das Ciências
2025

Orientador

Carla Susana Lopes Morais, Professora Auxiliar, com Agregação
Unidade de Ensino das Ciências, FCUP
Centro de Investigação em Química, UP



Dedico esta tese à minha mãe, Maria Alcina, e ao meu pai, António, cujo apoio incondicional me permitiu seguir em frente em momentos de dúvida, pelo amor, paciência e por nunca terem deixado de acreditar no meu potencial.

Agradecimentos

É essencial reconhecer que este percurso só foi possível graças ao apoio constante, à confiança depositada e aos valiosos contributos de todos aqueles que, de alguma forma, participaram e desejaram o meu sucesso. A cada um deles, reitero o meu profundo reconhecimento e sincero agradecimento.

Agradeço especialmente à minha orientadora, a Professora Doutora Carla Morais, que, além do incentivo constante, sugestões valiosas e orientação competente, sempre me apoiou, incondicionalmente. Com a sua exigência, ajudou-me a crescer academicamente e pessoalmente. A sua amizade e empatia sempre presentes tornaram este percurso mais enriquecedor. O meu profundo agradecimento por acreditar no meu potencial e por ser, não só uma excelente orientadora, como também um verdadeiro exemplo de dedicação e generosidade.

O meu sincero reconhecimento e obrigado ao Professor Doutor Luciano Moreira, à Professora Doutora Sandra Ramos e à Professora Doutora Natércia Lima pela colaboração cuidada na análise estatística, fundamental para a elaboração desta tese.

Gostaria de expressar a minha gratidão aos alunos do 10º ano do ano letivo 2022/2023, que contribuíram ao participar de forma entusiasta em todo o projeto.

Agradeço também aos professores Fernando Vilela e Mariana Teles pela colaboração prestada ao implementarem o IBSE às suas turmas.

À direção da escola, que proporcionou as condições necessárias para a realização deste projeto de investigação, bem como pelo seu apoio.

Cabe aqui um especial agradecimento à minha família, particularmente aos meus pais, pelo apoio inestimável, incentivo constante e carinho em todos os momentos deste percurso.

Ao meu marido, Fernando, e aos meus filhos, Francisco, Matilde e Rafael, que me apoiaram desde o primeiro dia, incentivaram, acreditaram e colaboraram, tendo sido fundamentais para o sucesso da minha investigação, o meu muito obrigada.

Resumo

O IBSE representa uma abordagem de ensino construtivista que permite aos alunos construírem significados do mesmo modo que os cientistas o fazem e permite, simultaneamente, a aquisição de conhecimento conceptual, processual e o desenvolvimento de capacidades de metacognição, potenciando a inclusão dos alunos na sociedade atual. Inúmeros estudos têm demonstrado a eficácia da abordagem pedagógica de ensino baseado na investigação na promoção de uma aprendizagem significativa dos conceitos científicos, nomeadamente de Química.

Os objetivos desta investigação consistiram em: i) promover o desenvolvimento das competências de base nos alunos como sendo formular hipóteses, planear e realizar uma experiência, recolher, analisar e tratar dados, tirar conclusões e argumentar; ii) avaliar os efeitos da aplicação do IBSE na aprendizagem de conceitos de Química decorrentes da realização de investigações e da resolução de problemas socio-científicos relacionados com a Química; iii) estudar a transferência das competências de base para o contexto do IBSE, analisando como essas competências influenciam a aprendizagem de conceitos, a realização de investigações e a resolução de problemas.

Tendo em conta a problemática e os objetivos desta investigação, a abordagem metodológica adotada segue um modelo misto explanatório, QUANT-qualitativo. A recolha de dados foi realizada em duas fases sequenciais, com principal ênfase nos dados quantitativos, obtidos numa primeira fase e em maior volume. Posteriormente, foram recolhidos dados qualitativos, em menor extensão, com o objetivo de complementar, explicar e aprofundar os resultados quantitativos. Como técnicas de recolha de dados recorreu-se a inquéritos por questionário, inquéritos por entrevista e análise documental de registos produzidos pelos participantes.

Este trabalho de investigação foi desenvolvido numa escola secundária no Algarve, no âmbito da disciplina de FQ-A. A amostra é constituída por cinco turmas do 10.º ano de escolaridade, totalizando 111 alunos, do curso de ciências e tecnologias, com uma média de idades de 15 anos. Desta amostra, 61 alunos pertencem ao grupo experimental 1 (GE1), ao qual apenas foram implementados os dois módulos de IBSE, desenvolvidos no âmbito desta investigação, e 50 alunos fazem parte do grupo experimental 2 (GE2), ao qual foram implementadas atividades de treino de competências antes da aplicação dos módulos IBSE.

Os resultados obtidos nesta investigação demonstraram que os alunos sujeitos ao treino de competências de base, GE2, alcançaram, invariavelmente, melhores resultados, em média, que os alunos do GE1 em todos os critérios avaliados, o que permite concluir sobre o seu impacto positivo para a concretização mais eficaz do IBSE e, consequentemente, na aprendizagem da Química pelos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Química, ensino baseado na investigação, competências.

Abstract

IBSE represents a constructivist teaching approach that allows students to construct meaning in the same way that scientists do and simultaneously allows for the acquisition of conceptual and procedural knowledge and the development of metacognitive skills, enhancing students' inclusion in today's society. Numerous studies have demonstrated the effectiveness of the pedagogical approach of research-based teaching in promoting meaningful learning of scientific concepts, particularly in chemistry.

The aims of this research were: i) to promote the development of basic skills in students such as formulating hypotheses, planning and carrying out an experiment, collecting, analysing and processing data, drawing conclusions and arguing; ii) to evaluate the effects of applying IBSE on the learning of chemistry concepts resulting from carrying out investigations and solving socio-scientific problems related to chemistry; iii) to study the transfer of basic skills to the IBSE context, analyzing how these skills influence the learning of concepts, carrying out investigations and solving problems.

Given the problems and objectives of this research, the methodological approach adopted follows a mixed explanatory, QUANT-qualitative model. Data collection was carried out in two sequential phases, with the main emphasis on quantitative data, obtained in the first phase and in greater volume. Subsequently, qualitative data was collected to a lesser extent, with the aim of complementing, explaining and deepening the quantitative results. Questionnaire surveys, interview surveys and documentary analysis of records produced by the participants were used as data collection techniques.

This research project was carried out in a secondary school in the Algarve, within the scope of the FQ-A subject. The sample consisted of five 10th grade classes, totalling 111 science and technology students, with an average age of 15. Of this sample, 61 students belong to experimental group 1 (EG1), to which only the two IBSE modules developed within the scope of this research were implemented, and 50 students are part of experimental group 2 (EG2), to which skills training activities were implemented before the IBSE modules were applied.

The results obtained in this research show that the students subjected to basic skills training, GE2, invariably achieved better results, on average, than the students in GE1 in all the criteria assessed, which allows us to conclude on its positive impact on the

more effective realization of IBSE and, consequently, on the students' learning of chemistry.

Keywords: Chemistry teaching, research-based teaching, competences.

Índice

Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviaturas	xi
1. Contextualização e apresentação da investigação	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos e Questões de investigação.....	7
2. Enquadramento curricular da Química no ensino secundário	11
2.1. Introdução	11
2.2. Medidas de política educativa.....	11
2.3. Aprendizagens Essenciais FQ-A	16
2.4. Ensino da Química.....	18
3. Ensino Baseado na Investigação (IBSE)	22
3.1. Introdução	22
3.2. Benefícios do IBSE	23
3.3. Desafios na implementação do IBSE	31
3.4. Diferentes tipos de IBSE.....	35
3.5. Modelos para implementação do IBSE.....	41
3.6. O IBSE, o trabalho laboratorial e o desenvolvimento de competências	46
3.7. O papel do professor e do aluno no IBSE	53
3.8. IBSE e o ensino centrado no professor	57
4. Apresentação e descrição dos módulos IBSE desenvolvidos	61
4.1. Introdução	61
4.2. Conteúdos de Química abordados no desenvolvimento da investigação	62
5. Metodologia	86
5.1. Introdução	86
5.2. Classificação da investigação.....	86
5.3. Amostra.....	87

5.4.	Implementação das atividades	88
5.5.	Técnicas e instrumentos de recolha de dados	90
5.6.	Recolha de dados	99
5.7.	Tratamento dos dados	101
6.	Apresentação e discussão dos resultados	104
6.1.	Introdução	104
6.2.	Aprendizagem de Química	104
6.3.	Desenvolvimento de competências	123
6.4.	Análise estatística das classificações dos dois módulos IBSE.....	126
6.5.	Entrevistas	132
7.	Conclusão	152
7.1.	Introdução	152
7.2.	Conclusões	152
	Referências Bibliográficas	156
	Anexos.....	178
	Anexo 1 - Consentimento informado aos EE	179
	Anexo 2 – Avaliação das aprendizagens	181
	Anexo 3 – Material de apoio ao Módulo 1 - “Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes? “	193
	Anexo 4 – Material de apoio ao Módulo 2 – “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”	230
	Anexo 5 – Material de apoio à Atividade 1	252
	Anexo 6 – Material de apoio à Atividade 2	263
	Anexo 7 – Material de apoio à Atividade 3	273
	Anexo 8 – Material de apoio à Atividade 4	284
	Anexo 9 – Inquérito por entrevista.....	301

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Áreas de Competências do PASEO (DGE, 2017a, pp. 21-31).....	14
Tabela 2 - Diferentes Tipos de IBSE (Bell et al., 2005; Blanchard et al., 2010, Tradução nossa).....	35
Tabela 3 - Etapas do Modelo dos 7E: Uma Ampliação do Modelo IBSE dos 5E (Reis & Marques, 2016, pp 25-27)	45
Tabela 4 - Comparação entre o ensino expositivo centrado no professor e o IBSE (Duran & Dökme 2016, p.2890. Tradução nossa).....	58
Tabela 5 - Enquadramento das atividades com as AE	64
Tabela 6 - Resumo das atividades desenvolvidas no módulo 1 de acordo com o modelo 7E	67
Tabela 7 - Resumo das atividades desenvolvidas no módulo 2 de acordo com o modelo 7E	75
Tabela 8 - Técnicas e instrumentos de recolha de dados e técnicas de análise.....	91
Tabela 9 - Distribuição da variável Sexo segundo o grupo experimental	105
Tabela 10 - Média das classificações dos testes diagnóstico segundo o grupo experimental	105
Tabela 11 - Estatísticas da classificação dos alunos (%) nos três momentos de avaliação, no global e por grupo experimental.....	106
Tabela 12 - Classificação Ganho Normalizado (Hake, 1998, p. 65. Tradução nossa)	113
Tabela 13 - Distribuição da variável Aprendizagem, segundo o grupo experimental	114
Tabela 14 - Estatísticas dos valores da variável Ganho Normalizado, no global e por grupo experimental.....	116
Tabela 15 - Estatísticas dos valores da variável Ganho Normalizado, no global e por	117
Tabela 16 - Lista de siglas utilizadas para representar os critérios utilizados na avaliação dos módulos IBSE	127
Tabela 17 - Categorização na Análise das Entrevistas dos Alunos.....	133
Tabela 18 - Categorização na Análise das Entrevistas dos Professores	134

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo da Atividade Científica (Osborne, 2014a p.585; 2014b p.181; Tradução nossa).....	27
Figura 2 - Dimensões da Orientação (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019 p.1564. Tradução nossa).....	40
Figura 3 - Ciclo de IBSE (Pedaste et al., 2015, p.56).....	42
Figura 4 - Documento das Atividades de Envolvimento no Módulo 1	68
Figura 5 - Vídeo de enquadramento dos temas	69
Figura 6 - Avaliação Formativa - Ficha K-W-L.....	70
Figura 7 - Apresentação da Atividade Experimental	71
Figura 8 - Instrumentos de recolha de informação	73
Figura 9 - Notícias da Europa e o Gás Natural.....	76
Figura 10 - Vídeo de introdução ao estudo do tema	77
Figura 11 - Fotografia do decurso da atividade experimental	78
Figura 12 - Excerto do instrumento de recolha das respostas dos alunos.....	79
Figura 13 - Excerto do guião disponibilizado aos alunos	82
Figura 14 - Vídeo de introdução à atividade	83
Figura 15 - Excerto de uma das notícias do trabalho	84
Figura 16 - Exemplos de textos facultados aos alunos	85
Figura 17 - Modelo Quant-qualitativo (Adaptado de Creswell & Clark, 2017, p.66. Tradução nossa).....	86
Figura 18 - Esquema de aplicação dos tratamentos	89
Figura 19 - Mapeamento e cronograma das intervenções	89
Figura 20 - Instrumentos de recolha de dados e respetivos momentos de aplicação.....	100
Figura 21 - Distribuição da classificação obtida no pré-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	107
Figura 22 - Distribuição da classificação obtida na questão de aula, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	108
Figura 23 - Distribuição da classificação obtida no pós-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	109
Figura 24 - Distribuição da classificação obtida nos 3 momentos de avaliação, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	110
Figura 25 - Relação entre as classificações obtidas no pré- e pós-teste (A) e entre as classificações obtidas na questão de aula e no pós-teste (B), segundo o grupo experimental	111

Figura 26 - %Ganho em função dos resultados obtidos no momento pré-teste por grupo experimental	115
Figura 27 - Distribuição do Ganho Normalizado, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	116
Figura 28 - %Ganho em função dos resultados obtidos no momento pré-teste segundo o Sexo	118
Figura 29 - Distribuição do Ganho Normalizado (%) segundo o Sexo dos alunos. A bola verde representa a média.....	119
Figura 30 - Distribuição do Ganho Normalizado (%) segundo o sexo e o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	119
Figura 31 - Relação entre as classificações obtidas na questão de aula e o ganho de aprendizagem segundo o grupo experimental (A) e segundo o sexo do estudante (B)	120
Figura 32 - Distribuição da classificação obtida Q2 no pré-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	121
Figura 33 - Distribuição da classificação obtida Q2 no pós-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média.....	122
Figura 34 - Atividade 1 – Respostas às questões-problema	123
Figura 35 - Resultados da atividade 2	124
Figura 36 - Atividade 2 – Resultados dos itens 1 e 7	125
Figura 37 - Nível de desempenho na avaliação da qualidade da argumentação.....	126
Figura 38 - Distribuição das classificações obtidas no Módulo 1 (A) e no Módulo 2 (B) segundo o grupo experimental	128
Figura 39 - Distribuição das classificações obtidas nos critérios do Módulo 1, segundo o grupo experimental.....	129
Figura 40 - Distribuição das classificações obtidas nos critérios do Módulo 2, segundo o grupo experimental.....	130
Figura 41 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a classificação do Módulo 1 e a classificação de cada critério, segundo o grupo experimental 1 (A) e o grupo experimental 2 (B)	131
Figura 42 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a classificação do Módulo 2 e a classificação de cada critério, segundo o grupo experimental 1 (A) e o grupo experimental 2 (B)	132

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
AL	ATIVIDADE LABORATORIAL
DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
ENEC	ESTRATÉGIA NACIONAL DE EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
FQ-A	FÍSICA E QUÍMICA A
IBSE	INQUIRY BASED SCIENCE EDUCATION
NRC	NATIONAL RESEARCH COUNCIL
OCDE	ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO
ODS	OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
PAFC	PROJETO DE AUTONOMIA E FLEXIBILIDADE CURRICULAR
PASEO	PERFIL DOS ALUNOS À SAÍDA DA ESCOLARIDADE OBRIGATÓRIA
PISA	PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT
STEM	SCIENCE-TECHNOLOGY-ENGINEERING-MATHEMATICS
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO

1. Contextualização e apresentação da investigação

1.1. Introdução

A escola de hoje enfrenta desafios de um mundo em constante transformação. O conhecimento científico e tecnológico desenvolve-se a um ritmo de tal forma intenso, que todos somos confrontados diariamente com um crescimento exponencial de informação a uma escala global. Por sua vez, os sistemas educativos têm de contribuir para o desenvolvimento de valores e de competências nos alunos que lhes permitam responder aos desafios complexos deste século XXI e fazer face às imprevisibilidades resultantes da evolução do conhecimento e da tecnologia (DGE, 2017a).

Reid (2023), na qualidade de presidente da Royal Society of Chemistry (RSC) afirmou que:

Um excelente ensino de ciências ajuda os jovens a compreender o mundo que os rodeia, a desenvolver opiniões informadas sobre o mesmo, a inspirar-se e a ver um caminho claro para uma carreira científica gratificante.

Isto, por sua vez, beneficia a sociedade através de nova investigação e inovação para criar novos conhecimentos, contribuir para o crescimento e a produtividade e para enfrentar os desafios globais do nosso tempo. (Secção Policy, evidence and campaigns - Education reports, surveys, campaigns. Tradução nossa)

Também as Aprendizagens Essenciais (AE) de Física e Química A (FQ-A) do 10.º ano, do ensino secundário, contemplam nas suas finalidades e objetivos estas ideias:

A conceção das AE de FQ-A pressupõe que a literacia científica do aluno, à saída da escolaridade obrigatória, deve ser baseada na articulação entre o conhecimento e o saber fazer associado à capacidade de pensar de forma crítica e criativa.

A relevância da Física e da Química no mundo atual deve ser valorizada, devendo, os alunos, reconhecer aplicações e resultados de investigação que tenham impacto na tecnologia, na sociedade e no ambiente (casos da vida quotidiana, avanços recentes da ciência e da tecnologia, contextos culturais onde a ciência se insira), como meio de motivação para as aprendizagens e de consolidação das aprendizagens, apontando para um futuro sustentável em áreas vitais (energia, recursos naturais, saúde, alimentação, novos materiais, entre outros). (DGE, 2018, p.3)

Por outro lado, as AE reforçam que:

Os alunos devem ser incentivados a trabalhar em grupo, [...] desenvolvendo métodos próprios do trabalho científico, a investigar e a refletir, comunicando as suas aprendizagens, oralmente e por escrito, usando vocabulário científico próprio da disciplina. (DGE, 2018, p.4)

Como resposta a estes cenários, resulta a pertinência da diversificação de metodologias de ensino de acordo com os conceitos a lecionar como complemento do ensino expositivo. Uma das abordagens referenciadas pela literatura é o *Inquiry Based Science Education* (IBSE).

O IBSE foi definido por vários autores (como por exemplo, Abd-El-Khalick et al., 2004; Crawford, 2014; Furtak et al., 2012; Gericke et al., 2022; Lederman et al., 2014; Ramnarain, 2014; Rönnebeck et al., 2016) como uma abordagem pedagógica em que a aprendizagem dos alunos ocorre através da investigação. Os alunos “em vez de serem recetores passivos de conhecimento científico, quando as aulas são baseadas na investigação os alunos estão ativamente envolvidos na construção das suas próprias compreensões” (Furtak et al., 2012, p.306. Tradução nossa).

De forma complementar, Gericke et al., (2022) afirmam que:

A investigação científica é frequentemente descrita como um processo dinâmico e criativo caracterizado pela mudança. Para que os alunos sejam apresentados ao trabalho de verdadeiros cientistas e desenvolvam conhecimentos especializados na prática científica, foi necessária uma mudança de uma

investigação centrada no professor para uma investigação mais centrada no aluno. (p.274. Tradução nossa)

A abordagem IBSE assume que, para encontrar soluções para problemas reais, os alunos precisam de questionar, projetar e realizar investigações, recolher e analisar informações e dados, fazer interpretações, criar explicações e conclusões e apresentar os resultados. De acordo com Crawford (2014a):

Ensinar ciência através da investigação permite envolver os alunos na utilização de competências de pensamento crítico, que incluem fazer perguntas, planear e realizar investigações, interpretar dados como evidências, criar argumentos, construir modelos e comunicar descobertas, com o objetivo de aprofundar a sua compreensão através do uso da lógica e de evidências sobre o mundo natural. (p.515. Tradução nossa)

De acordo com Crawford e Capps, (2018) o IBSE está alinhado com o objetivo de promover nos alunos o desenvolvimento de competências dos alunos em termos de pensamento crítico e aprendizagem ao longo da vida. “As salas de aula que apoiam os alunos na aprendizagem através da participação em práticas científicas promovem competências de pensamento crítico que capacitam esses alunos a tornarem-se aprendizes de ciências ao longo da vida” (Crawford & Capps, 2018, p.12).

O IBSE inclui práticas científicas centradas no aluno e refere-se a uma metodologia de aprendizagem com a qual os alunos estão ativamente envolvidos para compreender conceitos e processos científicos, bem como a natureza da ciência. Esta definição também abrange competências tais como criatividade, inovação, resolução de problemas e pensamento crítico (Jegstad, 2023, Jerrim et al., 2022; Strat et al., 2023).

Strat et al. (2023) utilizaram no seu artigo o termo IBSE definido por Crawford (2014a) afirmando que:

Esta definição inclui práticas científicas centrais e refere-se a um processo de aprendizagem no qual os alunos estão ativamente empenhados em compreender conceitos e processos científicos, bem como a natureza da ciência (NOS). Esta definição abrange também competências destacadas no PISA: *Programme for International Student Assessment* (2024), tais como a

criatividade, a inovação, a resolução de problemas e o pensamento crítico (OCDE, 2020). (pp 1-2. Tradução nossa)

Para Jegstad (2023) o IBSE “inclui tanto a pedagogia utilizada quando os alunos estão ativos no processo de aprendizagem, concebendo e realizando investigações práticas ou teóricas, como os resultados da aprendizagem, como o conhecimento científico e a natureza da ciência (NOS)” (p. 3. Tradução nossa).

Adauyah e Aznam (2024) num artigo de revisão da literatura no âmbito da educação em Química, afirmam que os efeitos da investigação guiada nos resultados da aprendizagem dos alunos “incluem a melhoria da metacognição, a compreensão de conceitos, as competências de pensamento crítico, as competências de processos científicos, os resultados de aprendizagem e as competências de pensamento criativo” (p.77. Tradução nossa). Estes autores referem ainda que:

Numerosas pesquisas demonstraram a eficácia da aprendizagem por investigação guiada na promoção da aprendizagem significativa, no aumento das competências de compreensão conceptual dos alunos, na melhoria dos resultados da aprendizagem e no desenvolvimento das suas competências no processo científico (Adauyah & Aznam, 2024, p.79. Tradução nossa).

O IBSE não só estimula o interesse dos alunos em ciência, mas também melhora a compreensão dos conceitos e dos procedimentos do método científico (Minner et al., 2010).

As estratégias de ensino que envolvem ativamente os alunos no processo de aprendizagem através de investigações científicas têm maior probabilidade de aumentar a compreensão conceptual do que as estratégias que dependem de técnicas mais passivas, que são muitas vezes necessárias no atual ambiente educativo carregado de avaliações padronizadas. (Minner et al., 2010, p.474. Tradução nossa)

Para estes autores deve-se “encorajar os professores a utilizar a investigação científica no seu ensino como um meio de melhorar a compreensão dos alunos sobre conceitos e procedimentos científicos” (p.474. Tradução nossa)

Segundo Rodríguez-Arteche e Martínez-Aznar (2016) o IBSE é uma abordagem pedagógica bem-sucedida para superar os problemas de falta de interesse e motivação no estudo da ciência e da sua aprendizagem. “A nível internacional, existe um consenso geral de que a abordagem IBSE é bem-sucedida na superação dos problemas de falta de interesse e motivação em ciências e na sua aprendizagem” (p. A. Tradução nossa).

O IBSE está enraizado na filosofia de Dewey (1938), que introduziu a investigação no processo de ensino: fazer e, depois, refletir sobre o que aconteceu. De acordo com Dewey a educação começa com a curiosidade do aluno. Defende, assim, uma abordagem de aprendizagem centrada no aluno, que implica uma aprendizagem ativa, “um empreendimento cooperativo, não um ditado” (p. 85), focada no questionamento, no pensamento crítico e na resolução de problemas científicos e na tomada de decisões sócio-científicas. A utilização do IBSE pretende melhorar a aprendizagem potenciando o envolvimento dos alunos nas múltiplas formas de conhecimento. Para tal, dever-se-á promover a realização de investigações com base na iniciativa dos alunos, com a intenção de que o conhecimento assim construído seja mais relevante e significativo, não se limitando a uma mera aquisição passiva de factos transmitidos pelo professor.

Nesta abordagem o professor assume o papel de facilitador da aprendizagem, fornecendo informações e encorajando o aluno a alcançar o seu conhecimento (Morais et al. 2012; Savery, 2015; Stout, 2016). Por sua vez, os alunos têm a oportunidade de desenvolverem um processo de aprendizagem indutivo e colaborativo (Joseph et al., 2022).

Rodríguez-Arteche e Martínez-Aznar (2016) realçam que se for fornecido um suporte apropriado, a abordagem IBSE pode permitir que os alunos reforcem a sua compreensão conceptual. A construção adequada desse suporte é fundamental, na medida em que contribui para ultrapassar uma eventual resistência do aluno ao processo, devida à necessidade de ele se tornar responsável pela sua aprendizagem. Por outro lado, dá ênfase à utilidade do IBSE para incentivar os alunos a familiarizarem-se com os procedimentos científicos e a desenvolverem atitudes positivas em relação à ciência como um todo. No entanto, em níveis de ensino iniciais, o uso do IBSE fica condicionado devido a uma série de crenças, como a ideia de que esta abordagem requer mais tempo para a leção dos conteúdos e uma suposta falta de materiais adequados. Também Ramnarain (2014) refere que em turmas grandes há maior

dificuldade em interagir individualmente com os alunos, o que dificulta a implementação do IBSE.

Outro aspeto fundamental que deve ser tido em consideração na abordagem IBSE é a autonomia do aluno. Ramnarain (2014) refere no seu estudo que os professores consideram que os alunos devem ser autónomos na planificação das suas investigações. Para isso, é necessário que os alunos adquiram essa competência, o que implica que as primeiras investigações sejam guiadas pelo professor. Neste sentido, Partanen (2022) apresentou um estudo em que, para a realização de uma atividade laboratorial, foi inicialmente fornecida orientação aos alunos. Após a definição prévia dos equipamentos e reagentes, os alunos tiveram autonomia para decidir a quantidade de produtos químicos a utilizar e o número de repetições a realizar. Esta autonomia visava aumentar a motivação intrínseca, dada a mudança do controlo do professor para o aluno. Também Chu et al. (2023) reforçam a ideia que se for dada oportunidade aos alunos de conceberem um projeto baseado nos seus próprios interesses isso potencia o desenvolvimento de autonomia dos alunos e pode ajudar a melhorar a sua motivação intrínseca.

Apesar das várias vantagens atribuídas ao IBSE na literatura sobre educação em ciências, diversos estudos questionam a sua eficácia em comparação com o método expositivo no ensino das ciências. Kirschner et al. (2006) argumentam que abordagens minimamente guiadas, incluindo a investigação, sobrecarregam a memória de trabalho dos alunos, reduzindo a eficácia e eficiência da aprendizagem, afirmando que “a instrução minimamente orientada é menos eficaz e menos eficiente do que as abordagens instrucionais que colocam uma forte ênfase na orientação do processo de aprendizagem do aluno” (Kirschner et al., 2006, p.75. Tradução nossa). Outros autores, como Jerrim et al. (2022), confirmam que níveis elevados de investigação, especialmente quando não orientados, têm uma relação fraca com o desempenho dos alunos em ciências, sendo formas mais diretas de instrução geralmente mais eficazes. Estes autores alegam que os resultados da investigação confirmam que “o ensino baseado na investigação tem uma relação muito fraca com o desempenho em ciências – e que quaisquer efeitos positivos estão confinados a níveis moderados de investigação combinados com níveis elevados de orientação” (Jerrim et al., 2022, p.8. Tradução nossa). Além disso, críticos como Hodson (2014) e Zhang (2016) reforçam que a investigação ignora características da “arquitetura cognitiva”, dificultando a aquisição de novos conhecimentos. Contudo, métodos investigativos com elevada orientação

mostram-se mais promissores (Hmelo-Silver et al., 2007; Lazonder & Harmsen, 2016; Gericke et al., 2022).

Aditomo e Klieme (2020), realizaram um estudo no qual corroboram a importância do apoio do professor na aprendizagem dos alunos através da abordagem IBSE. Estes autores afirmam que “as actividades de investigação tendem a estar associadas a resultados mais elevados quando associadas ao envolvimento ativo dos professores para ajudar os alunos a dar sentido ou a concetualizar as suas experiências” (p. 19. Tradução nossa). Para Zhang e Cobern (2020), a orientação do professor durante o IBSE não se deve limitar apenas a dar feedback, fazer comentários e sugestões e prestar apoio, mas também deve permitir o contacto dos alunos com os conteúdos científicos, sendo esta uma componente essencial da orientação do professor. Os autores referem exemplos que contribuem para uma relação instrução-aprendizagem positiva, tais como assistir a palestras, ouvir explicações de professores, observar demonstrações feitas pelos professores e ler textos sobre os conceitos em estudo.

Em suma, como Gericke et al., (2022) referem, a investigação guiada pode promover a compreensão conceptual dos alunos à medida que o professor os orienta, mas de uma forma que os encoraje a refletir regularmente sobre a relevância para o conteúdo da disciplina e os objetivos de aprendizagem.

De seguida, apresentam-se os objetivos e as questões que nortearam esta investigação.

1.2. Objetivos e Questões de investigação

O ensino da Química carece de novas abordagens que permitam contribuir para reforçar a sua aprendizagem junto dos alunos. Assim, a implementação do IBSE assume particular relevo no contexto do ensino da Química. A sua eficaz concretização, carece de uma adequada preparação dos alunos no que concerne a competências-chave que lhes permitam realizar, em tempo útil, uma investigação que resulte numa aprendizagem significativa dos conceitos em estudo.

Objetivos de investigação

No âmbito desta investigação definiram-se os seguintes objetivos:

1. Promover o desenvolvimento das competências de base nos alunos como sendo formular hipóteses, planear e realizar uma experiência recolher, analisar e tratar dados, tirar conclusões e argumentar.
2. Avaliar os efeitos da aplicação do IBSE na aprendizagem de conceitos de Química decorrentes da realização de investigações e da resolução de problemas socio-científicos relacionados com a Química.
3. Estudar a transferência das competências de base para o contexto do IBSE, analisando como essas competências influenciam a aprendizagem de conceitos, a realização de investigações e a resolução de problemas.

Questões de investigação

Como resultado dos objetivos de investigação descritos, enunciam-se as seguintes questões de investigação:

1. De que forma o desenvolvimento de competências de base melhora a eficácia da aplicação do IBSE na aprendizagem da Química?
2. Qual é o papel desempenhado pela transferência de competências de base no IBSE?

1.3. Organização e estrutura da tese

A presente tese está estruturada em sete capítulos principais, que constituem o núcleo desta investigação. Para além destes capítulos, inclui-se uma secção dedicada às referências bibliográficas, reunindo as fontes que sustentam a fundamentação teórica e metodológica do estudo. Adicionalmente, apresenta-se um conjunto de anexos que, embora não sejam indispensáveis para a compreensão global da tese, fornecem informações complementares e materiais elaborados ao longo da investigação, permitindo um aprofundamento adicional do trabalho desenvolvido.

Cada um dos capítulos desta tese aborda uma temática específica, seguindo uma sequência considerada a mais adequada e coerente para a exposição clara e estruturada da investigação realizada.

No Capítulo 1, "Contextualização e apresentação da Investigação", pretende-se contextualizar e introduzir a investigação realizada. Após uma breve introdução ao capítulo (1.1), apresenta-se uma contextualização geral da investigação (1.2), seguida da formulação das questões de investigação (1.3), bem como dos objetivos que orientaram o estudo (1.4). Por último, descreve-se a organização e estrutura da presente tese (1.5).

O Capítulo 2, "Enquadramento curricular da Química no ensino secundário", tem como objetivo apresentar uma reflexão acerca do ensino da Química no ensino secundário, de modo a compreender como esta investigação se integra no currículo nacional. Assim, após a introdução ao capítulo (2.1), faz-se referência às medidas de política educativa (2.2), incluindo uma breve incursão pelos documentos oficiais, como o *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*, a *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*, o *Projeto de Autonomia e Flexibilidade Curricular*, o *Plano de Transição Digital* e outras reformas legislativas significativas. Posteriormente, apresentam-se as *Aprendizagens Essenciais de Física e Química A* (2.3) e, por fim, abordam-se algumas das principais dificuldades inerentes ao ensino da Química (2.4).

O Capítulo 3, "Ensino baseado na investigação (IBSE)", apresenta uma revisão da literatura que fundamenta esta investigação. Assim, após a introdução ao capítulo (3.1), descrevem-se os benefícios do IBSE (3.2). Segue-se um subcapítulo onde se reflete sobre os desafios da implementação do IBSE (3.3), apresentando-se os diferentes tipos de IBSE (3.4) e alguns modelos para a sua implementação (3.5). Posteriormente, explora-se a relação entre o IBSE, o trabalho laboratorial em Química e o desenvolvimento de competências (3.6), analisando-se também o papel do professor e do aluno nesta abordagem pedagógica (3.7). O capítulo conclui-se com uma análise sobre o IBSE e o ensino centrado no professor (3.8).

O Capítulo 4, "Apresentação e descrição dos módulos IBSE desenvolvidos", descrevem-se os dois módulos IBSE desenvolvidos e implementados junto de alunos do 10.º ano de escolaridade, bem como os tratamentos aplicados para o treino de competências de base num grupo de alunos. Este capítulo apresenta uma descrição detalhada do

desenvolvimento e implementação dos recursos e dinâmicas pedagógicas criadas especificamente para esta investigação. Assim, após a introdução ao capítulo (4.1), exploram-se os conteúdos de Química abordados no desenvolvimento da investigação, tanto nos módulos como nas atividades realizadas no âmbito do desenvolvimento de competências de base (4.2).

No Capítulo 5, "Metodologia", apresentam-se, de forma fundamentada, os procedimentos metodológicos utilizados para responder às questões de investigação. Tal como nos capítulos anteriores, inicia-se com uma breve introdução (5.1), seguindo-se a classificação da investigação (5.2) e a caracterização da amostra (5.3). Na secção seguinte, descreve-se a implementação das atividades propostas (5.4), bem como as técnicas e instrumentos de recolha de dados (5.5). Posteriormente, detalham-se os processos de recolha (5.6) e tratamento de dados que foram utilizados na presente investigação (5.7).

O Capítulo 6, "Apresentação e discussão de resultados", inicia-se com uma introdução (6.1), seguindo-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos na avaliação das aprendizagens, com base nos pré-testes, questões de aula e pós-testes (6.2). Depois, analisam-se os resultados das atividades de desenvolvimento de competências (6.3) e dos dois módulos IBSE (6.4), obtidos a partir da apresentação oral e dos produtos finais correspondentes. No final do capítulo, apresentam-se ainda os resultados da análise das entrevistas realizadas a alunos e professores participantes na investigação (6.5), bem como as notas de campo recolhidas (6.6).

O último capítulo da tese, Capítulo 7, "Conclusão", inicia-se com uma introdução (7.1), seguida da síntese das conclusões do trabalho de investigação realizado (7.2), evidenciando os principais resultados obtidos. Neste capítulo, reflete-se também sobre as limitações do estudo e possíveis otimizações das dinâmicas desenvolvidas (7.3), apresentando-se sugestões para futuras investigações que possam dar continuidade ao trabalho realizado (7.4).

A tese termina com a secção de referências bibliográficas, onde se encontram todas as fontes utilizadas para sustentar a fundamentação teórica e metodológica do estudo. Por fim, inclui-se um conjunto de anexos que compila todos os recursos e materiais desenvolvidos para a implementação da investigação e avaliação do seu impacto junto dos alunos e professores envolvidos.

2. Enquadramento curricular da Química no ensino secundário

2.1. Introdução

Vivemos uma era de transformação no paradigma educacional, com mudanças profundas que refletem um movimento global no sentido de transformar os sistemas educativos para melhor preparar as crianças e jovens do século XXI.

Os professores enfrentam o desafio de adaptar as suas atitudes, métodos e práticas pedagógicas para atender a estas novas exigências. A transformação no paradigma educacional exige, também, uma renovação na gestão curricular, baseada nas AE e orientada para o desenvolvimento das competências previstas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (DGE, 2017a). Isso deve ser concretizado através da construção e implementação de um currículo flexível e integrado, que possibilite e garanta a criação de aprendizagens contextualizadas e significativas para todos os alunos.

2.2. Medidas de política educativa

A transformação do sistema educativo português é alicerçada num conjunto de medidas legislativas e iniciativas estratégicas que têm vindo a moldar uma educação mais inclusiva, inovadora e adaptada aos desafios do século XXI. Esta evolução reflete uma abordagem concertada, que articula diferentes documentos orientadores e reformas legislativas, tendo como objetivo final preparar as novas gerações para um mundo em constante mudança.

Desde a aprovação da Lei de Bases do Sistema Educativo Português, em 1986 (Lei n.º 46/86), o sistema tem sido reconfigurado para garantir uma educação de qualidade, ampliando a escolaridade obrigatória e estabelecendo o PASEO (DGE, 2017a), como referência central. Este documento define o conjunto de competências que os alunos devem desenvolver ao longo do seu percurso escolar, promovendo uma visão abrangente e transversal que orienta o currículo e as práticas pedagógicas.

O PASEO (DGE, 2017a) é complementado pelas AE (DGE, 2018), que especificam os conhecimentos e competências fundamentais a adquirir pelos alunos, constituindo um guia para professores e escolas na organização das atividades letivas. Estes documentos convergem para uma abordagem integrada da avaliação e gestão curricular, fundamentando-se numa lógica inclusiva e contextualizada.

A implementação da Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania (DGE, 2017b) destaca-se como um marco na promoção de valores de cidadania democrática e responsabilidade social. Desde o ano letivo de 2017/2018, esta estratégia é aplicada em articulação com o PASEO (DGE, 2017a) e as AE (DGE, 2018), garantindo que a educação para a cidadania está presente de forma transversal no currículo, adaptando-se às especificidades de cada ciclo de ensino.

Esta transformação curricular foi ampliada pelo Projeto de Autonomia e Flexibilidade Curricular (Despacho n.º 5908/2017), que confere às escolas maior liberdade na gestão do currículo. Este projeto, iniciado também no ano letivo de 2017/2018, estimula práticas pedagógicas inovadoras, colocando o aluno no centro do processo educativo e permitindo a adaptação do ensino às necessidades locais e individuais.

O avanço legislativo também desempenhou um papel fundamental na consolidação destas mudanças. O Decreto-Lei n.º 54/2018 estabelece o regime jurídico da educação inclusiva, promovendo uma escola que valoriza a diversidade e respeita as necessidades de todos os alunos. Paralelamente, o Decreto-Lei n.º 55/2018 introduz o paradigma do currículo flexível e integrado, reforçando a ligação entre as AE (DGE, 2018), o PASEO (DGE, 2017a) e a centralidade das competências transversais no processo de ensino e aprendizagem.

Estas reformas procuram não apenas atualizar o sistema educativo, mas também renovar práticas pedagógicas e fomentar a criatividade e a inovação nas salas de aula, preparando os alunos para enfrentar um futuro dinâmico e exigente.

A transformação educativa em Portugal ganha um novo impulso com o Plano de Transição Digital (Resolução do Conselho de Ministros n.º 31/2020), que integra as novas tecnologias no ensino. Este plano promove a digitalização das escolas, proporcionando aos alunos e professores acesso a ferramentas digitais que enriquecem as práticas pedagógicas e tornam a aprendizagem mais interativa e conectada com as exigências contemporâneas.

A evolução do sistema educativo português reflete um compromisso com a inclusão, a inovação e a qualidade. Através de uma abordagem integrada que articula documentos como o PASEO (DGE, 2017a), as AE (DGE, 2018), e estratégias como a educação para a cidadania e a flexibilidade curricular, Portugal prepara as novas gerações para os desafios de um mundo em transformação, assegurando que todos os alunos têm a oportunidade de desenvolver o seu potencial máximo numa escola que os acolhe e valoriza.

O PASEO é um documento de referência para a organização de todo o sistema educativo, contribuindo para a convergência e articulação das decisões inerentes às várias dimensões do desenvolvimento curricular. É um documento que contribui para a organização e gestão curriculares e para a definição de estratégias, metodologias e procedimentos pedagógico-didáticos a utilizar na prática letiva. Assim sendo, este documento, adota uma natureza abrangente, transversal e recursiva. O documento, apresenta-se estruturado em “Princípios”, os quais justificam e dão sentido a cada uma das ações relacionadas com a execução e a gestão do currículo na escola; “Visão”, que explicita o que é pretendido para os jovens enquanto cidadãos; “Valores”, que são orientações segundo as quais determinadas crenças, comportamentos e ações são definidos como adequados e desejáveis e “Áreas de Competências”, que agregam competências entendidas como “combinações complexas de conhecimentos, capacidades e atitudes”. Este documento configura o que se pretende que os jovens alcancem no final da escolaridade obrigatória (DGE, 2017a).

No que diz respeito às áreas de competências estas:

São de natureza diversa: cognitiva e metacognitiva, social e emocional, física e prática. Importa sublinhar que as competências envolvem conhecimento (factual, concetual, processual e metacognitivo), capacidades cognitivas e psicomotoras, atitudes associadas a habilidades sociais e organizacionais e valores éticos. (DGE, 2017a, p.9)

As áreas de competências inscritas no PASEO (DGE, 2017a) são: linguagens e textos, informação e comunicação, raciocínio e resolução de problemas, pensamento crítico e pensamento criativo, relacionamento interpessoal, desenvolvimento pessoal e autonomia, bem-estar, saúde e ambiente, sensibilidade estética e artística, saber científico, técnico e tecnológico e consciência e domínio do corpo, designadas pelas letras, A, B, C, D, E, F, G, H, I e J, respetivamente, nas AE de FQ-A (DGE, 2018).

Estas áreas de competências são complementares e em cada uma delas estão envolvidas variadas competências, que pressupõem o desenvolvimento de literacias, como a leitura e a escrita, utilização das tecnologias de informação e comunicação, entre outras, e que são “alicerces para aprender e continuar a aprender ao longo da vida” (DGE, 2017a, p.19)

As competências associadas a cada uma das áreas de competências, descrevem o que os alunos devem ser capazes de fazer, como se mostra na Tabela 1.

Tabela 1

Áreas de Competências do PASEO (DGE, 2017a, pp. 21-31)

Áreas de competências	Os alunos devem ser capazes de:
A. Linguagens e textos	• utilizar de modo proficiente diferentes linguagens e símbolos associados às línguas (língua materna e línguas estrangeiras), à literatura, à música, às artes, as tecnologias, à matemática e à ciência; • aplicar estas linguagens de modo adequado aos diferentes contextos de comunicação, em ambientes analógico e digital; • dominar capacidades nucleares de compreensão e de expressão nas modalidades oral, escrita, visual e multimodal.
B. Informação e comunicação	• utilizar e dominar instrumentos diversificados para pesquisar, descrever, avaliar, validar e mobilizar informação, de forma crítica e autónoma, verificando diferentes fontes documentais e a sua credibilidade; • transformar a informação em conhecimento; • colaborar em diferentes contextos comunicativos, de forma adequada e segura, utilizando diferentes tipos de ferramentas (analógicas e digitais), com base nas regras de conduta próprias de cada ambiente.
C. Raciocínio e resolução de problemas	• interpretar informação, planear e conduzir pesquisas; • gerir projetos e tomar decisões para resolver problemas; • desenvolver processos conducentes à construção de produtos e de conhecimento, usando recursos diversificados.
D. Pensamento crítico e pensamento criativo	• pensar de modo abrangente e em profundidade, de forma lógica, observando, analisando informação, experiências ou ideias, argumentando com recurso a critérios implícitos ou explícitos, com vista à tomada de posição fundamentada; • convocar diferentes conhecimentos, de matriz científica e humanística, utilizando diferentes metodologias e ferramentas para pensarem criticamente; • prever e avaliar o impacto das suas decisões; • desenvolver novas ideias e soluções, de forma imaginativa e inovadora, como resultado da interação com outros ou da reflexão pessoal, aplicando-as a diferentes contextos e áreas de aprendizagem.
E. Relacionamento interpessoal	• adequar comportamentos em contextos de cooperação, partilha, colaboração e competição; • trabalhar em equipa e usar diferentes meios para comunicar presencialmente e em rede; • interagir com tolerância, empatia e responsabilidade e argumentar, negociar e aceitar diferentes pontos de vista, desenvolvendo novas formas de estar, olhar e participar na sociedade.
F. Desenvolvimento pessoal e autonomia	• estabelecer relações entre conhecimentos, emoções e comportamentos;

	• identificar áreas de interesse e de necessidade de aquisição de novas competências; • consolidar e aprofundar as competências que já possuem, numa perspetiva de aprendizagem ao longo da vida; • estabelecer objetivos, traçar planos e concretizar projetos, com sentido de responsabilidade e autonomia.
G. Bem-estar, saúde	• adotar comportamentos que promovem a saúde e o bem-estar, designadamente nos hábitos quotidianos, na alimentação, nos consumos, na prática de exercício físico, na sexualidade e nas suas relações com o ambiente e a sociedade; • compreender os equilíbrios e as fragilidades do mundo natural na adoção e ambiente de comportamentos que respondam aos grandes desafios globais do ambiente; • manifestar consciência e responsabilidade ambiental e social, trabalhando colaborativamente para o bem comum, com vista à construção de um futuro sustentável.
H. Sensibilidade estética e artística	• reconhecer as especificidades e as intencionalidades das diferentes manifestações culturais; • experimentar processos próprios das diferentes formas de arte; • apreciar criticamente as realidades artísticas, em diferentes suportes tecnológicos, pelo contacto com os diversos universos culturais; • valorizar o papel das várias formas de expressão artística e do património material e imaterial na vida e na cultura das comunidades.
I. Saber científico, técnico e tecnológico	• compreender processos e fenómenos científicos que permitam a tomada de decisão e a participação em fóruns de cidadania; manipular e manusear materiais e instrumentos diversificados para controlar, utilizar, transformar, imaginar e criar produtos e sistemas; • executar operações técnicas, segundo uma metodologia de trabalho adequada, para atingir um objetivo ou chegar a uma decisão ou conclusão fundamentada, adequando os meios materiais e técnico à ideia ou intenção expressa; • adequar a ação de transformação e criação de produtos aos diferentes contextos naturais, tecnológicos e socioculturais, em atividades experimentais, projetos e aplicações práticas desenvolvidos em ambientes físicos e digitais.
J. Consciência e domínio do corpo	• realizar atividades motoras, locomotoras, não locomotoras e manipulativas, integradas nas diferentes circunstâncias vivenciadas na relação do seu próprio corpo com o espaço; • dominar a capacidade percetivo-motora (imagem corporal, direccionalidade, afinamento percetivo e estruturação espacial e temporal); • ter consciência de si próprios a nível emocional, cognitivo, psicossocial, estético e moral por forma a estabelecer consigo próprio e com os outros uma relação harmoniosa e salutar.

Nesta investigação, deu-se particular relevância à promoção das competências B – Informação e comunicação, C – Raciocínio e resolução de problemas e D – Pensamento crítico e pensamento criativo, pelo facto de estas estarem intrinsecamente ligadas à abordagem pedagógica IBSE. As competências A – Linguagens e textos, E – Relacionamento interpessoal e I – Saber científico, técnico e tecnológico também estarão presentes ao longo das atividades realizadas. No capítulo 4, faz-se uma descrição mais detalhada sobre a forma como estas competências foram desenvolvidas.

2.3. Aprendizagens Essenciais FQ-A

A disciplina de FQ-A integra a componente específica do curso científico-humanístico de ciências e tecnologias do ensino secundário, 10.º e 11.º anos de escolaridade, surgindo, curricularmente, no seguimento da Físico-Química do 3.º ciclo do ensino básico, 7.º, 8.º e 9.º anos de escolaridade. Como disciplina da componente da formação específica que visa proporcionar formação científica consistente no domínio do respetivo curso, mantendo uma abrangência de espectro largo para prosseguir o desenvolvimento de uma Cultura Científica e Humanista (DGE, 2018, p.1).

Os alunos no final do 11.º ano de escolaridade podem optar por fazer exame nacional para conclusão da disciplina bienal e/ou como prova de ingresso para acesso ao ensino superior.

As AE de FQ-A, do 10.º ano de escolaridade visam:

- Consolidar, aprofundar e ampliar conhecimentos através da compreensão de conceitos, leis e teorias que descrevem, explicam e preveem fenómenos, assim como fundamentam aplicações em situações e contextos diversificados.
- Desenvolver hábitos e competências inerentes ao trabalho científico: observação, pesquisa de informação (selecionar, analisar, interpretar e avaliar criticamente informação relativa a situações concretas), experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados, utilizando formas variadas.
- Desenvolver competências de reconhecer, interpretar e produzir representações variadas da informação científica e do resultado das aprendizagens: relatórios, esquemas e diagramas, gráficos, tabelas, equações, modelos e simulações computacionais.
- Destacar o modo como o conhecimento científico é construído, validado e transmitido pela comunidade científica e analisar situações da história da ciência.
- Fomentar o interesse pela importância do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual e uma tomada de decisões fundamentada procurando sempre um maior bem-estar social. (DGE, 2018, pp. 2 e 3)

Assim, AE (DGE, 2018) desenvolvem a literacia científica dos alunos, articulando conhecimentos com pensamento crítico e criativo. A experimentação é central, promovendo competências de resolução de problemas, autonomia, desenvolvimento pessoal e interpessoal. Também incentivam a realização de atividades em grupo, nomeadamente atividades experimentais onde os alunos podem tomar decisões com um grau crescente de autonomia. É valorizado a investigação, reflexão e comunicação das aprendizagens, usando vocabulário científico próprio da disciplina. A Física e a Química são apresentadas como disciplinas fundamentais para compreender o mundo atual, estando relacionadas com aplicações tecnológicas e impactos sociais e ambientais. O reconhecimento destas ligações reforça a motivação nos alunos e favorece a consolidação das aprendizagens com vista a um futuro sustentável.

As AE (DGE, 2018), do 10.º ano de escolaridade, estão organizadas com base em dois domínios na componente de Química: “Elementos químicos e a sua organização” e “Propriedades e transformações da matéria”. Na formulação das AE (DGE, 2018), é entendido que os conhecimentos, as capacidades e as atitudes (o que o aluno deve ser capaz) são desenvolvidos através de metodologias de trabalho prático, que deve ser integrado em temas relevantes para o contexto de cada turma e escola. Para a operacionalização das AE (DGE, 2018) são apresentadas ações estratégicas de ensino orientadas para o PASEO (DGE, 2017a).

Das ações estratégicas de ensino propostas nas AE (DGE, 2018), realçam-se as que promovem o desenvolvimento do pensamento crítico e analítico dos alunos (A, B, C, D e G), assim como, as que envolvem a mobilização de conhecimentos para questionar uma situação.

Promover estratégias que desenvolvam o pensamento crítico e analítico dos alunos, incidindo em:

- analisar conceitos, factos, situações numa perspetiva disciplinar e interdisciplinar;
- analisar textos com diferentes pontos de vista, distinguindo alegações científicas de não científicas;
- confrontar argumentos para encontrar semelhanças, diferenças e consistência interna;
- problematizar situações sobre aplicações da ciência e tecnologia e o seu impacto na sociedade e no ambiente;

- debater temas que requeiram sustentação ou refutação de afirmações sobre situações reais ou fictícias, apresentando argumentos e contra-argumentos baseados em conhecimento científico. (DGE, 2018, p.8)

Por outro lado, são também sugeridas tarefas de pesquisa enquadrada por questões-problema e sustentada em guiões de trabalho, a promoção de estratégias que envolvam tarefas de síntese e de planificação (A, C, D, F, F, I e J).

Promover estratégias que envolvam por parte do aluno:

- mobilização de conhecimentos para questionar uma situação;
- incentivo à procura e aprofundamento de informação;
- recolha de dados e opiniões para análise de temáticas em estudo;
- tarefas de pesquisa enquadrada por questões-problema e sustentada por guiões de trabalho, com autonomia progressiva. (DGE, 2018, p.9)

2.4. Ensino da Química

Um dos intentos da Educação em Ciências é ajudar diferentes indivíduos a desenvolver uma atitude positiva em relação à Ciência (Hacieminoglu, 2016). Desta forma, a Educação em Ciências tem como principal objetivo formar cidadãos com literacia científica, socialmente conscientes e com pensamento lógico, capazes de resolver problemas e contribuir para o progresso social (Lee et al., 2023; Nzomo et al., 2023).

No entanto, tem-se verificado um afastamento dos estudantes das disciplinas de ciências no nível secundário (Sarwar et al., 2011; Ahmad et al. 2023; Vachliotis et al. 2021), em particular em Química e Física (Ardura & Pérez-Bitrián, 2018; Coutinho, 2024; Cheung, 2009b; Sarwar et al. 2011).

Olugbuyi et al. (2023) num estudo que realizaram para identificar os conceitos considerados difíceis para os alunos de Química do ensino secundário afirmam que:

A baixa taxa de inscrição de estudantes em Química nos exames de certificação do ensino secundário é o resultado da perceção dos estudantes de que o currículo de Química é difícil, mostrando pouco ou nenhum interesse no estudo da Química. (p.11. Tradução nossa)

A falta de conhecimentos prévios dos estudantes nessas áreas, é uma das razões para a diminuição do seu interesse relativamente à ciência e, consequentemente, da procura

de carreiras na área das ciências (Osborne et al., 2003). Outros estudos e relatórios realizados nos EUA e na Europa atribuem este facto à falta de conteúdos relevantes e às abordagens pedagógicas nos níveis escolares mais elementares (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2011).

É notório que nas últimas décadas, o ensino da Química tem enfrentado diversos desafios, dentre os quais se destacam os currículos excessivamente carregados de conteúdos, as dificuldades dos alunos em aplicar o conhecimento químico a diferentes contextos, a insuficiente literacia científica entre os estudantes que deixam de estudar Química após esta disciplina deixar de ser obrigatória no seu plano de estudos (Gilbert, 2006), a falta de relevância que os alunos atribuem à disciplina devido à fraca conexão que estabelecem entre o conhecimento científico e a vida quotidiana (Ahmad et al., 2023; Demircioğlu et al. 2009; Gilbert, 2006; Onen & Ulusoy, 2014; Stolk et al., 2009) e a participação passiva dos estudantes no processo de aprendizagem (Stolk et al., 2009).

Os resultados de um estudo feito por Olugbuyi et al. (2023), evidenciaram que muitos alunos consideram a Química difícil e irrelevante para sua vida quotidiana, o que reduz o seu interesse pelo estudo desta área científica. Para além da natureza abstrata e complexa dos conceitos químicos (Sausan et al. 2018), as respostas dos alunos nesse estudo demonstram que a falta de laboratórios bem equipados, de professores qualificados e de métodos de ensino apropriados, são aspetos centrais para que a sua perceção sobre a Química seja negativa (Olugbuyi et al., 2023).

Olugbuyi et al. (2023), afirmam que a compreensão de conceitos químicos é prejudicada pela falta de experiências laboratoriais, que são essenciais para uma aprendizagem prática e colaborativa. A falta de professores qualificados e de recursos pedagógicos adequados agrava a situação. Além disso, o uso de métodos de ensino expositivos reduz o interesse e o desempenho dos alunos, o que é reforçado pelo estudo realizado por Sausan et al. (2018).

Uma visão positiva perante a Química é fundamental para o sucesso académico, sendo um preditor de desempenho (Lovelace & Brickman, 2013). Estudantes com essa visão mostram maior envolvimento e motivação, o que favorece a aprendizagem e o desenvolvimento de competências (Heng & Karpudewan, 2015).

No estudo realizado por Sausan et al. (2018), ficou claro que em termos de práticas pedagógicas, os professores podem melhorar a perceção dos alunos ao integrar atividades que conectem a teoria à prática, utilizando exemplos do mundo real e proporcionando uma abordagem mais interativa e colaborativa no ensino. Ao fazer isso,

os professores podem ajudar a superar a ideia de que a Química é uma disciplina difícil e sem utilidade prática, aumentando assim o empenho e a motivação dos estudantes.

É reconhecido que os desafios no ensino de Química estão relacionados quer com fatores estruturais, como a organização do currículo, a disponibilização de ambientes educativos de qualidade e a formação dos professores, quer fatores metodológicos.

Segundo Olugbuyi et al. (2023), o currículo de Química deveria estar intimamente relacionado com a vida quotidiana para que a Química forneça a alfabetização elementar necessária para uma vida funcional na sociedade. No entanto, deve, também, fornecer aos alunos conceitos e princípios básicos para a continuação de estudos posteriores e estimular a criatividade, incluindo um maior número de trabalhos práticos (Olugbuyi et al. 2023). Este último aspeto, implica o acesso a laboratórios bem equipados, o que permite uma melhoria no desempenho dos alunos, quer ao nível do interesse (Hancock, 2024), quer ao nível da compreensão e consolidação de conceitos. Também as tecnologias educacionais, como simulações baseadas em computador, têm mostrado melhorias substanciais na motivação e no desempenho dos alunos em Química, permitindo uma aprendizagem mais interativa e compreensiva (Silva Júnior et al., 2022). Por fim, Khan e Ali, (2012) referem que as dificuldades sentidas pelos alunos são agravadas pela formação inadequada de alguns professores, que não conseguem implementar estratégias pedagógicas diversificadas e eficazes. A falta de formação específica pode levar à preferência por abordagens expositivas e simplistas, o que contribui para a propagação de modelos e ideias normativas, mas incorretas, sobre alguns conceitos químicos (Hunter et al., 2022).

O sucesso académico em Química, no ensino secundário requer esforços coordenados entre professores, alunos e instituições. Este sucesso depende de práticas pedagógicas centradas no aluno, de ambientes educativos de alta qualidade e de abordagens inovadoras e inclusivas que promovam o pensamento crítico e as competências de resolução de problemas. Assim, a investigação neste domínio deve continuar a explorar métodos para melhorar a motivação, o envolvimento e os resultados dos alunos, garantindo um ensino eficaz e equitativo da Química (Sankar & Benjamin, 2024).

Tendo em vista o estudo sobre as vantagens e desvantagens da implementação de diferentes metodologias de ensino, Ahmad et al. (2023) realizaram uma meta-análise de 35 abordagens pedagógicas no ensino de Química no ensino secundário, concluindo que estratégias alternativas superam o ensino expositivo em termos de desempenho dos alunos. A Química, essencial no currículo de ciências, promove o desenvolvimento

intelectual através de aplicações práticas, mas o ensino eficaz enfrenta desafios devido à natureza abstrata dos conceitos, como estruturas moleculares e atómicas, entre outros (Ewais & Troyer, 2019).

As abordagens expositivas, focadas na comunicação de conhecimento conceptual e experiências práticas básicas, não motivam os alunos e são menos eficazes, sobretudo em disciplinas de ciências, tecnologia, engenharia ou matemática (STEM) (Ahmad et al., 2023). Estudos demonstram que métodos ativos, como investigação, discussões e trabalho em grupo, melhoram significativamente os resultados académicos e o envolvimento dos estudantes (Vachliotis et al. 2021).

Práticas inovadoras, como laboratórios virtuais e simulações online, têm ganho popularidade, permitindo maior controlo experimental e acesso a recursos com custos reduzidos. Estas ferramentas ajudam os alunos a compreender conceitos químicos complexos, ajustando variáveis e explorando conexões entre teoria e prática (Ahmad et al., 2023).

A meta-análise feita, sublinha a necessidade de integrar abordagens pedagógicas baseadas em investigação e argumentação, promovendo literacia científica e pensamento crítico. Estas metodologias centram-se nos alunos e incentivam a sua responsabilidade no processo de aprendizagem, preparando-os melhor para transições no percurso académico e profissional (Ahmad et al., 2023; Vachliotis et al. 2021).

No que se refere às pedagogias baseadas em investigação, como é o caso do IBSE, estas demonstram um impacto significativo no desempenho de aprendizagem em Química no ensino secundário, superando as abordagens expositivas (Ahmad et al. 2023). Estas metodologias facilitam a transição dos alunos do ensino secundário para o ensino superior e, posteriormente, para a indústria, ajudando a colmatar lacunas no mercado de trabalho STEM. A aprendizagem baseada em investigação revelou-se igualmente eficaz na promoção da autoeficácia dos alunos, evidenciada por uma forte correlação positiva entre a frequência da sua utilização e o aumento das capacidades dos estudantes (Kanwal et al., 2022).

A aprendizagem ativa tem sido amplamente reconhecida como uma abordagem eficaz para melhorar o desempenho dos estudantes, especialmente nas disciplinas STEM. Prince (2004) define aprendizagem ativa como qualquer método de ensino que envolva ativamente os alunos no processo de aprendizagem. Michael (2006) descreve cinco princípios fundamentais para a aprendizagem ativa, que incluem a construção ativa de significado, a distinção entre aprender fatos e aprender a fazer algo, a transferibilidade

do conhecimento, o benefício do trabalho colaborativo e a importância de articular explicações para promover a aprendizagem significativa. Entre as abordagens de aprendizagem ativa, as mais comuns no ensino de disciplinas como a Química incluem atividades simples que podem ser facilmente incorporadas nas aulas e abordagens pedagógicas mais estruturadas, como a “Aprendizagem Baseada em Problemas” ou o IBSE. Estas abordagens estimulam os alunos a trabalhar de forma colaborativa, promovendo uma aprendizagem mais profunda e significativa. Estas abordagens estruturadas são particularmente eficazes para estimular a interação dos alunos com o conteúdo e entre si, facilitando uma aprendizagem mais dinâmica e reflexiva.

A implementação de estratégias de aprendizagem ativa e ter em conta as perceções dos alunos, são aspetos essenciais para melhorar a aprendizagem na área da Química. As abordagens que incentivam a colaboração, a reflexão e a conexão com o mundo real têm mostrado ser particularmente eficazes para estimular o interesse e melhorar o desempenho dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa e duradoura (Sausan et al., 2018).

3. Ensino Baseado na Investigação (IBSE)

3.1. Introdução

Nas obras de Dewey (1963; 1966) pioneiro do IBSE, ressaltam três características para o recurso à investigação no processo de ensino e aprendizagem: relevância, participação e significado. Isto é, as atividades propostas aos alunos devem relacionar-se com as suas experiências, deve-se fornecer um ambiente que proporcione uma participação ativa dos alunos, como se de uma extensão das suas vidas se tratasse e é necessário fomentar-se situações com utilidade e aplicabilidade aos olhos dos alunos (Vieira et al. 2014).

O IBSE voltou a ganhar destaque na década de 1990 através dos “Padrões Nacionais de Educação Científica” nos Estados Unidos (NRC 1996, 2000), que corroborou as ideias de Dewey, explicitando duas perspetivas para o inquiry: a científica, referindo-se às diferentes estratégias que os cientistas usam para estudar e propor explicações para o mundo natural, com base nas evidências do seu trabalho; a da sala de aula, que se refere à capacidade que todos os alunos deverão desenvolver para projetar e realizar

investigações científicas, e para a compreensão que devem obter sobre a natureza da investigação científica ou como o método de ensino que permite ensinar conceitos científicos através de investigações.

O IBSE representa uma abordagem de ensino construtivista (Anderson, 2002; Eilks, 2012; Serafín et al., 2015), que permite aos alunos construírem significados do mesmo modo que os cientistas o fazem e permite, simultaneamente, adquirir conhecimento conceptual, processual e desenvolver capacidades de metacognição, potenciando a inclusão dos alunos na sociedade atual. É um método multifacetado que possibilita ao aluno formular questões, planificar e conduzir investigações, realizar observações, recolher dados, analisar e interpretar dados, propor respostas, formular explicações a partir de evidências e comunicar argumentos científicos (NRC, 1996, 2000).

3.2. Benefícios do IBSE

São diversas as vantagens enumeradas para o IBSE na literatura de educação em ciências. Ramnarain (2014), afirma que as experiências de aprendizagem baseada em investigação estimulam o interesse na ciência, melhoram a compreensão dos conceitos, levam a uma compreensão da natureza do conhecimento científico, facilitam a interajuda entre os alunos e contribui para o desenvolvimento de competências experimentais.

Van Uum et al. (2016) salientaram que o IBSE permite aos alunos desenvolver a sua compreensão conceptual dos fenómenos científicos e as suas competências de investigação. Além disso, os alunos aprendem sobre a forma como o conhecimento científico é construído e desenvolvem uma imagem da prática social dos cientistas.

A investigação pode ser vista como o objetivo da aprendizagem num contexto educacional, para que os alunos aprendam o que é a investigação, como realizar as suas diversas tarefas e se envolverem em práticas e procedimentos disciplinares, e qual é a natureza da ciência. Alternativamente, a investigação pode ser um meio de aprender sobre conceitos e fenómenos científicos específicos (Abd-El-Khalick et al., 2004).

Num manual sobre aprendizagem por investigação, Duncan e Chinn (2021) identificaram seis componentes que a caracterizam. Nele, discute-se a implementação, na prática educacional, de uma variedade de ambientes de aprendizagem que envolvem os alunos na investigação. Os referidos autores afirmam que, geralmente, os objetivos da aprendizagem por investigação compreendem objetivos motivacionais e de

aprendizagem. Os objetivos motivacionais incluem aumentar o envolvimento dos alunos, aumentar o interesse pelos temas abordados, promover o cuidado intrínseco com a aprendizagem e avançar nos objetivos de aprendizagem, em vez de se centrar, fundamentalmente nas classificações. Se as tarefas de aprendizagem propostas se relacionam com assuntos que são do interesse dos alunos, eles terão um maior envolvimento na sua concretização, reconhecendo a relevância do que estão a aprender para resolver novos problemas no futuro. Outros objetivos envolvem adquirir conhecimento, compreensão e competências. Muitos capítulos deste manual descrevem ambientes de aprendizagem em que o objetivo principal é os alunos aprenderem mais sobre o conteúdo (“investigar para aprender”); enquanto outros o objetivo é que os alunos aprendam a investigar. Aprender a investigar pressupõem o cumprimento de dois objetivos: i) os alunos aprendam algumas das práticas disciplinares de uma área; ii) aprender a investigar, não como especialista, mas como um leigo. Na educação científica, Feinstein e Waddington (2020) referem-se a isto como sendo uma abordagem contextual da ciência, ou seja, os alunos estão a aprender, não a ser cientistas, mas a interagir com cientistas e com informação científica que lhe permita abordar questões relevantes em diferentes contextos pessoais e sociais. Na realidade, trabalhar como cientista, requer um vasto conhecimento de conteúdo e conhecimento metodológico do domínio. Os professores devem capacitar os alunos para serem pessoas que não são especialistas, mas que podem raciocinar sobre informações para abordar questões do seu quotidiano e tomar decisões. Esta aprendizagem pode dar aos alunos uma noção mais profunda de como os investigadores trabalham e quando as suas conclusões podem ser consideradas fiáveis (Duncan & Chinn, 2021).

Uma abordagem para promover a aprendizagem científica significativa é através de um maior envolvimento dos alunos, como pode acontecer no caso do IBSE. Novos conhecimentos são adquiridos à medida que os alunos recolhem dados, os analisam e resolvem problemas (Jerrim, 2022; Maxwell et al. 2015). Definimos a aprendizagem significativa como uma compreensão profunda dos conceitos, que inclui ter em conta os aspetos mais importantes e organizá-los mentalmente numa estrutura cognitiva coerente e integrando-os no conhecimento existente. A aprendizagem significativa reflete-se na capacidade de aplicar o que foi ensinado a novas situações (Mayer & Wittrock, 1996).

Memorizar factos não promove nem desenvolve competências de resolução de problemas, mas quando os alunos podem investigar, raciocinar e organizar o

conhecimento, eles são capazes de incorporar novos conhecimentos à sua compreensão (Miller et al., 2010). Miller et al. (2010) afirmam que o IBSE ajuda a desenvolver a compreensão dos alunos sobre o mundo que os rodeia através da recolha de conhecimento. A compreensão científica dos alunos é apoiada pela expansão dos hábitos mentais e pelo uso de competências de resolução de problemas. Usando conhecimentos prévios, os alunos fazem conexões com seus novos conhecimentos. O IBSE é visto como uma abordagem pedagógica que apoia o desenvolvimento das competências de resolução de problemas e de pensamento crítico dos alunos, o que é importante para as suas atividades quotidianas. Através do IBSE, os alunos aprendem não apenas como fazer questões e descobrir as respostas, mas também aprendem quais as questões importantes a serem feitas. Um ambiente de aprendizagem que apoia estas competências cognitivas permite aos alunos aplicá-las a outras áreas de aprendizagem (Maxwell, 2015). Pode também desenvolver o pensamento criativo entre os alunos (Suardana et al., 2018) o que lhes permite responder com flexibilidade às rápidas mudanças no mundo (Ritter & Mostert, 2017). Assim, o IBSE contribui para que o foco da educação científica mude da memorização de conceitos e fenómenos para a utilização eficaz tanto das competências de processamento científico, como das competências de pensamento crítico (Zacharia, 2003).

Numa revisão de literatura, Adauyah e Aznam (2024) verificaram que existe uma série de benefícios associados à aprendizagem por investigação guiada. Esta abordagem pedagógica é eficaz na promoção da aprendizagem significativa, no aumento das competências de compreensão conceptual dos alunos, na melhoria dos resultados da aprendizagem e no desenvolvimento das suas competências no processo científico. Estes autores afirmam que a abstração dos conceitos químicos pode ser facilmente compreendida através da investigação guiada.

Osborne (2014a) apresenta uma visão do raciocínio científico como uma atividade baseada em práticas, destacando três fases principais no processo científico. Essas fases são: experimentação, geração de hipóteses e avaliação de evidências. Cada uma destas fases está ligada a problemas específicos que os cientistas procuram resolver e baseiam-se em critérios normativos partilhados pela comunidade científica, utilizando formas de raciocínio como a dedução, indução e abdução. A experimentação, envolve a investigação do mundo material, incluindo a realização de observações, a conceção de investigações empíricas e a recolha e análise de dados. A geração de hipóteses, consiste no desenvolvimento de explicações ou modelos para os fenómenos observados, uma atividade que exige criatividade e imaginação científica e a avaliação

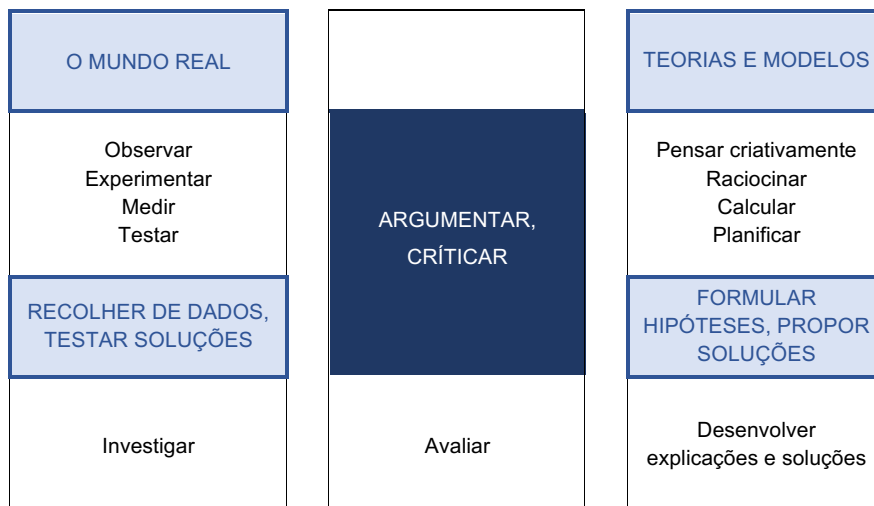
de evidências, envolve a análise crítica dos dados recolhidos e das teorias propostas, para avaliar a sua validade e fiabilidade. Estes três processos, frequentemente interligados, refletem um modelo de raciocínio científico apoiado por estudos empíricos e filosóficos, como os de Klahr et al. (1993) e Giere et al. (2006). Embora derivem de abordagens disciplinares distintas (psicologia e filosofia), ambos os modelos convergem numa estrutura tripartida que evidencia uma organização subjacente ao raciocínio científico. Além disso, Osborne (2014a) argumenta que compreender o raciocínio científico é crucial para a educação científica. Para tal, os alunos devem participar em práticas comuns da ciência, como a formulação de perguntas, a construção de modelos e a avaliação de evidências, uma vez que muitos alunos possuem uma visão simplista da ciência, focando-se apenas na experimentação como uma forma de descobrir factos, sem reconhecer o papel central das teorias na ciência. Assim, deve-se enfatizar que a ciência não é apenas sobre experiências, mas, sobretudo, sobre a criação e avaliação de ideias que explicam o mundo natural.

Na Figura 1 apresenta-se uma representação esquemática das atividades fundamentais para a ciência e úteis para a educação científica.

Primeiro os cientistas envolvem-se na formulação de perguntas (lado esquerdo da Figura 1). As observações, geram uma questão causal que estimula a criatividade dos cientistas, a construção de modelos e a produção de hipóteses explicativas (lado direito da Figura 1). As ideias devem então ser testadas o que requer o desenho de investigações empíricas e a recolha e análise de dados. Para alcançar consenso e estabelecer a validade das afirmações dos cientistas são necessários argumentos e a avaliação crítica das provas.

Figura 1

Modelo da Atividade Científica (Osborne, 2014a p.585; 2014b p.181; Tradução nossa)



Boğar (2019), numa revisão a literatura relacionada à aprendizagem baseada em investigação referindo diferentes autores, afirmou que o IBSE desenvolve as competências de pensamento crítico e criativo e de resolução de problemas dos alunos e o sucesso académico. Além disso, esta abordagem pedagógica é eficaz no desenvolvimento da literacia científica e na compreensão dos processos científicos, fortalece o vocabulário e o conhecimento conceptual, desenvolve a compreensão da natureza da ciência, permite aos alunos ter uma atitude positiva em relação à ciência e à educação científica e é eficaz no aumento da motivação dos alunos. Por ser uma abordagem de aprendizagem centrada no aluno que prioriza o pensamento crítico, a resolução de problemas, a tomada de decisões e o questionamento, o IBSE permite que os alunos desenvolvam as competências necessárias ao longo da vida. Uma dessas competências é o pensamento criativo. Este permite ao indivíduo abordar os eventos de diferentes perspetivas, compreendê-los de forma diferente e permite-lhes pensar o que não foi pensado. No IBSE o pensamento criativo é necessário para gerar hipóteses sobre a questão de pesquisa, na tentativa de aplicar novos métodos de recolha de dados, criar soluções e chegar a conclusões através da interpretação de resultados.

Dado que a investigação científica é um processo que se centra na investigação ao invés de se centrar na conclusão, é muito importante que os professores que aplicam esta abordagem ajudem os alunos a concentrarem-se na investigação em si, em vez de chegarem a conclusões absolutas (Boğar, 2019).

Um estudo apresentado por Nzomo et al. (2023) discute como o IBSE nas aulas práticas de Química aumenta a autoeficácia dos alunos em Química. Estes autores afirmam no seu artigo que o IBSE é uma abordagem de ensino e aprendizagem em que os alunos estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem e o professor atua de forma a facilitar esse processo. É um método eficaz para facilitar e reter a compreensão conceptual dos alunos sobre conceitos de Química. Acrescentam ainda que esta abordagem pode levar à melhoria das atitudes dos alunos em relação à Química, bem como à literacia em Química. Estes autores concluíram que existe uma correlação forte entre o IBSE e a autoeficácia dos alunos, na aprendizagem de Química em escolas secundárias.

Orosz et al. (2023) apresentam um estudo em que discutem uma atividade de Química baseada em investigação guiada testada com alunos do 9.º ano que não tinham experiência anterior com esta abordagem. Estes autores concluíram que a aprendizagem por investigação guiada é adequada para alunos que são novos neste tipo de abordagem pedagógica, se lhes for fornecida uma estrutura apropriada. Os dados do estudo desenvolvido, mostraram as fases do ciclo de investigação nas quais é necessário fornecer mais orientação aos alunos. Formular hipóteses, registar observações e avaliar as hipóteses com base nas evidências, foram consideradas as etapas mais críticas no processo de aprendizagem.

Barthlow e Watson (2014) observaram que os alunos do 10.º e 11.º anos que estudaram Química utilizando a abordagem pedagógica de investigação guiada cometeram menos erros relativamente à natureza particulada da matéria do que os seus colegas que estudaram através de métodos expositivos. Kadioglu-Akbulut e Uzuntiryaki-Kondakci (2021) estudaram os efeitos da aprendizagem por investigação guiada no equilíbrio dinâmico e nas reações ácido-base entre alunos do 11.º ano, verificando que esta abordagem teve um efeito positivo no desempenho dos alunos, tendo estes recorrido mais vezes a estratégias metacognitivas e, como consequência, dado explicações mais precisas para os fenómenos observados. Tornee et al. (2019) descobriram que, alunos do 11.º ano de Química obtiveram um maior aproveitamento na aprendizagem e revelaram uma maior competência na resolução de problemas, quando aprenderam através da investigação guiada.

Para aumentar o empenho, o interesse e melhorar os resultados da aprendizagem dos alunos, o ensino da Química recorre, atualmente, a uma variedade de modelos ou metodologias de aprendizagem.

O IBSE guiado tem-se revelado uma abordagem versátil e eficaz na aprendizagem de diferentes tópicos em Química, permitindo aos alunos explorar conceitos fundamentais de forma ativa e contextualizada. Esta metodologia tem sido amplamente documentada na literatura, com estudos que demonstram o seu impacto positivo em diversas áreas do conhecimento químico.

No estudo da velocidade de reação, Latifah e Suprihatiningrum (2024) que destacam a eficácia de atividades de IBSE que incentivam os alunos a investigar os fatores que influenciam a rapidez das reações Químicas, como a temperatura, proporcionando um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos. No que concerne ao equilíbrio químico, Giovani e Novita (2022) demonstraram como o IBSE pode ser utilizado para explorar conceitos que permitem aos alunos melhorar as competências de pensamento crítico e Iwasaki et al. (2023) combinam duas atividades experimentais numa investigação guiada integrando conceitos de termoquímica e equilíbrio de soluções, motivando os alunos a entender por que a solubilidade diminui com o aumento da temperatura, enquanto desenvolvem competências de análise científica e apresentação de resultados.

A Química Orgânica também beneficia do IBSE, como mostrado por Luska (2022), que sublinha a importância das atividades práticas e da investigação guiada no estudo de reações orgânicas e propriedades de compostos. Neste caso uma característica fundamental foi a utilização de compostos coloridos que permitissem aos alunos acompanhar as solubilidades dos seus corantes nas camadas aquosa e orgânica. Estudos como o de Kim (2022), que tinha como objetivo produzir biodiesel a partir de óleo alimentar residual, demonstram como a reação de síntese pode ser ensinada através de abordagens guiadas, permitindo aos alunos compreenderem a formação de produtos a partir de reagentes de forma mais ativa e reflexiva. Esta abordagem incluiu visitas a uma estação de tratamento de águas residuais para sensibilização sobre problemas ambientais, recolha de óleo usado na comunidade e debates sobre métodos de produção. A atividade proporcionou uma experiência de aprendizagem ativa, incentivando a autonomia e a ligação entre a Química e situações reais.

No contexto de soluções ácido-base é explorado por Lenggogeni e Mawardi (2022), num estudo que utiliza a sala de aula invertida baseada na aprendizagem por investigação guiada, enfatizam o papel da investigação na compreensão de conceitos como ácido de Arrhenius, teoria ácido-base de Lewis e neutralização.

No âmbito da termodinâmica, Partanen (2022) documenta a aplicação do IBSE no à determinação da constante de equilíbrio do ácido acético e a energia de Gibbs da reação de dissociação do ácido acético, a 25 °C, utilizando medições de condutividade e oferecendo aos alunos uma visão mais integrada e contextualizada dos fenómenos energéticos em Química. Por fim, temas emergentes como a Química verde foram explorados por Ritter e Abraham (2022), que evidenciam como a investigação guiada, para investigar os 12 princípios da Química verde, pode promover uma consciência ambiental, destacando práticas Químicas sustentáveis e a minimização de impactos ambientais.

Estes exemplos sublinham a diversidade de aplicações do IBSE guiado, bem como o seu papel central na promoção de uma aprendizagem significativa, prática e orientada para o desenvolvimento de competências científicas.

Envolver os alunos na investigação científica cria exigências em pelo menos dois domínios cognitivos: os alunos são obrigados a desenvolver competências de investigação científica e a aplicar o conhecimento correspondente (domínio processual) e também têm de usar conhecimento de conteúdo específico do domínio (domínio de conteúdo). Para planear uma experiência, os alunos têm de compreender a diferença entre variáveis dependentes, independentes e de controlo e que numa experiência, apenas uma variável deve ser alterada de cada vez (conhecimento processual). Os alunos também necessitam de algum conhecimento de conteúdo específico do domínio para, por exemplo, identificar as variáveis que precisam de ser consideradas e para decidir se podem ter impacto e, consequentemente, se precisam de ser controladas. Da mesma forma, a interpretação de dados requer conhecimento processual. Como exemplo, pode referir-se a diferença entre observação e inferência ou como estimar a incerteza de uma medição, e o conhecimento de conteúdo para decidir se uma diferença observada entre duas medições é uma incerteza ou um efeito real. Assim, a interpretação é sempre, pelo menos em parte, uma decisão orientada pela teoria que se baseia no conhecimento específico do domínio. Para além do conhecimento processual e de conteúdo, alguns estudos discutem o conhecimento epistemológico como um terceiro domínio cognitivo no qual os alunos podem necessitar de assistência durante atividades de investigação específicas. Apesar do IBSE exigir múltiplos domínios cognitivos, o foco da orientação fornecida aos alunos nas tarefas de investigação é normalmente no domínio processual.

3.3. Desafios na implementação do IBSE

Apesar das inúmeras vantagens da aprendizagem por investigação guiada, existem vários fatores que podem influenciar, e por vezes dificultar, a implementação desta abordagem pedagógica em sala de aula, tais como, a falta de tempo, o acesso fácil a planos de aula experimentados e testados que possam ser implementados, as dificuldades pedagógicas e de gestão, a avaliação, entre outros (Boğar, 2019; Cheung, 2007; Orosz et al., 2023; Ramnarain & Hlatwayo, 2018).

Esses fatores serão detalhados de seguida, permitindo uma melhor compreensão dos desafios associados ao IBSE.

No que se refere à falta de tempo, é inequívoco que uma atividade de investigação guiada leva mais tempo do que uma atividade de laboratório tradicionalmente estruturada, uma vez que os alunos projetam as suas experiências em vez de seguirem um procedimento predeterminado e testado. Projetar uma experiência é um processo demorado e implica o risco de erros, o que significa que o procedimento pode ter de ser revisto durante a atividade. Os professores muitas vezes sentem que não têm tempo suficiente para se prepararem e implementarem o IBSE (Cheung, 2007; Campbell et al., 2011; Romero-Ariza et al. 2020). Orosz et al. (2023) afirmam que há relativamente pouco tempo disponível para o estudo de um extenso conjunto de conhecimentos, o que faz com que a aprendizagem centrada no professor domine a sala de aula.

Já a falta de atividades de investigação eficazes, deriva do facto de uma grande parte dos recursos disponíveis seguir procedimentos de laboratório semelhantes aos de livros de receitas. Os problemas tendem a ser de natureza abstrata e distantes dos interesses e do quotidiano dos alunos. Portanto, não são um ponto de partida ideal para a introdução do IBSE. Cabe, portanto, ao professor a elaboração de atividades de investigação, o que é uma situação extremamente difícil dadas as horas que os professores passam na sala de aula. Os professores sentem a falta de recursos testados cientificamente como uma séria restrição (Orosz et al., 2023; Silm et al., 2017; Szalay et al., 2020).

Também os pontos de vista do professor, as suas crenças em relação ao ensino e à aprendizagem podem influenciar grandemente as abordagens de ensino que escolhem (Cheung, 2007; McKeown et al., 2016). Kotuľáková (2021) realizou um estudo para identificar as crenças dos professores sobre a eficácia da abordagem baseada na investigação no ensino das ciências, antes da formação contínua em desenvolvimento

profissional, para ajustar a instrução com base nos resultados obtidos, concluiu que “as crenças dos professores sobre a aprendizagem dos alunos, a pedagogia e o ensino baseado na investigação influenciam a sua escolha sobre as estratégias de ensino na sala de aula de ciências.” (p.5203. Tradução nossa). Num estudo, Cheung (2011) examinou as perceções dos professores de Química de Hong Kong e verificou que os professores que não utilizam o IBSE, são da opinião que os alunos não gostavam do método e consideram improvável que os alunos concebessem experiências numa aula regular de Química.

As dificuldades pedagógicas e de gestão, devem-se ao facto de muitos professores não se sentirem preparados para a implementação prática desta abordagem. Os desafios incluem a seleção de problemas de investigação, formas adequadas de apoio aos alunos e avaliação do processo de trabalho. A implementação do IBSE entre professores mais novos é limitada pela falta de compreensão da ciência e da natureza da investigação científica, bem como pela falta de conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico do conteúdo (Colburn, 2004; Roehrig & Luft, 2004). Também Petermann e Vorholzer (2022) afirmam que:

Em resumo, as considerações teóricas e os resultados empíricos apoiam o pressuposto de que as crenças dos professores relacionadas com o objeto sobre o ensino e a aprendizagem da investigação científica e as suas crenças relacionadas com a sua capacidade de ensinar e realizar a investigação científica têm impacto na implementação de instruções explícitas sobre a investigação científica no seu ensino das ciências. (p. 4. Tradução nossa)

Uma atividade de investigação guiada exige mais do professor do que uma atividade laboratorial tradicional. Os alunos que trabalham em grupos muitas vezes elaboram experiências diferentes, que são então conduzidas em paralelo. O professor tem que acompanhar o trabalho de cada grupo e deve estar preparado para poder ajudar quem precisar (Campbell et al., 2011; Furtak, 2006). Pode ser difícil envolver os alunos na aprendizagem, especialmente se eles não perceberem a relevância da investigação ou não quiserem pensar por si próprios e apenas esperarem que lhes sejam dadas as respostas certas (Orosz et al., 2023). A aprendizagem por investigação guiada dá mais liberdade aos alunos, o que por sua vez significa maior responsabilidade. Além de que diferentes grupos podem realizar experiências diferentes e, portanto, exigir instrumentos e materiais diferentes, alguns dos quais podem não estar disponíveis. Manter um registo

dessas necessidades e adquirir o equipamento representa uma carga adicional para os professores.

A existência de turmas grandes, torna mais difícil concluir os preparativos necessários, conduzir a atividade e arrumar depois. Algumas escolas também podem não ter a infraestrutura necessária para a implementação de sessões laboratoriais com turmas numerosas (Kang & Keinonen, 2016). Este fator influencia a questão de problemas de segurança, pois quanto maior o número de alunos participantes numa atividade, mais difícil será garantir o cumprimento rigoroso dos procedimentos de segurança. Como os alunos podem realizar experiências diferentes, o professor necessita avaliar possíveis riscos antes de permitir que os alunos prossigam com as atividades. Isso aumenta a carga de trabalho do professor.

Relativamente ao risco de equívocos dos alunos, é sugerido que na ausência de apoio e discussão suficientes pelo professor, os alunos podem fazer observações incompletas e tirar conclusões incorretas, o que pode conduzir ao reforço de equívocos existentes ou mesmo ao surgimento de novos (Kirschner et al., 2006).

No que se refere às questões de avaliação, a avaliação das atividades de investigação não é uma tarefa trivial, uma vez que os testes convencionais que medem o conhecimento do conteúdo e algumas competências específicas não fornecerão resultados válidos e confiáveis. É importante utilizar métodos de avaliação alternativos, como a observação dos alunos durante as atividades de investigação e a classificação das suas apresentações, relatórios de laboratório ou portfólios (Harlen, 2013). Estes aumentam a validade das avaliações, mas requerem mais tempo para serem realizados. No IBSE pode ser aplicada uma variedade de instrumentos de avaliação sendo os mais utilizados portfólios, rubricas, mapas conceituais, gráficos de monitorização e grelhas de autoavaliação (Bass et al., 2009; NRC, 2000).

Embora o IBSE reúna um consenso alargado enquanto abordagem pedagógica fundamental para o ensino de ciências, alguns autores são céticos quanto à sua eficácia, justificando esse ceticismo com base em perspetivas tanto pedagógicas como psicológicas (Hodson, 2014; Jerrim et al., 2022; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Kirschner et al., 2006; Zhang, 2016).

Assim, de uma forma geral, consideram que o IBSE é mais eficaz para alunos mais velhos e com conhecimentos e competências mais desenvolvidas, salientando, porém, que o stress da sobrecarga da memória de trabalho também pode afetá-los. Por outro lado, os alunos mais jovens precisam de mais apoio devido às suas estruturas cognitivas

menos desenvolvidas e ao conhecimento prévio mais limitado. Logo, é fundamental ajustar os métodos de implementação ao ambiente de aprendizagem. Se uma atividade de investigação tiver um reduzido envolvimento do professor, isso pode aumentar a carga cognitiva e, conseqüentemente, sobrecarregar a memória de trabalho dos alunos, o que poderá resultar numa diminuição do nível de compreensão e num conhecimento fragmentado ou mesmo no surgimento de conceitos errados (Kirschner et al., 2006, Zhang, 2016). A solução reside na aprendizagem por investigação adequadamente orientada, com o equilíbrio correto entre a liberdade do aluno e o apoio do professor (Kirschner et al., 2006).

No estudo que desenvolveram em Inglaterra sobre a relação entre ensino baseado em investigação e o desempenho dos alunos, Jerrim et al. (2022) obtiveram resultados que indicam que o ensino baseado na investigação tem uma relação muito fraca com o desempenho em ciências e que quaisquer efeitos positivos estão limitados a níveis moderados de investigação combinados com níveis elevados de orientação. Segundo os autores, altos níveis de investigação ou investigação não orientada não têm qualquer relação com o sucesso na aprendizagem. Concluem, assim, que as atividades de investigação são menos eficazes do que formas mais diretas de instrução exceto nos casos em que a investigação é altamente orientada.

Também Kirschner et al. (2006) argumentam que o ensino baseado em investigação é menos eficaz do que formas de ensino mais orientadas. Estes autores consideram que formas de instrução muito pouco orientadas, nas quais os alunos são colocados em contextos de aprendizagem investigativa e instados a descobrir os princípios fundamentais e bem conhecidos da ciência, são abordagens que ignoram tanto a estrutura que constitui a arquitetura cognitiva humana quanto as evidências de estudos empíricos que indicam que a instrução minimamente orientada é menos eficaz e menos eficiente do que as abordagens instrucionais que colocam uma forte ênfase na orientação. Em conclusão, consideram que a orientação do professor desempenha um papel importante na aprendizagem dos alunos e os métodos que não proporcionam aos alunos a orientação de que necessitam são provavelmente ineficazes.

Convém realçar que de acordo com Hmelo-Silver et al. (2007), a abordagem da investigação descrita por Kirschner et al. (2006) não tem em consideração os diferentes níveis de orientação fornecidos no IBSE.

3.4. Diferentes tipos de IBSE

Existem diferentes tipos de investigação em sala de aula de ciências com diferentes impactos na aprendizagem científica dos alunos. Abrams et al. (2007) sugerem que é necessário descrever o objetivo que se tem para a investigação e a abordagem instrucional que se utiliza para envolver os alunos na investigação. Segundo Blanchard et al. (2010), os professores normalmente utilizam a investigação na sala de aula com um ou mais dos seguintes objetivos: (1) compreender como a investigação científica procede e como isso molda o conhecimento que produz; (2) ser capaz de realizar com sucesso uma atividade com alguma semelhança a uma investigação científica; (3) construir uma compreensão do conhecimento da ciência. Uma vez decidido o objetivo ou objetivos principais da investigação em sala de aula, é útil descrever a abordagem instrucional nela utilizada. O nível de investigação depende de quem é responsável pela atividade, ou seja, é estabelecido mediante a informação e orientação dadas aos alunos e o envolvimento do professor e têm dificuldade crescente, como se pode observar na Tabela 2.

Tabela 2

Diferentes Tipos de IBSE (Bell et al., 2005; Blanchard et al., 2010, Tradução nossa)

Nível	Tipo	Problema Questão	Procedimento Método	Interpretação dos resultados/Solução
0	Verificação	Dada pelo professor	Dado pelo professor	Dada pelo professor
1	Estruturada	Dada pelo professor	Dado pelo professor	Aberta para o aluno
2	Guiada	Dada pelo professor	Aberto para o aluno	Aberta para o aluno
3	Aberta	Aberta para o aluno	Aberto para o aluno	Aberta para o aluno

Na investigação de nível 0, verificação, também designada por confirmação, o professor fornece aos alunos as questões de investigação, os métodos de recolha de dados e a orientação sobre como interpretar os dados para responder às questões de

investigação. As conclusões não são imediatamente óbvias para os alunos durante as atividades, mas o professor orienta para a conclusão esperada.

Blanchard et al. (2010), considera que utilizando este quadro, a investigação, embora a níveis diferentes, corresponde a qualquer investigação científica, que abrange também a instrução laboratorial de verificação. Portanto, dentro deste quadro, mesmo os laboratórios de “livros de receitas” são uma forma de investigação (Blanchard et al., 2010; Stender et al., 2018).

Banchi e Bell (2008) enquadra neste nível a situação em que os alunos recebem uma questão e um procedimento para confirmar ou reforçar uma ideia previamente aprendida ou praticar competências específicas de recolha e registo de dados.

Baharom et al. (2020) afirma que neste nível é onde os alunos verificam um princípio ou lei da Ciência, cujos resultados são conhecidos.

Estas atividades de confirmação ou verificação, com o nível mais baixo de controlo do aluno, nem sempre são consideradas investigação (Bevins & Price, 2016; Orosz et al. 2023; Partanen, 2022; Wood & Levy, 2015; Zion & Mendelovici, 2012). Para estes autores existem os outros três níveis de IBSE.

Na aprendizagem por investigação estruturada, nível 1, as questões e os métodos de investigação, são fornecidos pelo professor, mas os alunos são responsáveis pela análise e interpretação dos dados. O aluno terá de construir explicações suportadas pelas evidências que foram reunidas (Banchi & Bell, 2008; Blanchard et al., 2010; Stender et al., 2018).

De acordo com Orosz et al. (2023), este tipo de aprendizagem oferece oportunidades limitadas para a capacidade de pensar de forma autónoma e a atenção dos alunos é dirigida para um caminho predeterminado que conduz à solução. Este método pode ser útil para desenvolver competências de investigação relativamente simples (como por exemplo, observação, levantamento de hipóteses, medição, interpretação de dados, discussão de resultados) ou para introduzir os alunos na aprendizagem baseada na investigação.

A ênfase na investigação estruturada, segundo Zion e Mendelovici (2012), está num processo de investigação que começa com a identificação de uma questão e termina com a elaboração de conclusões adequadas baseadas em evidências. No entanto, o processo de investigação científica também inclui observação e inferência, distinção entre teorias e leis e a coordenação de ideias com evidências. Logo, a investigação

estruturada, onde os processos e resultados são “conhecidos antecipadamente”, funciona bem apenas para desenvolver competências básicas de investigação que são inadequadas para apreciar a natureza real da ciência.

Na aprendizagem por investigação guiada, nível 2, os alunos são responsáveis pela determinação do método de investigação (por exemplo, formulação de hipóteses, desenho experimental) e como interpretar os dados, sendo apenas fornecida ao aluno a questão/problema. Os alunos planificam e seguem os seus próprios procedimentos para recolher dados e formular conclusões que respondam a uma questão colocada pelo professor.

Estas atividades proporcionam uma oportunidade de aprendizagem cooperativa e deixam mais espaço para a criatividade dos alunos e o desenvolvimento das suas competências e habilidades (Orosz et al., 2023). Esta aprendizagem, inclui vários tipos de orientação, conforme é amplamente discutido na literatura disponível (ver, por exemplo, de Jong et al., 2023; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019; Zacharia et al., 2015). A orientação pode assumir a forma de restrições impostas à investigação que está a ser conduzida ou de sugestões e estímulos para ajudar os alunos no processo de investigação (De Jong & Lazonder, 2014). Evidências meta-analíticas sugerem que formas mais guiadas de aprendizagem por investigação tendem a ser mais eficazes do que a descoberta não guiada na ciência (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016).

Na aprendizagem por investigação aberta, nível 3, os alunos escolhem um método de recolha de dados e interpretam os dados para responder às suas próprias questões de investigação, assumindo assim a responsabilidade por todos os aspetos principais da investigação. Este tipo de atividade proporciona o maior nível de liberdade e exige as mais avançadas competências de investigação, capacidade de raciocínio e criatividade, mas também significa o mais elevado nível de responsabilidade (Orosz et al., 2023).

Hudson (2014) afirma que apenas a investigação aberta satisfaz plenamente os critérios de fazer ciência. De acordo com alguns autores, (Blanchard, 2006; Blanchard et al., 2010; Lazonder & Harmsen, 2016) em salas de aula dinâmicas estas designações podem nem sempre ser claras. Muitas vezes, os professores necessitam de prestar apoio para ajudar os alunos a formular questões ou a responder à questão problema, apesar da intenção inicial de promover a autonomia do aluno nestas tarefas.

Blanchard et al. (2010), afirmam que é importante reconhecer que não existe uma forma ideal de investigação que se estenda a todos os conteúdos ou contextos. O nível de

investigação deve ser adaptado ao objetivo que um professor tem para a investigação, às características do seu contexto de ensino, ao nível de competências do aluno e aos materiais disponíveis para ser utilizado de forma otimizada.

Abels (2015) considera que cada tipo de investigação tem os seus próprios desafios e focos, incluindo para os professores que estruturam o processo, uma vez que em cada nível exige que o professor desempenhe uma função diferente. Assim:

A abordagem de investigação baseada em níveis torna-se inclusiva quando diferentes alunos têm a oportunidade de trabalhar em diferentes níveis na mesma sala de aula, sobre o mesmo tópico e ao mesmo tempo. Isto é possível através da disponibilização de materiais de apoio individualizados. (p.82. Tradução nossa)

As investigações abertas normalmente requerem experiências anteriores com investigação e também alguns conhecimentos e competências prévios e, consequentemente, só são apropriadas para ensinar e aprender certos tipos de conteúdo (Abrams et al., 2007). Stender et al. (2018) consideram que os alunos mais jovens e menos experientes devem trabalhar em atividades de nível inferior, enquanto os alunos com mais experiência devem trabalhar em atividades de aprendizagem por investigação mais complexas para praticar e melhorar as suas competências de processo científico. Segundo estes autores as atividades de investigação do nível 3 requerem um maior número de operações mentais e, portanto, uma maior capacidade de memória de trabalho, bem como um melhor controlo executivo da atenção, em comparação com os outros níveis.

Segundo Vorholzer e von Aufschnaiter (2019) o grau de autonomia que os alunos têm durante a investigação pode ser definido com base na medida em que são responsáveis pela tomada de decisões. Uma investigação que proporciona baixo grau de autonomia do aluno é aquela em que o professor determina quais as questões a investigar, quais os métodos a utilizar e como recolher e analisar os dados, a tarefa dos alunos é colocar em prática as decisões dos professores. Em contraste, um elevado grau de autonomia do aluno é dado quando este é inteiramente responsável por tomar decisões sobre questões e procedimentos. Mesmo que os alunos realizem apenas uma experiência para recolher dados, ainda existe alguma autonomia, uma vez que os alunos podem decidir, por exemplo, quantas medidas recolher, com que frequência e em que intervalos as medições devem ser recolhidas, quantas repetições são necessárias.

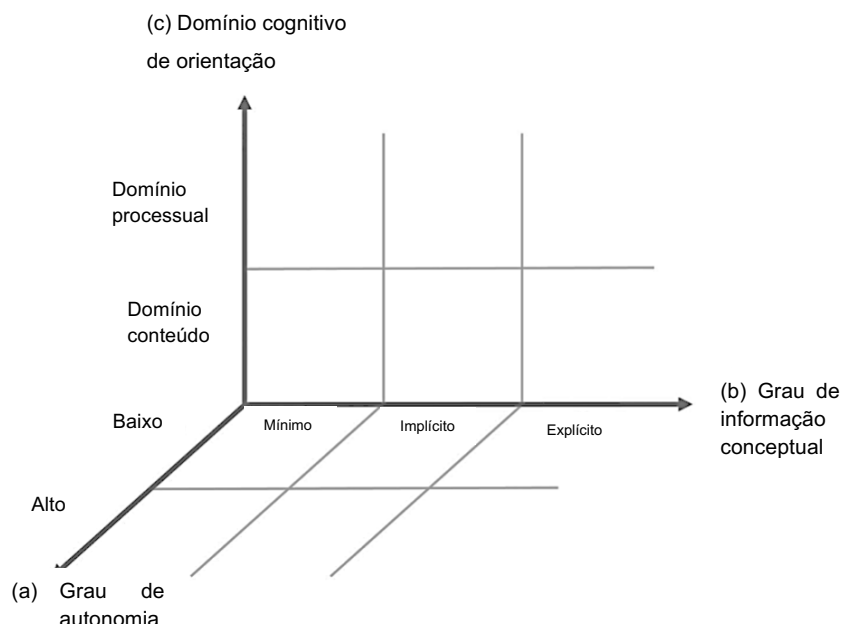
Bruck et al. (2008) salientam que o mesmo nível de IBSE tende a ser definido de maneiras diferentes no ensino secundário e no ensino superior. Para evitar dificuldades terminológicas, alguns investigadores simplesmente atribuem rótulos numéricos a níveis individuais, onde um valor mais elevado indica maior liberdade do aluno (por exemplo, Fay et al., 2007).

Aditomo e Klieme (2020) verificaram que a investigação guiada estava positivamente associada aos resultados de aprendizagem, o que está de acordo com a meta-análise conduzida por Furtak et al. (2012), que concluíram que o IBSE liderada por professores teve um efeito maior na aprendizagem do que a IBSE liderada por alunos e, por isso, enfatizaram a importância da orientação do professor nas atividades. Segundo Chou et al. (2022), o IBSE reduz a disparidade de desempenho entre os alunos com melhores e piores resultados.

De acordo com Vorholzer e von Aufschnaiter (2019) a eficácia de um determinado tipo e quantidade de orientação depende do objetivo de aprendizagem a ser alcançado. No seu artigo, estes autores identificam três dimensões na forma como a orientação é implementada: (a) grau de autonomia; (b) grau de informação conceptual e (c) domínio cognitivo da orientação, como representado na Figura 2.

Figura 2

Dimensões da Orientação (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019 p.1564. Tradução nossa)



O grau de autonomia refere-se à quantidade de oportunidades que os alunos têm para tomar decisões individuais, o grau de informação conceptual é a natureza do feedback, das explicações e das estratégias que os alunos recebem explícita ou implicitamente e o domínio cognitivo da orientação diz respeito ao tipo de conhecimentos e competências a que a orientação se refere.

Nas abordagens minimamente guiadas, os alunos não recebem ajuda durante a investigação. Nessas abordagens, espera-se que os alunos aprendam sozinhos através de tentativa e erro ou tentem resolver problemas práticos sem apoio instrucional ou feedback sobre o seu desempenho. O único suporte que a orientação mínima pode abranger são informações básicas sobre a tarefa (por exemplo, sobre propriedades dos objetos/variáveis que poderiam ser potencialmente investigadas).

Como neste estudo os módulos de IBSE foram aplicados a alunos do ensino secundário, optou-se por implementar o método de investigação guiada, em que o professor fornece os alunos a questão a investigar, os alunos são responsáveis por determinar o método de investigação e como interpretar os resultados.

3.5. Modelos para implementação do IBSE

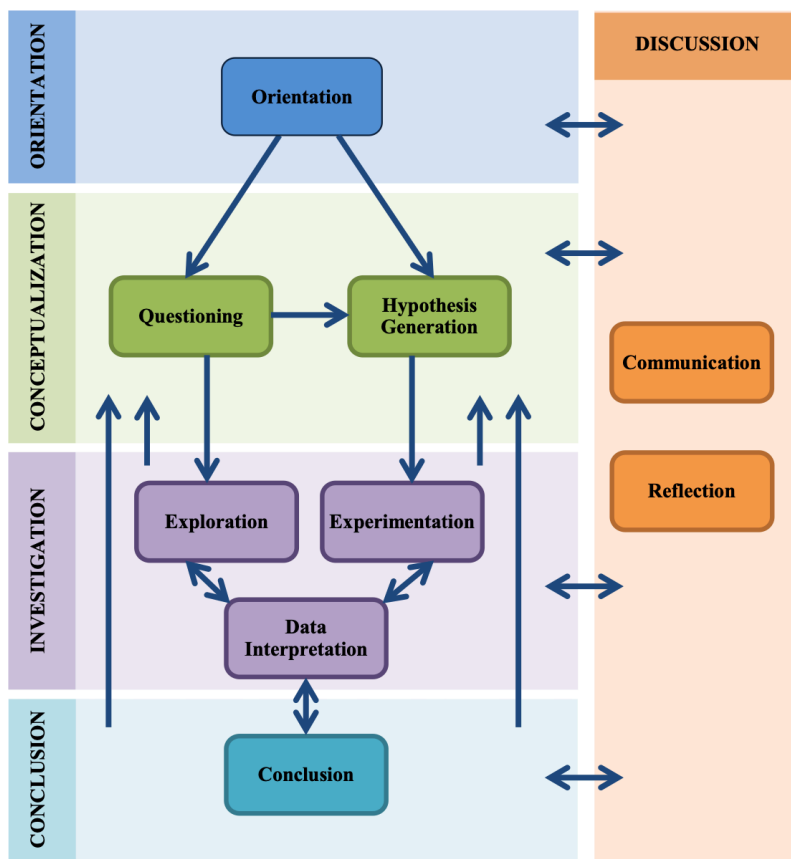
Os investigadores em educação científica tentam desenvolver estratégias de ensino centradas no aluno, nomeadamente, recorrendo a ciclos de aprendizagem, que permitam aos professores conduzir uma série de atividades significativas para os alunos e os ajude a praticar as suas competências de pensamento crítico.

De acordo com Boğar (2019), modelo educacional significa uma aplicação organizada de algumas etapas e decisões para a educação.

Com base numa cuidada revisão de literatura, Pedaste et al. (2015), referiram que o IBSE pretende envolver os alunos num autêntico processo de descoberta científica. Do ponto de vista pedagógico, o processo científico complexo é dividido em unidades menores, logicamente ligadas que orientam os alunos e chamam a atenção para aspetos importantes do pensamento científico. Estas unidades individuais são chamadas fases de investigação e o seu conjunto de conexões forma um ciclo de investigação. Pedaste et al. (2015) desenvolveram uma *framework* cujo ciclo compreende cinco fases: orientação; conceptualização; investigação; conclusão e discussão, como se ilustra na Figura 3. Os alunos devem definir um problema de investigação e formular uma questão de investigação com base na qual uma previsão e/ou hipótese possa ser proposta. Depois, devem planear e realizar uma investigação de forma a verificar a previsão e/ou hipótese, recolher os dados e interpretá-los de tal forma que seja possível encontrar uma resposta à questão de investigação e, por fim, tirar uma conclusão e comunicar as suas descobertas aos outros.

Figura 3

Ciclo de IBSE (Pedaste et al., 2015, p.56)



Uma visão comum sobre os ciclos de investigação é a de que seguem uma sequência organizada de etapas bem definidas. Contudo, como enfatiza Pedaste et al. (2015), é essencial reconhecer que este processo não é linear nem rígido:

A forma como um ciclo de investigação é apresentado sugere normalmente uma sequência ordenada de fases. No entanto, os investigadores têm também o cuidado de acrescentar um aviso de que a aprendizagem baseada na investigação não é um processo linear, uniforme e prescrito. As ligações entre as fases podem variar consoante o contexto. (p.49. Tradução nossa)

Estes autores, com base na análise de vários artigos, verificaram que na literatura são utilizadas diferentes terminologias para rotular as fases, mas que na sua essência são as mesmas.

Segundo Marfilind et al., (2020) embora existam várias versões de modelos de investigação, todos começam com uma etapa explícita para chamar a atenção dos alunos e estabelecer a ligação aos seus conhecimentos prévios. Em todos eles o

professor assume o papel de facilitador. Na revisão da literatura verificaram que os ciclos de aprendizagem conduzem a uma melhor aquisição das conceções científicas do que os métodos tradicionais, que o ciclo de aprendizagem é um método eficaz para esclarecer os processos de pensamento dos alunos e corrigir os seus equívocos e que contribui para a construção de conhecimento e o desenvolvimento de competências de autorregulação, de investigação, como argumentação, previsão e teste de hipóteses. Referem ainda que o ciclo de aprendizagem estimula a investigação e permitem que os alunos adquiram as competências necessárias para as suas vidas futuras.

Para implementar a abordagem IBSE, estão descritas na literatura educacional várias fases de investigação e de ciclos como, por exemplo, os modelos de ciclo de aprendizagem 5E (Bybee, 1997) e o 7E (Eisenkraft, 2003), ambos baseados na teoria construtivista.

O modelo 5E propõe uma metodologia de ensino de conceitos de ciência com uma abordagem em cinco fases, *Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*. A fase de *envolvimento* tem em consideração a experiência e o conhecimento anteriores do aluno, estes são motivados, suscitando a sua curiosidade e interesse relativamente a uma situação problemática. Na fase de *explorar*, os alunos podem realizar investigações. Os alunos bastante ativos no processo, fazem observações sobre a solução de um determinado problema, colocam questões, formulam hipóteses, recolhem dados, planificam e realizam experiências, analisam dados, verificam a validade das hipóteses que geraram, expõem as suas ideias trabalhando de forma colaborativa. Na fase de *explicar*, os alunos apresentam as suas conclusões fundamentando e argumentando com os resultados obtidos na etapa anterior. Esta fase também oferece oportunidade para os professores apresentarem diretamente um conceito, processo ou competência. Os alunos são envolvidos em novas experiências de aprendizagem que ampliam os conceitos, processos ou habilidades na fase de *elaborar*. Nesta fase, os alunos aplicam a sua compreensão do conceito realizando atividades adicionais. Finalmente, a etapa *avaliar* oferece aos alunos uma oportunidade importante de avaliar a sua aprendizagem, aplicando o que aprenderam e permite aos professores a possibilidade de avaliarem o progresso dos alunos no sentido de alcançar os objetivos educacionais (Boğar, 2019; Bybee et al. 2006; Jegstad, 2023; Nzomo et al. 2023).

Como exemplos da aplicação deste modelo 5E pode-se citar o estudo de Supasorn e Promarak (2015) que investigaram a compreensão conceptual dos alunos do 11.º ano de escolaridade, sobre os conceitos científicos de velocidade de reação Química, após

participarem no IBSE, com base no modelo 5E com analogias incorporadas. Este estudo verificou que a implementação de investigação apoiada por atividades de aprendizagem por analogia foi um meio eficaz para melhorar e reter a compreensão conceptual dos alunos sobre a velocidade de uma reação Química. Também Sotáková et al. (2020) desenvolveram atividades de investigação (confirmação) baseadas no modelo 5E e avaliaram o seu efeito na compreensão dos alunos sobre as alterações nas reações Químicas. Neste estudo, os autores também verificaram efeitos positivos na compreensão conceptual dos alunos.

O modelo de ciclo de aprendizagem 7E difere do 5E de duas formas: i) a fase de *engage* no 5E é expandida para *elicit* e *engage*, sendo dada maior ênfase à compreensão prévia e ao conhecimento tácito que pode ser usado como base para que a aprendizagem ocorra; ii) de igual forma, as fases de *elaborate* e *evaluate* são expandidas para as fases de *elaborate*, *evaluate* e *extend*, reforçando a importância de os alunos praticarem a mobilização dos conhecimentos para novas situações (Eisenkraft, 2003).

Balta e Sarac (2016) apresentam os resultados de uma meta-análise da eficácia do modelo 7E no ensino das ciências. Os resultados deste estudo confirmaram que este modelo tem um efeito positivo no desempenho dos alunos, pelo que consideram que este modelo é uma estratégia útil que deve ser incluída nos currículos de ciências. Estes resultados estão em concordância com várias meta-análises que surgem na literatura sobre as estratégias de ensino por esta abordagem. Também Adesoji e Idika (2015) verificaram que o modelo do ciclo de aprendizagem 7E e a aprendizagem baseada em casos (CBL), são mais eficazes na melhoria do desempenho e da atitude dos alunos do ensino secundário em relação à Química do que a estratégia de ensino convencional.

Suardana et al. (2018) demonstraram que as competências de pensamento crítico dos alunos de 11.º ano que aprenderam através do modelo 7E, baseado na cultura local, foram melhores do que as obtidas pelos alunos que aprenderam através do modelo de aprendizagem por descoberta. Isto porque o modelo 7E baseado na cultura local, utilizou os fenómenos da cultura local como meios de estímulos da aprendizagem, motivando os alunos para a compreensão dos conteúdos. Marfilind et al. (2020), também confirmam que a aplicação do modelo 7E tem um impacto positivo nos resultados de aprendizagem dos alunos e nas competências de pensamento crítico e tem um impacto positivo nos professores porque proporciona um ambiente de aprendizagem agradável.

No presente estudo, foram desenvolvidos dois módulos de ensino com base no modelo 7E, adaptado por Reis e Marques (2016), cujo resumo de cada fase se apresenta na Tabela 3. A opção por este modelo justifica-se pelo seu forte alinhamento com os princípios do ensino por investigação e pelo seu uso consolidado no ensino das ciências. Quando comparado com o modelo 5E, o 7E integra duas fases adicionais importantes: *Elicit*, que possibilita a mobilização dos conhecimentos prévios dos alunos, e *Extend*, que favorece a transferência do conhecimento para novas situações. Estas fases, conferem maior robustez à sequência didática, promovendo, de forma mais eficaz, o pensamento crítico, a autonomia e o desenvolvimento de competências investigativas. Trata-se, portanto, de uma estrutura especialmente adequada para planejar aprendizagens mais significativas e duradouras.

Tabela 3

Etapas do Modelo dos 7E: Uma Ampliação do Modelo IBSE dos 5E (Reis & Marques, 2016, pp 25-27)

Fase	Resumo
Envolvimento (<i>Engage</i>)	Esta etapa tem como objetivo despertar o interesse dos alunos – motivando-os para as tarefas subsequentes – e identificar os seus conhecimentos prévios sobre o(s) tópico(s) em estudo. O professor deve recorrer a situações-problema capazes de despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões a investigar.
Exploração (<i>Explore</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos se envolvam no(s) tópico(s) e construam conhecimento acerca dos mesmos - realizando atividades de pesquisa, atividades experimentais, ou outras, em que formulam hipóteses, planeiam e executam investigações preliminares. Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de se envolver diretamente com os fenómenos e materiais relacionados com o(s) tópico(s) de investigação - questionando, analisando dados e refletindo sobre os resultados. O professor deve atuar como um facilitador - fornecendo materiais e ajudando os alunos a manter o foco nos aspetos mais importantes.
Explicação (<i>Explain</i>)	Esta etapa tem como objetivo criar a oportunidade para os alunos partilharem com os pares e/ou com o professor o que aprenderam até então - fazendo uso de uma linguagem científica adequada. Pretende-se que durante este processo os alunos reflitam sobre as suas conceções cientificamente incorretas e sejam capazes de construir novas conceções, cientificamente corretas. Este momento constitui uma oportunidade para o professor introduzir e explorar mais aprofundadamente os conceitos científicos - promovendo uma maior compreensão por parte dos alunos, o que lhes permitirá explicar com maior facilidade e rigor o que aprenderam.
Ampliação (<i>Elaborate</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos mobilizem o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), aplicando-o a novas situações problema. Através deste processo pretende-se que os alunos desenvolvam uma compreensão mais abrangente e aprofundada dos conceitos, relacionando as novas experiências com as experiências anteriores.
Partilha (<i>Exchange</i>)	Esta etapa pressupõe o planeamento e a conceção de uma exposição interativa dos produtos da investigação desenvolvida pelos alunos. Pretende-se que os alunos partilhem com a comunidade os resultados das suas investigações – os produtos podem assumir diferentes formatos (póster, jogo, vídeo, entre outros). Trata-se de

	uma oportunidade para os alunos comunicarem, para um público mais alargado, o novo conhecimento construído. Esta etapa está em estreita relação com a etapa Ativismo (<i>Empowerment</i>), já que se pretende, através da exposição, consciencializar e sensibilizar os demais para as questões-alvo da investigação.
Ativismo (<i>Empowerment</i>)	Esta etapa desenvolve-se em simultâneo com as restantes; pretende-se envolver os alunos numa ação coletiva, fundamentada em pesquisa e investigação, tendo em vista a resolução de problemas sociocientíficos relacionados com temas científicos atuais. Desde cedo devem ser criadas oportunidades para que os alunos sintam valorizada a sua participação em todas as etapas do processo.
Avaliação (<i>Evaluate</i>)	Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de avaliar os seus conhecimentos e capacidades; o professor tem a possibilidade de avaliar o progresso dos seus alunos relativamente aos objetivos de aprendizagem estabelecidos. O processo avaliativo foca-se, sobretudo, nos alunos e na criação de oportunidades para que estes reflitam sobre o seu desempenho - fazendo uso da autoavaliação – mas também sobre as próprias tarefas realizadas. Esta etapa está presente ao longo da concretização das restantes etapas – é importante que os alunos tenham várias oportunidades para refletirem sobre o seu desempenho, dificuldades e resultados.

Apesar de nesta tabela as fases aparecerem de forma linear, é importante não esquecer o caráter dinâmico e interativo do ciclo de aprendizagem deste modelo. Assim, é possível alterar a sequência das fases a seguir, pelo que no presente estudo se optou por proceder à avaliação em fases intermédias, assim como a atividades que resultam da junção de diferentes fases.

3.6. O IBSE, o trabalho laboratorial e o desenvolvimento de competências

3.6.1 O IBSE e o trabalho laboratorial

O trabalho de laboratório é uma parte importante da educação em Química. No entanto, as aulas de laboratório que visam a obtenção de confirmação de uma ideia já ensinada nem sempre conseguem envolver os alunos no processo de fazer ciência (Stout, 2016). A conceção inerente ao IBSE implica que esta estratégia pedagógica é mais abrangente do que a implementação do trabalho prático no qual, geralmente, os alunos se limitam a observar e/ou manipular objetos ou materiais (Ramnarain, 2014).

Segundo Stout (2016), os alunos que utilizaram o *inquiry* nas aulas de laboratório, sentem-se, de uma forma geral, mais confortáveis em novas situações de laboratório e, muitas vezes, aprendem mais do que outros alunos. Verificou ainda que, mesmo passado algum tempo, estes alunos tendem a trabalhar de forma mais independente no laboratório e são mais profundamente e intelectualmente empenhados na realização das experiências.

Algumas investigações foram feitas para comparar o recurso a uma investigação com a abordagem laboratorial que visa a obtenção de confirmação de uma ideia já ensinada. No ensino tradicional de laboratório, o professor fornece instruções explícitas que detalham as experiências e observações que os alunos devem fazer, a explicação precede a experimentação. Este tipo de experiência fornece aos alunos instruções passo a passo para chegar a uma conclusão conhecida, a experimentação é realizada como um “livro de receitas” apenas para confirmar o que o professor ou o livro didático já explicou. Assim o foco desta instrução está em factos, conceitos, terminologia científica e na verificação de resultados existentes, os alunos não procuram aprender algo novo por si próprios (Luska, 2022; Partanen, 2022; Trout et al., 2008). Embora as aulas de laboratório tradicionais proporcionem aos alunos a oportunidade de aperfeiçoar as suas competências laboratoriais práticas, os laboratórios baseados em receitas têm sido criticados por não fornecerem uma representação autêntica do processo científico, enquanto não desenvolvem suficientemente as competências de resolução de problemas e de pensamento crítico dos alunos (Weeler et al. 2017). A vantagem deste método é de natureza económica, pois permite a realização de mais experiências (Partanen, 2022).

Uma vez que a educação científica tradicional se concentra na transmissão de conhecimento, os alunos tendem a ver a ciência como um simples conjunto de factos, em vez de um processo de descoberta que requer competências de resolução de problemas, pelo que é fundamental que o ensino laboratorial promova um ambiente centrado no aluno para inspirar e motivar os alunos (Kim, 2022).

A criação de experiências baseadas na investigação tem sido um foco na educação Química para substituir os laboratórios expositivos (Kim, 2022; Luska, 2022). Idealmente, as experiências baseadas na investigação apresentam um problema aos estudantes e permitem-lhes desenvolver o seu próprio método para responder a esta questão científica. Os alunos utilizarão o seu próprio procedimento para fazer observações e recolher dados que irão analisar e, em última análise, utilizar para tirar as suas próprias conclusões. Considera-se que as experiências baseadas na investigação preparam melhor as capacidades analíticas dos estudantes (Luska, 2022), permitem que os alunos se envolvam em práticas científicas autênticas (Roller et al., 2021), têm um efeito mais positivo no nível de pensamento crítico dos alunos (Duran & Dökme, 2016) e pode melhorar o interesse e a aprendizagem dos alunos (Ritter & Abraham, 2022).

A aprendizagem por investigação guiada melhora perceção do aluno sobre a aprendizagem, assim como as suas competências laboratoriais. Seguir instruções passo a passo é consideravelmente mais simples do que projetar e realizar atividades experimentais sozinhos ou em grupos (Orosz et al., 2023; Wleeler, 2017). As atividades de investigação guiada aumentam a autonomia dos alunos, o interesse pela Química e a preparação para futuras investigações (Ritter & Abraham, 2022).

O IBSE nos cursos laboratoriais de Química, aumenta a literacia científica dos alunos as suas competências de investigação, melhora o interesse e a compreensão dos alunos pela ciência, proporciona aos alunos uma oportunidade para desenvolver o seu pensamento crítico e as suas capacidades de resolução de problemas (Chu et al., 2023).

Kadayfçı et al. (2023), realizaram um estudo sobre a compreensão dos alunos em relação a algumas características importantes das reações competitivas de eliminação e substituição de álcoois através de uma atividade de investigação guiada com duas experiências laboratoriais de Química Orgânica. Os autores verificaram que a criação de um ambiente de atividades guiadas e baseadas na investigação pode permitir que os alunos aprendam de forma mais ativa, tomando decisões, seguindo as suas ideias e fazendo descobertas, em vez de confirmar resultados conhecidos. Com base nos resultados do estudo, verificaram que a realização comparativa e integrada das duas experiências e a condução da atividade guiada pela investigação são eficazes para a compreensão conceptual dos alunos e estes têm opiniões positivas sobre este tipo de ensino.

Para testar a eficácia dos métodos baseados na investigação para melhorar o envolvimento dos alunos e melhorar a experiência de aprendizagem dos alunos, Kim (2022) implementou uma atividade de produção de biodiesel a partir de óleo alimentar residual num contexto social e cultural. A atividade aplicou um método baseado na investigação guiada, numa prática laboratorial centrada no aluno. A pesquisa indicou que a atividade baseada na investigação guiada é uma ótima alternativa às atividades laboratoriais de Química processual porque melhorava a experiência de aprendizagem do aluno e aumentava a sua compreensão conceptual. Nesta atividade, os alunos eram responsáveis pela sua aprendizagem pois tinham poder para planear as suas atividades laboratoriais enquanto progrediam na experiência de aprendizagem. Segundo a autora, a lei de Nova Iorque que exige a eliminação de óleo alimentar usado foi uma forma significativa de enraizar a investigação na sala de aula e fazer com que os alunos valorizassem o papel da Química na sua vida quotidiana. No geral, os alunos ganharam

confiança em fazer e aprender Química e melhoraram a sua atitude em relação à matéria. Os resultados também sugeriram que os alunos com diferentes formações educacionais tiveram contribuições importantes para o desenvolvimento de planos de aula significativos e impactantes, aumentou a consciência dos alunos sobre a relevância entre a aprendizagem em Química e as suas experiências da vida real e permitiu aos alunos contactarem com várias formas de comunicação científica.

As atividades laboratoriais tradicionais sobre o biodiesel focam-se nos procedimentos e na validação do seu conceito adquirido em sala de aula. No entanto, as atividades recentes têm-se esforçado por se alinhar com a metodologia baseada na investigação avaliando questões sociais e ambientais, competências de processo, comunicação ou a natureza da ciência (Kim, 2022). No caso da produção de biodiesel a partir de óleo alimentar usado, Clarke et al. (2006) referiram que uma abordagem orientada para a investigação apoia os alunos na tomada de decisões baseadas em evidências.

No campo da Química Orgânica, existem evidências de que o desenvolvimento de aulas de laboratório baseadas na investigação guiada, proporcionam uma compreensão mais profunda do trabalho em laboratório, melhoram as capacidades de resolução de problemas dos alunos e o seu gosto pelos alunos pelas atividades laboratoriais (Luska, 2022).

Uma limitação inerente ao recurso a muitos procedimentos laboratoriais baseados em investigação que são relatados na literatura, envolve o facto destas experiências serem direccionadas para um resultado singular para todo o corpo discente. Assim, Luska (2022) concebeu uma experiência baseada em investigação guiada e com múltiplos resultados, para garantir que os alunos desenvolvem os seus próprios conjuntos de dados e/ou procedimentos durante as atividades de investigação sem lhes serem fornecidas as soluções pelos alunos que já concluíram a disciplina, o que permite aos novos alunos, obter todos os benefícios da aprendizagem baseada na investigação. Nesta atividade os alunos desenvolvem o seu próprio procedimento de separação de uma mistura de corantes de três componentes. Os alunos avaliam primeiro as solubilidades dos corantes atribuídos em condições bifásicas ácidas, neutras e básicas, depois concebem um procedimento de extração líquido-líquido em duas etapas e executam-no no laboratório para validar a sua eficácia. Como resultado da atividade os alunos sentiram que esta experiência lhes permitiu desenvolver as suas competências laboratoriais, melhorar a sua compreensão conceptual, melhorar as suas capacidades de resolução de problemas e de pensamento crítico e aumentar o seu envolvimento e prazer no laboratório.

De uma forma geral, as pedagogias IBSE têm um grande efeito na aprendizagem dos alunos em Química, mesmo em tarefas que não têm caráter laboratorial. Para além de ensinar aos alunos o conteúdo curricular, desenvolvem competências transversais como a cooperação, a gestão do tempo, o pensamento crítico (Treagust et al., 2020) e melhoram a compreensão conceptual (Kimberlin & Yeziarski, 2016). Com esta abordagem pedagógica os alunos utilizam com maior frequência estratégias metacognitivas associadas à aprendizagem autorregulada, como por exemplo darem respostas mais corretas e/ou elaborarem explicações científicas mais completas e, através da autoavaliação dos processos de aprendizagem e dos resultados da aprendizagem, aperfeiçoam o pensamento cognitivo (Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, 2021). É, também, eficaz para a aquisição de competências no processo científico (planear experiências, construir tabelas de dados, elaborar e interpretar gráficos, determinar as variáveis em estudo, formular hipóteses e alterar e controlar variáveis) (Gultepe & Kilic, 2015).

3.6.2. O IBSE e as competências dos alunos

O IBSE tem-se destacado como uma abordagem pedagógica eficaz no desenvolvimento de competências essenciais nos alunos, especialmente no contexto das disciplinas científicas. Ao promover uma aprendizagem ativa, o IBSE transcende a simples memorização de conteúdos, estimulando competências como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a criatividade e a comunicação, assim como pode criar ambientes educativos mais motivadores, pelo que continua a ser uma abordagem recomendada para o ensino de ciências na escola (Aditomo & Klieme, 2020; Adler et al., 2018; Crawford, 2014; Strat et al. 2023).

Nos últimos anos, a expressão “práticas científicas” tornou-se predominante e é frequentemente utilizada como sinónimo de IBSE (Crawford, 2014; Cruz-Guzmán et al., 2020; NRC, 2012; Rönnebeck et al., 2016). Subjacentes a estas práticas estão duas novas competências: “desenvolver e usar modelos” e “usar matemática e pensamento computacional” (de Jong et al., 2023).

De acordo com Osborne (2014a), a melhor forma de aprender ciências é proporcionar aos alunos a oportunidade de se envolverem em investigação científica na sala de aula com a maior frequência possível. Um modelo de ciência exige que os alunos aprendam explicitamente não apenas os conteúdos específicos de um domínio, mas também um

corpo de conhecimento processual e epistémico básico que é essencial para se envolverem na avaliação crítica de qualquer atividade ou relatório científico.

Quando se pede aos alunos que se envolvam na investigação, esta, além de servir para ilustrar fenómenos específicos, é também usada para desenvolver um conhecimento do conteúdo, dos procedimentos ou dos critérios e construções epistémicos que são uma característica da ciência (Osborne, 2014a).

Outra competência essencial é a escrita científica, que não se limita à simples redação de textos, mas envolve um processo complexo que exige competências cognitivas, linguísticas e comunicativas de alto nível (Luy-Montejo, 2019). Vários estudos mostraram que o IBSE contribui para a capacidade de desenvolver competências de redação científica em estudantes universitários, nomeadamente, no que se refere à sua capacidade de escrever resumos de investigação, revisões de literatura e uma maior capacidade de comunicar as suas conclusões de forma clara e precisa.

Lin et al. (2023) analisaram as práticas pedagógicas eficazes que podem ajudar os alunos a adquirir competência de escrita científica através da aprendizagem baseada na investigação, realizando uma revisão sistemática de 40 estudos empíricos publicados entre 2000 e 2021. Neste estudo de revisão, a literacia científica refere-se às capacidades dos alunos para ler, escrever, raciocinar e utilizar textos para representar conceitos científicos. Quando o desenvolvimento da literacia é enquadrado no contexto do IBSE, os alunos não só aprendem a ler e escrever textos científicos, mas também a realizar investigações práticas baseadas em textos, como afirmam Pearson et al. (2010).

Na revisão de Lin et al. (2023), as competências de argumentação, explicação e reflexão foram identificadas como importantes para a interpretação e redação de textos científicos e revelou que o IBSE pode desenvolver o pensamento científico e as competências de escrita científica dos alunos.

Wildan et al. (2019) apresentam um estudo em que implementaram uma abordagem de investigação gradual que envolveu, sequencialmente, uma investigação estruturada, uma investigação guiada e uma investigação aberta, para melhorar as competências de comunicação e as atitudes científicas. As variáveis medidas neste estudo foram as competências de comunicação e as atitudes científicas. O instrumento utilizado para medir as competências de comunicação envolveu as competências de comunicação escrita, verbal e social, juntamente com indicadores de atitude científica, incluindo curiosidade, abertura de espírito, objetividade, honestidade no relato de resultados,

responsabilidade e respeito mútuo. Os resultados deste estudo revelaram que as turmas que implementaram a investigação gradual tiveram pontuações mais elevadas em competências de comunicação e atitudes científicas do que aquelas que realizaram abordagens expositivas. O envolvimento dos alunos na investigação aumenta a sua capacidade de construção de conhecimentos e de construção de argumentos, além de aumentar a sua motivação para a aprendizagem.

Sampson e Walker (2012) analisaram a forma como a capacidade dos alunos universitários para escrever textos científicos se alterou ao longo do tempo, à medida que realizavam atividades laboratoriais concebidas com base em investigação guiada para a argumentação. Os relatórios escritos durante cada uma das seis atividades laboratoriais foram utilizados para examinar as mudanças nas competências de escrita dos alunos ao longo do tempo, verificando-se nos alunos melhorias significativas na sua capacidade de escrever sobre ciência, revelando, também uma maior habilidade para avaliar a qualidade da escrita dos seus pares.

Jang e Hand (2017) apresentam um estudo no qual demostram que os alunos que foram treinados numa abordagem de investigação baseada na argumentação têm um bom desempenho numa tarefa de escrita explicativa.

Tseng et al. (2022) exploraram a eficácia da leitura reflexiva de artigos científicos no desempenho de investigação de alunos de 10.º ano que participaram na leitura e discussão de artigos científicos e no planeamento das suas próprias experiências. Os resultados deste estudo revelaram que os desempenhos de investigação científica dos alunos do grupo experimental na formulação de questões de investigação e no planeamento de procedimentos experimentais, podem ser efetivamente melhorados através da leitura e da reflexão sobre o desenho experimental. Este estudo procurou compreender melhor de que forma o desempenho dos alunos na investigação científica pode ser apoiado pela leitura de artigos científicos. A investigação sobre as práticas de leitura dos alunos e as interações de aprendizagem revelaram que o facto de os alunos lerem e discutirem artigos científicos contextuais, com destaque para a explicação dos procedimentos de investigação, contribui para o desenvolvimento da competência de investigação dos alunos na formulação de questões de investigação e na conceção de procedimentos experimentais. Estes alunos foram capazes de apontar falhas específicas e fornecer sugestões construtivas relativamente ao projeto experimental dos seus colegas.

3.7. O papel do professor e do aluno no IBSE

Uma pedagogia bem-sucedida depende crucialmente de os professores serem claros sobre o propósito específico de cada experiência de aprendizagem e de aprimorarem a sua abordagem para maximizar a probabilidade de um resultado bem-sucedido. Para o sucesso na consecução de objetivos de aprendizagem específicos, é necessário selecionar abordagens que sejam bem adequadas à tarefa. Na planificação de uma experiência de aprendizagem, a clareza sobre os objetivos de aprendizagem é crucial para a seleção criteriosa dos métodos de ensino e aprendizagem e é fundamental para um bom planeamento que os objetivos de aprendizagem sejam explícitos e compreensíveis para os alunos (Hudson, 2014).

No que diz respeito à clareza dos objetivos de aprendizagem, Hudson (2014) distingue entre quatro categorias principais:

- Aprender ciências – adquirir e desenvolver conhecimento conceptual e teórico.
- Aprender sobre ciência – desenvolver uma compreensão das características da investigação científica, do papel e do estatuto do conhecimento que ela gera, das circunstâncias sociais e intelectuais que rodeiam a origem e do desenvolvimento de teorias científicas importantes, das formas como a comunidade científica estabelece e monitoriza a prática profissional, incluindo conhecimento robusto das convenções linguísticas para relatar, defender, examinar e validar afirmações científicas, e consciência das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.
- Fazer ciência – envolver-se e desenvolver conhecimentos especializados em investigação científica e solução de problemas.
- Abordar questões sociocientíficas – desenvolvendo as competências críticas para enfrentar aspetos pessoais, sociais, económicos, ambientais e ético-morais das questões sociocientíficas.

Segundo este autor, na planificação das aulas de ciências o professor tem de ser claro sobre o objetivo específico de cada aula ou segmento de aula, não deve tentar alcançar muitos objetivos diversos simultaneamente, deve ser muito criterioso na escolha dos métodos de ensino e aprendizagem, saber que nem todos os objetivos podem ser alcançados pela mesma abordagem, e tornar os objetivos explícitos aos alunos. Os alunos devem saber se a atividade em que estão envolvidos é aprender ciências, aprender sobre ciências ou realizar atividades científicas. Diferentes propósitos geram

diferentes atitudes em relação à atividade e diferentes respostas à experiência e a quaisquer dados recolhidos.

Ao aprender ciências, os alunos exploram a sua própria compreensão e desenvolvem-na em resposta às experiências proporcionadas e aos desafios apresentados pelo professor. É papel do professor garantir que os alunos incorporem significados específicos no seu quadro pessoal de compreensão.

Ao aprender sobre ciências, os alunos desenvolvem uma compreensão da ciência como uma prática para estudar fenómenos e eventos e para construir teorias. O papel do professor é ajudar no desenvolvimento da compreensão sobre como os cientistas se envolvem em ciclos sucessivos de ciência normal, crise e revolução (Kuhn, 1970) e como o conhecimento científico é negociado por uma interação complexa de evidências recolhidas experimentalmente (ou dados acumulados de outras formas), argumentação teórica e inspiração criativa individual. Aprender sobre ciência também inclui a aquisição de alguma compreensão da história e do desenvolvimento de ideias científicas chave e consciência das interações sociais entre cientistas e das interações da ciência e dos cientistas com a sociedade.

Ao fazer ciência, os alunos envolvem-se na investigação científica por si próprios. Os objetivos educacionais são o desenvolvimento de conhecimentos especializados na prática científica e a experiência em primeira mão da mesma, os alunos têm o controlo de todo o processo. O professor atua como modelo, recurso de aprendizagem, facilitador, consultor, crítico e fornece o apoio emocional (a pesquisa científica pode, por vezes, ser frustrante e provocar ansiedade no aluno). Em qualquer investigação científica, os alunos alcançam os três tipos de aprendizagem mencionadas. Assim, fazer ciência envolve aprender ciência e aprender sobre ciência. É importante que os alunos reconheçam que a prática científica é uma atividade complexa, abrangente e socialmente construída (Hudson, 2014).

O IBSE foi descrito como uma abordagem centrada no aluno (Crawford, 2014). No entanto, Hmelo-Silver et al., (2007) sublinharam que a orientação do professor é crucial para que o IBSE contribua para o progresso académico, para destacar o conhecimento conceptual e os métodos de trabalho, e para estruturar e focar as atividades baseadas em investigação. Zhang e Cobern (2020) argumentaram que uma componente central da orientação dos professores deveria ser a disponibilização de conteúdos científicos aos alunos. Isto está de acordo com Rönnebeck et al. (2016), que argumentaram que é

insuficiente que os alunos realizem atividades baseadas em investigação sem as ligar a conceitos científicos.

O IBSE, quando praticado com orientação adequada do professor nas salas de aula de ciências das escolas, é benéfico para a aprendizagem de ciências dos alunos (Strat et al., 2023). O papel dos professores nesta abordagem é complexo e inclui, entre outras as funções de motivar, diagnosticar, guiar, inovar, experimentar, investigar, modelar, colaborar (Crawford, 2014).

O professor desempenha um papel crucial na aprendizagem baseada na investigação, uma vez que os alunos não compreenderão os propósitos e processos por detrás da atividade de investigação simplesmente participando em atividades práticas e nem obterão uma compreensão mais profunda da natureza da ciência. O professor continua a ser o fator central que influencia a criação de uma sala de aula baseada na investigação, qualquer que seja o nível de investigação. Mesmo que uma intervenção seja composta por materiais curriculares cuidadosamente especificados, o professor desempenha um papel fundamental na forma como esses materiais são aplicados. O professor concebe e adapta os materiais instrucionais e adequa a sala de aula de forma a apoiar os alunos na aprendizagem em como realizar práticas científicas e na compreensão da natureza da investigação científica, ajuda os alunos a compreender o processo de investigação, a concluir a atividade com êxito e a refletir sobre o resultado (Orosz et al., 2023; Strat et al., 2023).

O IBSE coloca muitas exigências aos professores, tornando-o mais difícil de implementar sem desenvolvimento profissional e/ou apoio sustentado (Blanchard et al., 2010; Crawford, 2007). Muitos professores veem o IBSE como uma abordagem que requer mais tempo e materiais para ser desenvolvida e mais esforço e tempo por parte dos alunos (Stender et al. 2018).

Nmozo et al. (2023) refere que, em Hong Kong, poucos professores de Química usam o ensino por investigação devido aos desafios que enfrentam na implementação desta abordagem, tais como, turmas grandes, falta de tempo, falta de materiais instrucionais eficazes e problemas em orientar os alunos para selecionar um tópico de pesquisa e reformulá-lo numa investigação. Também Orosz et al. (2023) afirmam que a aprendizagem guiada baseada na investigação tem demonstrado ser um método promissor para a educação científica. No entanto, apesar das suas vantagens, raramente é utilizado no ensino de Química na Hungria. Uma das razões para que isto ocorra, é a falta de materiais de ensino baseados em investigação, experimentados e

testados, com guias detalhados que os professores possam utilizar prontamente nas suas salas de aula.

No IBSE o professor observa os alunos e, se necessário, orienta-os com ações que lhes permitam formar a sua própria aprendizagem em todas as fases do seu processo de ensino-aprendizagem. Boğar (2019) verificou que o papel dos professores tem sido expresso pelos investigadores de várias maneiras, entre as quais, se destaca:

- O professor não apresenta a informação diretamente aos alunos, mas fornece-lhes orientação no processo de geração de informação;
- O professor assume o papel de facilitador;
- O professor aumenta a motivação dos alunos relativamente ao seu desempenho e responsabilidades;
- O professor apoia continuamente pesquisas ou estudos realizados pelos alunos;
- O professor contribui para o conhecimento existente dos alunos e examina as mudanças na sua compreensão;
- O professor é um modelo e dá o exemplo aos alunos na utilização do método de aprendizagem que deles se espera;
- O professor identifica o conhecimento prévio dos alunos e integra-o com o novo conhecimento;

Como já referido anteriormente, no IBSE, os alunos desempenham um papel importante. Os alunos estão envolvidos durante toda a implementação da abordagem, na qual planeiam, conduzem e avaliam os seus próprios processos de aprendizagem, tendo assim um papel ativo. Boğar (2019) na sua revisão da literatura também enumerou diferentes investigadores e o papel que estes atribuem aos alunos na implementação do IBSE, das quais, se destacam as seguintes:

- Os alunos assumem certos deveres e responsabilidades dentro de um grupo;
- Os alunos encontram oportunidades para se expressarem;
- Além de adquirirem conhecimentos e competências básicas, os alunos são responsáveis pela sua própria aprendizagem e estão na posição de tornar a informação significativa para si próprios;
- Os alunos podem fazer observações como um cientista utilizando os métodos de investigação que conceberam e aprender enquanto praticam e experimentam;
- Os alunos comparam o resultado das suas teorias testadas com as perguntas que lhes foram feitas e tentam explicar os resultados;

- Os alunos tendem a fazer deduções a partir de observações específicas e a generalizá-las;

Em suma, os alunos assumem funções idênticas às de um investigador: identificar um problema dentro de um grupo por meio da colaboração, desenvolver teorias para resolver o problema, recolher dados para testar as teorias, obter resultados avaliando os dados e compartilhar com outros os resultados obtidos (Boğar, 2019).

3.8. IBSE e o ensino centrado no professor

Como afirma Osborne (2014a), qualquer educação científica que ofereça aos alunos apenas uma compreensão conceptual da ciência, sem explicar como sabemos, o que sabemos ou porque acreditamos no que fazemos, deixa os alunos sem qualquer conhecimento sobre a base epistémica da ciência. Os alunos não devem simplesmente aceitar e memorizar o que o professor diz, devem querer as justificações para aquilo que os professores desejam que eles aprendam. Assim, segundo Osborne (2014a), o envolvimento na prática científica na educação escolar só tem valor se: i) contribuir para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e mais ampla do que sabemos, de como sabemos e das construções epistémicas e processuais que orientam a prática da ciência; (ii) se for um meio mais eficaz de desenvolver esse conhecimento; e (iii) se mostrar de uma forma mais evidente o trabalho inerente ao desenvolvimento da ciência.

A crença de que uma ênfase excessiva nos factos temáticos reduz o espaço para pensar e desenvolver atitudes sobre a ciência tem sido discutida e debatida na literatura sobre educação científica ao longo de várias décadas (Bevins & Price, 2016).

Uma abordagem para promover a aprendizagem científica significativa, é a de promover um maior envolvimento dos alunos através do IBSE, como já mencionado anteriormente.

O IBSE, quando comparado com o método expositivo de ensino centrado no professor, é visto como mais eficaz no aumento do desempenho global e na melhoria das competências do processo científico, incentivando os alunos a descobrir novas informações e promovendo as suas competências de pensamento crítico (Blanchard et al., 2010, Duran & Dökme, 2016). Kapur (2016) afirma que a instrução direta promove a aprendizagem a curto prazo, mas não a retenção a longo prazo ou a transferência

para novos problemas. Chin et al. (2019) referem que estar envolvido na aprendizagem por investigação pode ser uma melhor preparação para a aprendizagem futura do que seguir a instrução direta.

A Tabela 4 mostra uma comparação entre o ensino baseado na investigação e o ensino expositivo centrado no professor.

Tabela 4

Comparação entre o ensino expositivo centrado no professor e o IBSE (Duran & Dökme 2016, p.2890. Tradução nossa)

	Ensino expositivo	IBSE
Professor	Fornece informação, apresenta princípios, conceitos e generalizações.	Guia, conselheiro e líder.
Aluno	Recetor passivo de informação.	Pessoa que resolve problemas seguindo etapas científicas.
Área de interesse	Relacionado com o ensino de fenómenos, habilidades e conceitos. Concentra-se no que ensinar.	Relacionado com a seleção do método adequado para resolver o problema. Foca-se no que e como ensinar.
Ambiente de aprendizagem	Ferramentas de aula, professor e sala de aula padrão, horário de aula fixo.	A aprendizagem é um processo criativo independente de qualquer pessoa, tempo e lugar específicos.
Método-Técnica	Ensinar, recitar, repetir e ditar.	Resolução de problemas, projeto, experiência.
Comunicação	O desempenho das atividades esperadas das crianças, tal como são modeladas pelo professor, é importante.	Comunicação baseada na cooperação.
Criatividade	O desempenho das atividades esperadas das crianças, tal como são modeladas pelo professor, é importante.	As crianças têm oportunidades de experimentar formas originais de realizar os comportamentos e as competências que delas se esperam.
Expectativa - motivação	Espera-se que todas as crianças tenham sucesso na matéria estudada. A perfeição é promovida.	As tentativas das crianças para resolver os problemas à sua maneira são apoiadas. Todo o tipo de esforço é apoiado.
Finalidade	Algo deve ser aprendido como deve ser aprendido.	Os alunos aprendem resolvendo problemas. O objetivo da aprendizagem é a compreensão.
Avaliação de medição	Avaliação unidimensional orientada para o produto através de testes standard.	Avaliação multidimensional e orientada para o processo através de testes de desempenho, portfólio, etc.

Duran e Dökme (2016) realizaram um estudo, com o objetivo de determinar o efeito de um conjunto de atividades desenvolvidas de acordo com a abordagem IBSE nas

competências de pensamento crítico dos alunos do 6.º ano da unidade “Estrutura Particulada da Matéria” do ensino básico. Estes autores concluíram que esta abordagem contribuiu para a utilização e desenvolvimento das competências de pensamento crítico por parte dos alunos e apresentam vários estudos que corroboram estas conclusões. A participação ativa dos alunos nas aulas, participando em atividades e respondendo às questões colocadas pelo investigador e as discussões de grupo, contribuíram positivamente para o desenvolvimento dos seus níveis de pensamento crítico.

Orosz et al. (2023) apresentam um estudo, com uma atividade de Química baseada em investigação guiada testada com alunos do 9.º ano que não tinham experiência anterior com o método. Esta atividade baseia-se nos resultados de Szalay e Tóth (2016), que transformaram experiências Químicas tradicionais em atividades de investigação, com o objetivo de promover o desenvolvimento da literacia científica e de competências de raciocínio e investigação necessárias para o sucesso na vida quotidiana, tais como a recolha e análise de dados, a tomada de decisões baseada em evidências e a cooperação.

No estudo, Orosz et al. (2023) observaram como os alunos resolvem um problema de Química utilizando a aprendizagem por investigação guiada. Utilizaram uma ficha de trabalho para orientar os alunos nas diferentes etapas. Os grupos de alunos trabalharam de forma independente e os resultados foram discutidos e avaliados após a atividade. Durante a discussão os alunos perceberam que um problema pode ter várias abordagens diferentes e que uma investigação pode ser bem-sucedida mesmo que os resultados não suportem a hipótese. Os autores consideram que deve ser dedicado tanto tempo à reflexão como à própria atividade de investigação, uma vez que os alunos ao refletirem sobre o processo de aprendizagem, poderão enriquecer a sua compreensão. Os resultados deste estudo demonstraram que mesmo um problema simples pode oferecer múltiplas oportunidades de aprendizagem e é adequada para os alunos que são novos neste tipo de aprendizagem, se o professor fornecer a orientação adequada. Com base nas respostas dos alunos, os professores podem identificar lacunas de conhecimento e conceitos errados. Podem clarificar o conteúdo e apontar as ligações com materiais previamente aprendidos e experiências quotidianas. A aprendizagem baseada na investigação permite aos professores refletir sobre a investigação científica e a natureza da ciência com a turma, estas discussões são mais eficientes neste contexto do que numa aula normal de transferência de informação.

Muitos estudos que investigam a aprendizagem por investigação em domínios científicos têm surgido ao longo dos anos. Recentemente, Zhang et al. (2022) criticaram a aprendizagem por investigação privilegiando a instrução direta, afirmando que a instrução direta é globalmente superior à instrução baseada em investigação. De Jong et al. (2023) respondem a esta afirmação e às premissas em que se baseia, num artigo no qual defenderam que uma interpretação mais completa e correta da literatura demonstra que a instrução baseada na investigação produz melhores resultados globais para a aquisição de conhecimento conceptual do que a instrução direta.

Estes autores defendem que a instrução baseada na investigação e a instrução direta têm, cada uma, as suas virtudes e desvantagens específicas e que a eficácia de cada abordagem depende de diferentes fatores, como por exemplo o objetivo de aprendizagem, o domínio envolvido e o conhecimento prévio dos alunos. Assim afirmam que:

a eficácia da instrução direta e baseado na investigação pode ser moderada pela qualidade do professor ou pelo apoio fornecido por um sistema digital. Além disso, fatores como o conteúdo do ensino, os objetivos de aprendizagem, as características dos alunos e os seus conhecimentos prévios sobre o tema podem desempenhar um papel importante na eficácia de uma abordagem. (p.7. Tradução nossa)

O IBSE produz melhores resultados globais para a aquisição de conhecimento conceptual do que a instrução direta e é mais eficaz quando complementado com orientação que pode ser personalizada e até envolver o fornecimento de instrução direta. Assim, consideram que uma combinação de investigação e instrução direta pode ser, muitas vezes, a melhor abordagem para apoiar a aprendizagem dos alunos, afirmando que:

os potenciais benefícios da aprendizagem baseada na investigação só se verificam quando os alunos possuem os conhecimentos prévios necessários e têm um domínio básico das competências de investigação. Se uma destas condições for violada, a instrução direta pode ser utilizada para corrigir as deficiências antes, durante ou depois do processo de investigação dos alunos. (p.7. Tradução nossa)

Na prática letiva, as implementações destas estratégias em sala de aula têm múltiplas dimensões e podem coexistir numa aula diferentes estratégias instrucionais. Independentemente de a instrução direta ou a investigação serem o núcleo de uma ou

mais aulas, normalmente são necessárias estratégias e atividades de instrução adicionais para que a abordagem tenha o efeito desejado. De Jong et al. (2023) apresentam no seu artigo vários exemplos em que as atividades de aprendizagem expositivas e investigativas são concebidas para se fortalecerem mutuamente. Como conclusão referem que a utilização da instrução baseada na investigação como abordagem central é mais benéfica ou, pelo menos, equivalente à aprendizagem centrada na instrução direta.

4. Apresentação e descrição dos módulos IBSE desenvolvidos

4.1. Introdução

Durante as últimas décadas, tem-se assistido a uma mudança global na educação científica, passando-se de uma ênfase na ciência para futuros cientistas para a educação de futuros cidadãos (Jegstad, 2023).

Cada vez mais, tem sido dado um maior relevo nas práticas de ensino e aprendizagem ativas com alunos, como a abordagem IBSE é um exemplo. No desenho desta investigação além de enquadrar as atividades a desenvolver nas AE da disciplina de FQ-A de 10.º ano de escolaridade e desenvolver as competências previstas no PASEO, procurou-se selecionar conteúdos de interesse, potencialmente motivadores que contribuíssem para algumas das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 e que fossem transversais a outras disciplinas como a Biologia e Geologia e a Cidadania e Desenvolvimento.

Nos dois módulos IBSE desenvolvidos privilegiou-se a abordagem guiada, atendendo à idade dos alunos e à sua falta de prática com este tipo de abordagem pedagógica. O professor propôs uma questão problema e a seleção das etapas de investigação foi determinada pelos alunos. Os alunos trabalharam de forma colaborativa, em grupos de 3 ou 4 elementos, planificaram o método de recolha de evidências/dados, interpretaram os resultados e formularam as conclusões que dessem resposta à questão feita pelo professor. Na implementação de ambos os módulos, recorreu-se ao ciclo de

aprendizagem dos 7E, na versão do modelo adaptado por Reis e Marques (2016, pp 25-27).

No caso de duas das turmas (como adiante se explicitará com mais detalhe) foram feitos, previamente, dois tratamentos nos quais foram treinadas diferentes competências-base. As atividades desenvolvidas em ambos os tratamentos foram realizadas em grupo.

O tratamento 1 foi constituído por três atividades nas quais foram treinadas as seguintes competências: formular questões e hipóteses; planear uma experiência; recolher, analisar e tratar dados; argumentar e comunicar. Na atividade 1, os alunos foram solicitados a fazer, uma proposta de planificação de uma atividade laboratorial a partir de um conjunto de materiais e equipamentos apresentados, realizar a experiência, e tirar conclusões. Na atividade 2, os alunos responderam a um conjunto de questões num documento criado para o efeito, após a visualização de um vídeo e de uma demonstração experimental. Já na atividade 3 foi proposta a visualização de um vídeo e a leitura e análise de dois artigos de jornal que serviram de base para que os alunos redigissem um texto, com linguagem científica adequada, com o qual justificasse a sua opção relativamente a uma questão sociocientífica.

O tratamento 2 correspondeu à atividade 4, cujas competências treinadas foram argumentar e comunicar. Foi solicitado aos alunos para que, a partir da leitura e análise de várias notícias, respondessem a uma questão proposta argumentando de forma fundamentada o seu ponto de vista.

4.2. Conteúdos de Química abordados no desenvolvimento da investigação

Esta investigação foi desenvolvida para a aprendizagem de novos conteúdos de Química, proporcionando aos alunos o contacto com situações sociocientíficas relevantes e atuais. Ao selecionar as questões-problema para o desenvolvimento dos módulos IBSE e das diferentes atividades de treino de competências, procurou-se que estas questões estivessem relacionadas com uma situação real, que os alunos pudessem investigar, de forma a promover a construção de uma base de conhecimentos científicos significativos, motivando o interesse pela aprendizagem da química e proporcionar a oportunidade de aplicar conhecimentos prévios do 3.º ciclo do ensino básico, assim como outros já lecionados no 10.º ano de escolaridade.

A Tabela 5 apresenta, um resumo das diferentes atividades realizadas no âmbito desta investigação, o seu enquadramento nas AE (DGE, 2018) da disciplina de FQ-A, os conceitos abordados bem como as áreas de competências a desenvolver do PASEO (DGE, 17a).

Tabela 5

Enquadramento das atividades com as AE

Domínio		Ação estratégica	Aprendizagens Essenciais	Conceitos	Áreas de competências do PASEO
Propriedades e Transformações da Matéria	Gases e Dispersões	Módulo 1 - “Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes?”	Pesquisar a composição da troposfera terrestre, identificando os gases poluentes e suas fontes, designadamente os gases que provocam efeitos de estufa e alternativas para minorar as fontes de poluição, comunicando as conclusões. Resolver problemas envolvendo cálculos numéricos sobre a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas, exprimindo-a nas principais unidades, explicando as estratégias de resolução.	Composição da atmosfera terrestre Dispersões Poluição atmosférica Efeito de estufa Aquecimento global Chuvas ácidas Nevoeiro fotoquímico Composição quantitativa de soluções gasosas.	A, B, C, D, E, F, G, H, I e J
	Transformações Químicas	Módulo 2 – “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”	Interpretar as reações químicas em termos de quebra e formação de ligações. Explicar, no contexto de uma reação química, o que é um processo exotérmico e endotérmico. Designar a variação de energia entre reagentes e produtos como entalpia, interpretar o seu sinal e reconhecer que, a pressão constante, a variação de entalpia é igual ao calor trocado com o exterior. Relacionar a variação de entalpia com as energias de ligação de reagentes e de produtos.	Reação química Processo endotérmico e exotérmico Reações endotérmicas e exotérmicas Variação de entalpia	

Domínio		Ação estratégica	Aprendizagens Essenciais	Conceitos	Áreas de competências do PASEO
Elementos Químicos e sua Organização	Massa e tamanho dos átomos	Tratamento 1 para treino de competências	Resolver, experimentalmente, problemas de medição de massas e de volumes, selecionando os instrumentos de medição mais adequados, apresentando os resultados atendendo à incerteza de leitura e ao número adequado de algarismos significativos.	Medição direta e indireta Incerteza de leitura de uma medida numa medição direta Algarismos significativos Erros de medição Exatidão e precisão de uma medida e erro percentual Medição de massas e de volumes Inscrições nos instrumentos de medição	A, B, C, D, E, F e I
Propriedades e Transformações da Matéria	Ligação química	Atividades: 1 a 3 (pré-Modulo1)	Desenvolver hábitos e competências inerentes ao trabalho científico: observação, pesquisa de informação (selecionar, analisar, interpretar e avaliar criticamente informação relativa a situações concretas), experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados, utilizando formas variadas.	Constituição da matéria Representações esquemáticas Lei de Lavoisier Dissolução Solução; Solvente; Solute Tipos de ligações químicas Regra do octeto Ligação iónica, Ligação covalente Estruturas de Lewis	A, B, C, D, E, G e I
		Tratamento 2 para treino de competências Atividade 4 (pré-Módulo 2)	Fomentar o interesse pela importância do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual e uma tomada de decisões fundamentada procurando sempre um maior bem-estar social.		A, B, D, E, G e I

A informação de suporte aos dois módulos de IBSE e às atividades desenvolvidas nos tratamentos, está disponível em anexo ao presente trabalho, onde todo o material que foi desenvolvido poderá ser consultado na íntegra (ver Anexos 3 - 8).

Para a concretização das diferentes atividades foram produzidos, entre outros, os seguintes materiais:

- apresentações dos módulos IBSE;
- guião do professor;
- guião do aluno;
- protocolos para atividades experimentais;
- atividade prática de sala de aula;
- checklist de apoio à apresentação oral;
- textos de apoio;
- instrumentos de recolha de informação.

4.2.1. Módulo 1 - “Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes?”

Para desenvolver este módulo os alunos devem estar familiarizados com os conceitos de classificação das substâncias e sua representação, compreender que a atmosfera é vital para a manutenção da vida e ter algumas noções sobre os fenómenos a estudar – causas e consequências. (ver Anexo 3)

O módulo com a duração de 7 aulas (400 minutos), teve como objetivo propor uma investigação sobre “O papel dos diferentes gases na atmosfera da Terra” de modo a promover:

- a seleção de informação pertinente;
- problematizar situações sobre aplicações da ciência e tecnologia e o seu impacto na sociedade e no ambiente;
- proporcionar a análise de textos com diferentes pontos de vista;
- análise de conceitos, de factos e de situações numa perspetiva disciplinar e interdisciplinar.

Assim, foram propostas:

- tarefas de registo seletivo, organização e síntese da informação;
- promoção do debate e da comunicação oral e escrita dos resultados da pesquisa, usando vocabulário científico próprio da disciplina, recorrendo a diversos suportes.

Ao propor aos alunos um trabalho de investigação sobre a composição da troposfera terrestre, no qual são identificados os gases essenciais para a existência de vida na Terra e gases poluentes, permite-se aos alunos proceder a uma reflexão sobre as consequências destes gases para o planeta Terra e promove-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável.

A exposição final é uma forma de potenciar nos alunos uma cidadania ativa e participada. Esta exposição pode ser feita num formato já conhecido dos alunos, como por exemplo a elaboração de um poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point.

As fases do processo de aprendizagem estão resumidas na Tabela 6, seguindo-se a explicação mais detalhada de cada atividade.

Tabela 6

Resumo das atividades desenvolvidas no módulo 1 de acordo com o modelo 7E

Fase	Aula	Atividades
Envolvimento	1	Três questões para despertar o interesse e envolvimento dos alunos pelo tema e identificar conceções prévias. Visualização de um vídeo para familiarizar os alunos com os temas em estudo.
Exploração Explicação	2, 3 e 4	Pesquisa e seleção de informação sobre a composição da troposfera terrestre e o dióxido de carbono, CO ₂ , concluindo que se trata de um gás essencial e/ou poluente. Realização de uma atividade experimental para permitir que os alunos construam conhecimento acerca do tema a investigar. Partilha e discussão com o professor.
Ampliação Ativismo Partilha	5 e 6	Pesquisa e seleção de informação para a construção dos produtos que constituirão a exposição final sobre um problema socio-científico, relacionado com o ambiente. Elaboração do documento para a realização da exposição interativa tendo em vista a partilha com a comunidade educativa.
Avaliação	4 e 7	Presente ao longo da concretização do módulo. Avaliação apresentação oral dos trabalhos – auto e heteroavaliação e do produto final para a exposição.

De seguida, descreve-se com um pouco mais de detalhe cada uma das etapas.

ENVOLVIMENTO (Aula 1 - 50 minutos)

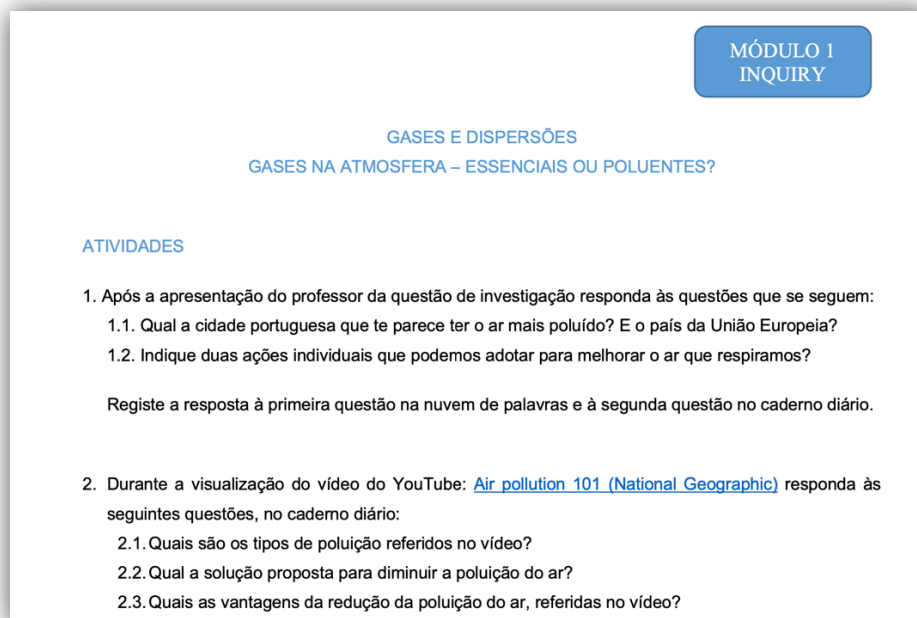
Para despertar a curiosidade dos alunos e identificar as conceções prévias, o professor inicia as atividades de aprendizagem com discussão em grande grupo, colocando as seguintes questões:

1. Qual a cidade portuguesa que te parece ter o ar mais poluído? E o país da União Europeia?
2. Indique duas ações individuais que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos?

Os alunos deveram registar a resposta à primeira questão numa aplicação que gere uma nuvem de palavras. A resposta à segunda questão deve ser registada no caderno diário, como mostra a Figura 4.

Figura 4

Documento das Atividades de Envolvimento no Módulo 1



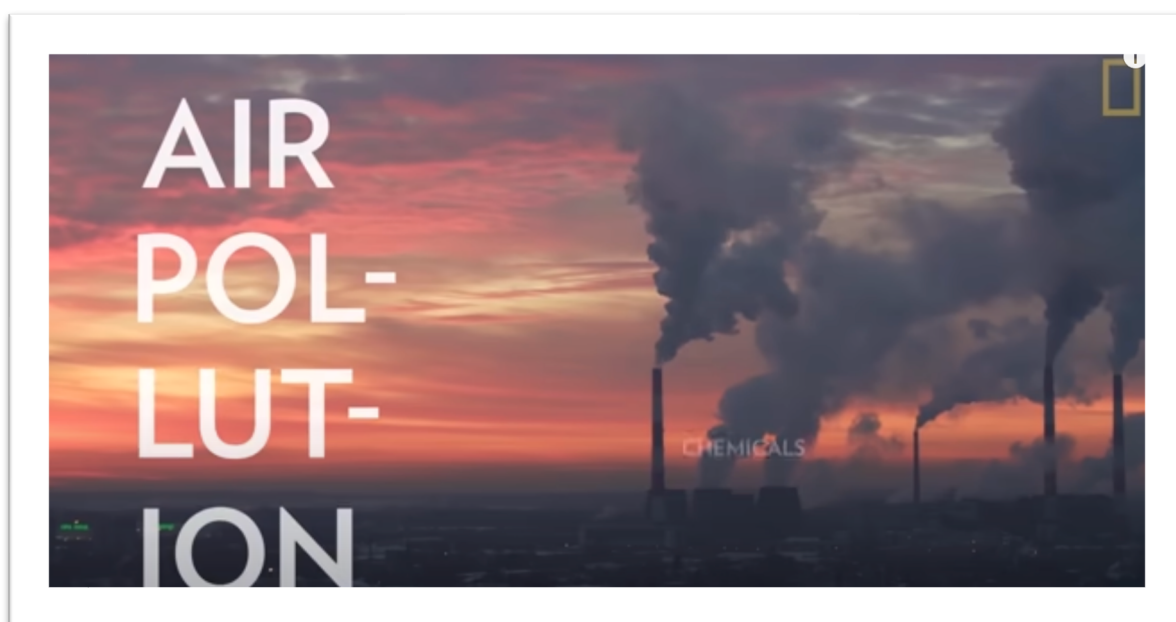
Após um breve debate/discussão sobre as respostas dadas, pelos alunos, o professor projeta o vídeo disponível no YouTube: [Air pollution 101 \(National Geographic\)](#) (Figura 5), para familiarizar os alunos com os temas do efeito de estufa, aquecimento global,

chuvas ácidas, nevoeiro fotoquímico (smog) e solicita aos alunos que respondam durante a visualização do vídeo às seguintes questões, fazendo-o no caderno diário:

3. Quais são os fenómenos de poluição referidos no vídeo?
4. Qual a solução proposta para diminuir a poluição do ar?
5. Quais as vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo?

Figura 5

Vídeo de enquadramento dos temas



Por fim, foi feita a análise e discussão das respostas dos alunos a estas três últimas questões.

EXPLORAÇÃO, EXPLICAÇÃO E AVALIAÇÃO (Aulas 2, 3 e 4 – 75 + 50 + 50 minutos)

Aula n.º 2

Pesquisa individual e seleção de informação sobre a composição da troposfera terrestre e o dióxido de carbono, CO_2 , concluindo se se trata de um gás essencial e/ou poluente, referindo-se à evolução da sua concentração na atmosfera da Terra, e identificando alternativas para minorar a emissão deste gás.

Trabalho em pequeno grupo para a caracterização da molécula de CO_2 (o que já sabem sobre o CO_2), partilha dos conhecimentos adquiridos na pesquisa individual, tratamento da informação recolhida e registo num documento do Google Docs disponibilizado pelo professor (Figura 6), a caracterização da molécula e a síntese da informação selecionada.

Figura 6

Avaliação Formativa - Ficha K-W-L

MÓDULO 1
INQUIRY

GASES E DISPERSÕES

GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ATIVIDADE 4

Neste documento deves descrever o que já sabes sobre um assunto - K o que queres saber sobre o assunto - W e o que aprendeste sobre o mesmo - L, fazendo referência à caracterização da molécula de dióxido de carbono e uma síntese da informação recolhida.

K (O que eu sei)	W (O que quero saber)	L (O que aprendi)

Aulas n.º 3 e 4

Realização da atividade experimental – “A influência do degelo no nível médio da água do mar” (Figura 7). Esta atividade experimental é uma adaptação da atividade “O degelo do gelo marinho e dos glaciares” (Reis & Marques, 2016, pp 36-38).

Figura 7

Apresentação da Atividade Experimental

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A influência do degelo no nível médio da água do mar

Questão problema: Qual o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares tem no nível médio da água do mar?

Análise dos resultados e reflexão sobre a relação entre a atividade e a concentração de CO₂ na atmosfera.★



<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandereportagens/1447-relatorio-especial-antartida-a-crise-do-gelo>

O objetivo desta atividade experimental é estudar o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares situados nos continentes (gelo continental) tem no nível médio do mar.

Os alunos, em grupo, formulam hipóteses para os resultados da atividade experimental, realizam a atividade, analisam os resultados experimentais e refletem sobre a relação entre esta atividade e a concentração de CO₂ na atmosfera. No final, os alunos adicionam ao documento disponibilizado pelo professor os resultados obtidos e as conclusões a que chegaram com a realização da atividade experimental.

Discussão do professor com cada um dos grupos de trabalho sobre os registos efetuados e respetivas conclusões. Neste ponto, o professor tem a oportunidade de dar feedback aos alunos em relação ao desenvolvimento da investigação, corrigir eventuais

erros e validar a informação que irá constar do documento final para a exposição à comunidade.

Para verificação das novas aprendizagens realizadas, os alunos respondem, individualmente, a um questionário disponibilizado pelo professor no Google Classroom. Esta avaliação formativa permite ao professor regular as aprendizagens, identificando a necessidade de rever e/ou reforçar alguns conceitos e aos alunos a consolidação das ideias-chave da pesquisa efetuada, assim como efetuarem uma autorreflexão sobre a sua evolução.

AMPLIAÇÃO, PARTILHA E ATIVISMO (Aulas 5 e 6 – 100 minutos)

Após a discussão com o professor sobre a informação tratada nas fases anteriores, e tendo em vista a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos a novas situações análogas, sugere-se a cada grupo de trabalho uma abordagem a um problema socio-científico diferente, relacionado com o ambiente, como por exemplo, as chuvas ácidas, o nevoeiro fotoquímico, a atmosfera de parques automóveis subterrâneos, ou outro sugerido pelos alunos. Para cada problema, indicam-se aos alunos os principais gases poluentes responsáveis por esses fenómenos (óxidos de nitrogénio, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis, ozono, monóxido de carbono, outros gases com efeito de estufa, ...) e solicita-se a identificação das fontes de emissão, a caracterização do impacto ambiental e as alternativas para minorar as emissões desses gases.

Por fim, cada grupo elaborou um documento em suporte digital e/ou papel num formato escolhido pelos alunos (poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point, ...), para apresentar oralmente à turma e partilhar com a comunidade educativa, através da realização de uma exposição interativa.

Esta exposição final interativa dos trabalhos realizados foi uma forma de promover nos alunos uma cidadania ativa e participada no domínio do desenvolvimento sustentável e da educação ambiental.

De acordo com o formato escolhido pelos alunos para a partilha da informação e, sempre que possível, o professor deve promover a utilização de ferramentas digitais partilhadas por todos os elementos do grupo que permitam a edição em simultâneo do documento, como por exemplo, Google Docs, Google Slides, Google Sites, ferramentas Office 365, Canva, Genially, entre outros.

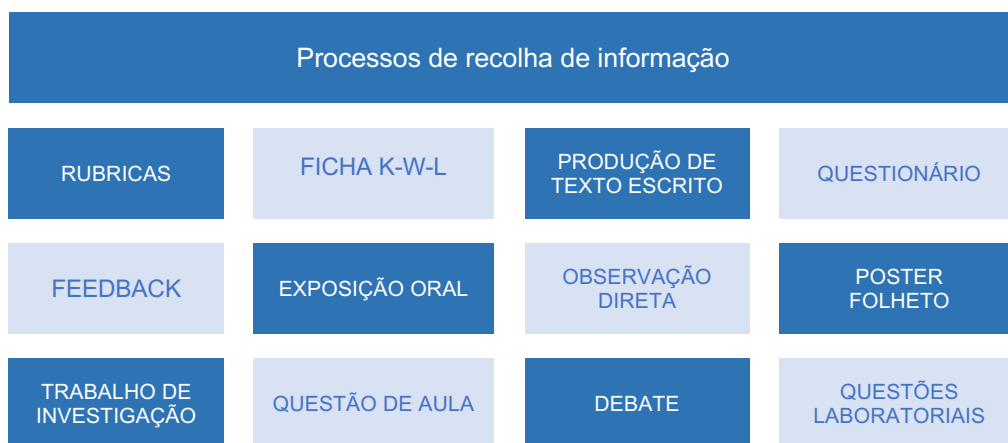
As tarefas propostas permitiram aos alunos a leitura e discussão de artigos científicos, criaram momentos de interação de aprendizagem entre pares e com o professor, assim como o recurso a competências de argumentação e explicação, potenciando a sua capacidade para a interpretação e redação de textos científicos.

AVALIAÇÃO (Aula 7 – 75 minutos)

Ao longo do desenvolvimento do módulo criam-se diferentes momentos de avaliação recorrendo a instrumentos diversificados (Figura 8), sendo privilegiada a avaliação formativa dos alunos, fornecendo o feedback adequado à melhoria contínua das aprendizagens. Para a avaliação da apresentação oral dos trabalhos e do produto final para a exposição foram utilizadas rubricas de avaliação respetivamente, para o professor e para os alunos (auto e heteroavaliação).

Figura 8

Instrumentos de recolha de informação



No sentido de permitir aos alunos um melhor desempenho, são-lhes fornecidas, previamente, grelhas de avaliação relativas à apresentação oral dos trabalhos e do produto final para a exposição (adaptado de Reis & Marques, 2016).

Para consolidação dos conhecimentos, são propostos os exercícios do manual e uma questão para trabalho autónomo.

4.2.2. Módulo 2 - “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”

Este módulo é uma proposta de um processo de ensino-aprendizagem para o estudo das transformações químicas, nomeadamente, reações químicas e energia de ligação, proporcionando uma participação ativa dos alunos na construção do seu conhecimento, através da sua intervenção direta numa investigação. A questão problema proposta é “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”

Os alunos realizam uma atividade laboratorial e uma atividade prática de sala de aula para, assim, responderem à questão-problema colocada. O módulo procura o desenvolvimento de competências, capacidades e atitudes, centrais no perfil dos alunos, preconizadas no PASEO. (ver Anexo 4)

Inicia-se o módulo com a exploração de notícias e debate sobre a dependência da Europa do gás natural e uma investigação sobre a combustão do metano, promovendo-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável.

No final é proposto aos alunos a elaboração de uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

Os alunos trabalharam de forma colaborativa, em grupos de 3 ou 4 elementos, durante 4 aulas (200 minutos).

Este tema permite mobilizar conhecimentos do 8.º ano (Domínio reações químicas) e das aulas anteriores de 10.º ano, como a energia de ligação para enquadrar e estruturar as novas aprendizagens. Na Tabela 7 faz um resumo das atividades desenvolvidas em cada fase do módulo

Tabela 7

Resumo das atividades desenvolvidas no módulo 2 de acordo com o modelo 7E

Fase	Aula	Resumo
Envolvimento	1	Apresentação de títulos de jornais, revistas, notícias online com enfoque na dependência da Europa do gás natural. Em diálogo com os alunos levantar questões “O que é o gás natural?”, “Para que serve o gás natural?”, “O que é uma reação química?”, para identificar os conhecimentos prévios dos alunos relativos às reações químicas e à Lei de Lavoisier já estudados no 3.º ciclo do ensino básico. Apresentar a questão-problema, “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”, para despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões parcelares a investigar.
Exploração Explicação	1 e 2	Realizar duas atividades experimentais para identificar reações endotérmicas e exotérmicas. Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de se envolver diretamente com os fenómenos e materiais relacionados com o(s) tópico(s) de investigação - questionando, analisando dados e refletindo sobre os resultados. Realizar uma atividade prática de sala de aula na qual os alunos calculam balanços enérgicos. Promover uma discussão com os pares e com o professor sobre o que aprenderam. Este momento permite ao professor introduzir e explorar mais aprofundadamente os conceitos científicos - promovendo uma maior compreensão por parte dos alunos, o que lhes permitirá explicar com maior facilidade e rigor o que aprenderam.
Ampliação	2	Estudo da reação de combustão do hidrogénio em termos energéticos. Pesquisa e seleção de informação para determinação do balanço energético da reação direta e inversa, mobilizando assim o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), a novas situações.
Partilha ativismo	3 e 4	Elaborar uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade educativa.
Avaliação	4	Presente ao longo da concretização das restantes etapas – feedback oral e escrito. Avaliação dos produtos finais – auto e heteroavaliação.

ENVOLVIMENTO (Aula 1 - 20 minutos)

Para despertar a curiosidade dos alunos e identificar as conceções prévias, o professor inicia as atividades de aprendizagem apresentando títulos de jornais, revistas, notícias online com enfoque na dependência da Europa do gás natural (Figura 9), e em discussão em grande grupo, vai colocando as seguintes questões:

1. O que é o gás natural?
2. Para que serve o gás natural?
3. O que é uma reação química?

Figura 9

Notícias da Europa e o Gás Natural

The figure displays three news snippets related to Europe's dependence on natural gas. The top snippet is from 'euronews' with the headline 'Europa: depois da crise do gás natural, vem aí a crise do diesel? Entenda'. The middle snippet is from 'REPÚBLICA PORTUGUESA' with the headline 'Europa deve superar dependência do gás natural', featuring a photo of António Costa Silva. The bottom snippet is from 'CNN PORTUGAL' with the headline 'Como pode a Europa fugir à dependência energética do gás natural vindo da Rússia?'. A fourth snippet from 'my.europe' is also visible with the headline 'A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito (GNL)'.

Estas questões permitem identificar os conhecimentos prévios dos alunos relativos às reações químicas e Lei de Lavoisier já estudados no 3.º ciclo do ensino básico.

Apresentar a questão-problema, “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”, para despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões parcelares a investigar.

Após um breve debate/discussão sobre as respostas dadas, pelos alunos, o professor projeta o vídeo disponível no YouTube: [A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito \(GNL\)](https://www.youtube.com/watch?v=Gp-qVSTaIW4) (Figura 10), para familiarizar os alunos com alternativas ao gás natural.

Figura 10

Vídeo de introdução ao estudo do tema (disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=Gp-qVSTaIW4>)



EXPLORAÇÃO, EXPLICAÇÃO E AMPLIAÇÃO (Aulas 1 e 2 – 30 + 50 minutos)

Realização da atividade experimental – O que são reações endotérmicas e exotérmicas?

O objetivo desta atividade experimental é os alunos identificarem reações exotérmicas e reações endotérmicas. Esta atividade experimental é uma adaptação da atividade “Exothermic and Endothermic Reactions”

https://www.beyondbenign.org/curriculum_topic/hs-thermodynamics/

Acedido em 07-02-2023.

A primeira parte da atividade utiliza a catalase, uma enzima comum encontrada em quase todos os organismos vivos. Quando a catalase é exposta ao oxigênio, ela catalisa a decomposição do peróxido de hidrogénio em água e oxigénio.

Na segunda parte, os alunos vão verificar como a temperatura varia durante o processo de reação do ácido cítrico ou do ácido ascórbico com a água, conforme está representado na Figura 11.

Figura 11

Fotografia do decurso da atividade experimental



Os alunos, em grupo, formulam hipóteses para os resultados da atividade experimental, realizam a atividade, analisam e refletem sobre os resultados experimentais.

No final da atividade experimental o professor deve estimular os alunos a expressarem-se e a enfatizarem as observações e resultados da experiência. Os registos e as respostas às questões devem ser registados no caderno diário.

Neste ponto, o professor tem a oportunidade de dar feedback aos alunos em relação ao desenvolvimento da investigação, corrigir eventuais erros e discutir com eles que nas reações, além da transformação de matéria, podem ocorrer trocas de energia com a vizinhança.

A avaliação desta atividade experimental é direcionada para as competências procedimentais dos alunos, focando-se na capacidade de formulação de hipóteses, desenvolvimento das tarefas experimentais e de análise e interpretação dos resultados.

Foi ainda, realizada, em grupo, de uma atividade prática de sala de aula (Figura 12), na qual os alunos efetuam balanços energéticos.

Os alunos percorrendo as diferentes etapas propostas pelo professor, determinam a variação de entalpia da reação de combustão do metano.

Figura 12

Excerto do instrumento de recolha das respostas dos alunos

MÓDULO 2
INQUIRY

TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS
EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?

ANEXO 2
ATIVIDADE PRÁTICA DE SALA DE AULA

Conclusão:

Esta reação é _____. A energia _____ para a rutura das ligações químicas dos reagentes é _____ à energia _____ na formação das novas ligações químicas dos produtos. Há libertação de energia do sistema reacional, apresentando uma variação de entalpia _____.

Assim, uma reação química é o resultado de um processo de rutura de ligações químicas nos reagentes e formação de novas ligações químicas nos produtos da reação.

A rutura das ligações químicas nos reagentes implica _____ de energia e o aumento da energia potencial interna → é um processo _____.

A formação das ligações químicas dos produtos implica _____ de energia e diminuição da energia potencial interna → é um processo _____.

2. A combustão do di-hidrogénio, ocorre em veículos a hidrogénio com formação de vapor de água.

2.1. Faça o balanço energético e respetivo diagrama de energia desta reação e da reação inversa (a decomposição da água).



Após a discussão com o professor sobre a informação tratada nesta fase e tendo em vista a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos a novas situações análogas,

sugere-se a cada grupo de trabalho o estudo da reação de combustão do hidrogénio em termos energéticos.

Pesquisa e seleção de informação para determinação do balanço energético da reação direta e inversa, mobilizando assim o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), a novas situações.

PARTILHA E ATIVISMO (Aulas 3 e 4 – 90 minutos)

Por fim, cada grupo elabora uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade educativa.

O professor sempre que possível, deve promover a utilização de ferramentas digitais partilhadas por todos os elementos do grupo que permitam a edição em simultâneo do documento, como por exemplo, Google Docs, Google Slides, Google Sites, ferramentas Office 365, Canva, Genially, entre outros.

Para auxiliar os alunos na execução da investigação dando resposta à questão-problema pode sugerir-se a exploração dos conteúdos da lista de links facultada pelo professor aos alunos.

AVALIAÇÃO (Aula 4 – 10 minutos)

Ao longo do desenvolvimento do módulo criam-se diferentes momentos de avaliação recorrendo a instrumentos diversificados, sendo privilegiada a avaliação formativa dos alunos.

No sentido de permitir aos alunos um melhor desempenho, são-lhes fornecidas, previamente, as rubricas de avaliação relativa ao produto final para a partilha com a comunidade (adaptado de Reis & Marques, 2016).

4.2.3. Atividades 1 a 4: competências de base

No sentido de compreender de que forma o desenvolvimento de competências de base melhora a eficácia da aplicação do IBSE na aprendizagem da Química, foram concebidas e desenvolvidas quatro atividades, agrupadas em dois tratamentos. O tratamento 1 foi constituído por três atividades nas quais foram treinadas as seguintes competências: formular questões e hipóteses; planear uma experiência; recolher, analisar e tratar dados; argumentar e comunicar. O tratamento 2 correspondeu à atividade 4, cujas competências treinadas foram argumentar e comunicar.

Na atividade 1, intitulada *A importância da densidade* (Figura 13), o trabalho foi desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos, nas aulas de turnos (sessões em que a turma é dividida em dois, permitindo um acompanhamento mais próximo por parte do professor e facilitando o trabalho prático e colaborativo entre os alunos), com momentos previamente definidos para apresentação e discussão em grande grupo. Esta atividade teve a duração de duas aulas (100 minutos). Os alunos foram solicitados a fazer uma proposta de planificação de uma atividade laboratorial a partir de um conjunto de materiais e equipamentos disponibilizados, realizar a experiência, recolher, tratar e analisar dados e tirar conclusões (ver Anexo 5).

Figura 13

Excerto do guião disponibilizado aos alunos

ATIVIDADE 1

ATIVIDADE DE GRUPO

A importância da densidade

O acumular de plásticos na natureza leva a impactos ambientais negativos, tanto em ambientes terrestres como aquáticos. Uma das formas de minimizar esse problema é recorrer à reciclagem, na qual se procede a uma triagem que permite a separação dos diferentes tipos de plásticos.

Um dos processos de separação de misturas utilizados na reciclagem de plásticos é realizado num tanque cheio de água onde são despejados os materiais que se quer separar. Nessa separação, os materiais que têm densidade menor que 1 g cm^{-3} , como o polipropileno (PP) e os polietilenos (PE) flutuam sobre a água, enquanto os materiais que têm maior densidade, como o ABS e as poliamidas, afundam.

A adição de álcool etílico à água fará com que mais materiais afundem, pois a densidade da solução será reduzida, enquanto que a adição de cloreto de sódio, NaCl, terá o efeito inverso, a solução fica mais densa e mais materiais flutuarão. Assim é possível separar uma grande variedade de polímeros.

Equipamento para lavagem e separação de PE e PP

Adaptado <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/lavagem.asp>

Um grupo de alunos encontrou este conjunto de cubos no laboratório da escola.



Questões problema:

Como é que se pode determinar de que material é feito um destes cubos?

Como se deve apresentar corretamente os resultados das medições efetuadas?

À medida que os alunos planificam a AL, o professor deve ajudar/orientar os alunos a corrigir quaisquer erros. Após a conclusão desta fase, um membro de cada grupo deve apresentar a sua planificação. De seguida, procede-se à discussão das planificações, esclarecem-se eventuais equívocos sobre o assunto em estudo e chega-se a um consenso sobre o procedimento a seguir por todos os grupos. Conclui-se a atividade com a execução da parte laboratorial e pós-laboratorial.

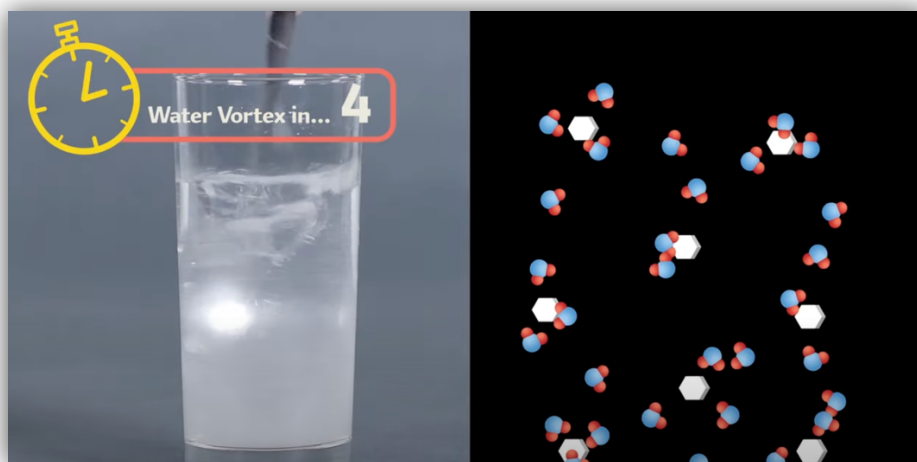
A atividade 2, promoveu o desenvolvimento de competências inerentes ao trabalho científico, tais como argumentação e comunicação. Esta atividade permitiu aos alunos identificar diferentes componentes da argumentação científica. A mesma foi

desenvolvida em grupos de 3 ou 4 alunos, com duração de 2 aulas (100 minutos). Os alunos após a visualização do vídeo “[Açúcar e água](#)” e uma demonstração experimental (Figura 14), realizaram por alunos, responderam a um conjunto de questões num documento criado para o efeito (ver Anexo 6).

Figura 14

Vídeo de introdução à atividade (disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZmWYG7qh0QA>)



O objetivo da atividade 3, consistiu em desenvolver as competências de formular hipóteses, argumentar e comunicar. Realizada em pequenos grupos, durante 3 aulas (150 minutos), mobilizou-se conhecimentos do 3.º ciclo para enquadrar as novas aprendizagens. Iniciou-se a abordagem dos conceitos, tipos de ligações químicas, regra do octeto, ligação iónica, ligação covalente e estruturas de Lewis, com a visualização e análise do vídeo “[A Química do sal](#)”, numa primeira parte. Na segunda parte da atividade, a partir da leitura e análise de dois artigos do jornal *Público* “Seca no Algarve coloca abastecimento em risco: a água pode faltar nas torneiras” e “Central de dessalinização no Algarve? Sim, mas não no meu concelho” (Figura 15), foi pedido aos alunos para elaborarem um relatório em que decidiam sobre a eventual implantação da central de dessalinização em Portimão (ver Anexo 7). Os alunos devem escrever um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada, com o qual justifiquem os motivos do seu parecer ser favorável, ou contra, a implantação da central na sua cidade. Tentando explicar com dados e garantias que sejam confiáveis.

Figura 15

Excerto de uma das notícias do trabalho



Por último, na atividade 4, foi pedido aos alunos que a partir da leitura e análise de várias notícias, respondessem à questão “Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?” argumentando de forma fundamentada o seu ponto de vista com dados/evidências recolhidas nas notícias disponibilizadas (Figura 16) (ver Anexo 8).

Esta atividade consistiu na realização de uma discussão em pequeno grupo sobre a produção de abacate na região do Algarve. Esta questão envolve várias dimensões: nutricional, ecológica, ética, socioeconómica e cultural. O objetivo da atividade é observar os processos de negociação sobre a escolha do grupo de aumentar, ou não, a produção de abacate e sobre as evidências e justificações apresentadas para fundamentar a decisão tomada.

Figura 16

Exemplos de textos facultados aos alunos

ATIVIDADE DE GRUPO
QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

ATIVIDADE 4

Texto 1

Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável

É o exemplo perfeito de um alimento exótico que se tornou na norma, com consequências muito negativas: a insustentabilidade dos abacates, desde o consumo de água às emissões do transporte, está a fazer reconsiderar o seu uso.

O abacate é a fruta da moda. É amada por muitos pelo seu sabor leve e cremoso, pela sua versatilidade, pode ser usado em molhos, em tostas, em sobremesas e até em máscaras faciais e outros tratamentos de beleza, e por ser, altamente *instagramável*. E também tem inúmeros benefícios para a saúde: os abacates são uma fonte de proteínas vegetais e de gorduras boas, contém vitamina C, *ômega 3* e um alto teor de fibras. No entanto, o fruto, que viu um *boom* na sua popularidade e consumo nos últimos anos, esconde um problema de sustentabilidade.



"O Fundo das Nações Unidas para a alimentação prevê que, devido à forte procura global, o abacate irá tornar-se, em 2030, a fruta tropical mais comercializada no mundo, a seguir à banana, mas ultrapassando o ananás e a manga."

Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). Visão, p.17.

CCCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)O
 Ácido oleico
ou
Ácido octadec-9-enoico

OC1C(O)C(O)C(=O)O1
 Vitamina C (ácido ascórbico)

CCCCCCCCC=CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)O
 DHA

CCCCCCCCC=CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)O
 Ácidos gordos *ômega 3* (DHA e EPA)

Texto 3

Loucos pelo abacate
Os seus benefícios para a saúde estão comprovados, e é também um negócio cada vez mais lucrativo. Mas crescem as dúvidas ambientais

Sempre a subir
A produção deste fruto conheceu um crescimento enorme nos últimos anos

Maiores produtores
A produção de abacate tem estado concentrada num pequeno número de regiões e de países. Os dez principais produtores respondem por quase 82% da produção global, com o México à frente, a uma grande distância dos outros países. Espanha é o líder na Europa

País	Produção (milhões de toneladas/ano)
México	2 992 545
Colômbia	878 704
Peru	660 009
Brasil	266 784
Portugal	13 270
Espanha	99 070
Repubblica Dominicana	679 273
Estados Unidos	305 336
Costa Rica	322 856
Indonésia	608 049

Mercado em alta
O Fundo das Nações Unidas para a Alimentação prevê que, devido à forte procura global, o abacate irá tornar-se, em 2030, a fruta tropical mais comercializada no mundo, a seguir à banana, mas ultrapassando o ananás e a manga

PRINCIPAIS IMPORTADORES

Bom para a saúde...
O abacate é fonte de proteínas vegetais e de gorduras boas, contém vitamina C, *ômega 3* e um alto teor de fibras

... mas mau para o ambiente?
O abacateiro requer grande quantidade de água, fertilizantes e fungicidas, com consequências nefastas, a médio prazo, para os solos

Grande pegada ecológica
Devido às longas distâncias que os abacates importados têm de percorrer até chegarem aos supermercados da Europa e outras regiões do mundo, a sua pegada de carbono é muito elevada. A consultora ambiental Carbon Footprint estima que uma embalagem com dois abacates pequenos tenha uma pegada de carbono de 546,35 gramas - quase o dobro de um quilo de bananas

O boom do Made in Algarve
Em Portugal, a maior parte da cultura de abacate está concentrada no Algarve, onde a área de produção cresce todos os anos - com muitas críticas devido à escassez de água na região

EVOLUÇÃO DA CULTURA DE ABACATE EM HECTARES

Ano	Área (hectares)
2012	276
2015	401
2017	650
2020	1833
2021	2230

Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). Visão, p.17.

Esta atividade foi uma oportunidade para os alunos aprenderem que uma negociação se inicia, de um modo geral, com diferentes alternativas que possuem prós e contras, que, depois de discutidas, passa por uma série de concessões mútuas que permitem chegar a um desejável consenso.

Numa aula de 50 minutos, os alunos resolvem a questão em pequenos grupos e apresentam oralmente ao grande grupo a solução escolhida fundamentando as suas decisões. A leitura das notícias foi realizada como trabalho de casa anterior à aula.

Este tipo de abordagem permitiu desenvolver conhecimentos e competências necessários ao exercício de uma cidadania ativa, fundamentada e crítica.

Os instrumentos de recolha de dados utilizados no tratamento são apresentados de uma forma mais detalhada no ponto 5.5 desta tese.

5. Metodologia

5.1. Introdução

No presente capítulo identificaremos e descreveremos o enquadramento metodológico que se considerou mais adequado para desenvolver a presente investigação.

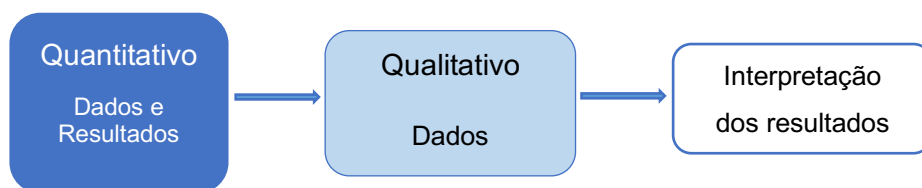
5.2. Classificação da investigação

McMillan e Schumacher (2009) distinguem três modelos de metodologia mista: o modelo QUANT-qualitativo, o modelo QUANT-QUAL e o modelo QUAL-quantitativo, também referidos por Creswell (2014) e Creswell e Clark (2017), que os consideram os três modelos básicos atualmente encontrados nas ciências sociais.

Atendendo à problemática e aos objetivos desta investigação, que visam promover o desenvolvimento das competências de base nos alunos, avaliar os efeitos da aplicação do IBSE na aprendizagem de conceitos de Química e estudar a transferência dessas competências para diferentes contextos, a abordagem metodológica adotada segue um modelo misto explanatório, QUANT-qualitativo (Figura 17). A recolha de dados foi realizada em duas fases sequenciais, com principal ênfase nos dados quantitativos, obtidos numa primeira fase e em maior volume. Posteriormente, foram recolhidos dados qualitativos, em menor extensão, com o objetivo de complementar, explicar e aprofundar os resultados quantitativos. Esta abordagem permite uma análise mais abrangente e detalhada dos efeitos da aplicação do IBSE no desenvolvimento de competências e na aprendizagem de conceitos químicos.

Figura 17

Modelo Quant-qualitativo (Adaptado de Creswell & Clark, 2017, p.66. Tradução nossa)



Segundo Creswell (2014), os métodos quantitativos incluem a investigação experimental, com a atribuição aleatória de sujeitos a condições de tratamento, a investigação quasi-experimental, que usa atribuição não aleatória, e a investigação não-experimental.

Uma distribuição aleatória dos sujeitos por diferentes grupos de investigação equivalentes do ponto de vista probabilístico que diferem apenas no tratamento, contribui para a não existência de diferença entre os mesmos, bem como para que os resultados não possam ser atribuídos a tal diferença. Como a investigação decorre em contexto escolar recorrendo-se a turmas já organizadas, não haverá a possibilidade de constituir aleatoriamente os grupos necessários à investigação, o que impossibilita a realização de uma investigação experimental, que seria preferível, por questões de validade interna. Assim, o desenho de investigação a que se irá recorrer será o quasi-experimental que se aplica às condições nas quais a investigação irá decorrer (Carmo & Ferreira, 2015; Creswell, 2014; McMillan & Schumacher, 2009; Tuckman, 2012).

Uma vez que a investigação visa determinar se um tratamento específico influencia o desenvolvimento de competências quer ao nível cognitivo, quer ao nível atitudinal, é importante uma incursão qualitativa para obter mais informações no sentido de conhecer melhor se esta dinâmica de ensino e aprendizagem contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento dessas competências. Deste modo, a abordagem deste projeto de investigação é uma combinação do método quantitativo com o qualitativo.

Esta opção, para além de se fundamentar nas questões e objetivos da investigação, justifica-se com a tentativa de potenciar os pontos fortes e superar as limitações de cada uma das abordagens, no sentido de procurar otimizar a qualidade da investigação, já que, como refere Serapioni (2000), esta combinação permite uma validade interna e externa superiores, enquanto Creswell (2014) afirma que a principal premissa desta forma de investigação é que a combinação de abordagens qualitativas e quantitativas proporciona uma compreensão mais completa de um problema de pesquisa do que a aplicação de apenas uma destas abordagens.

5.3. Amostra

Este trabalho de investigação foi desenvolvido numa escola secundária de Portimão, no âmbito da disciplina de FQ-A. A amostra é constituída por cinco turmas do 10.º ano de escolaridade, totalizando 111 alunos, do curso de ciências e tecnologias, com uma

média de idades de 15 anos. Desta amostra, 61 pertencem ao grupo experimental 1 (GE1), no qual apenas foram implementados os dois módulos de IBSE e 50 alunos fazem parte do grupo experimental 2 (GE2), no qual foram implementadas atividades de treino de competências antes da aplicação dos módulos IBSE.

Para a constituição da amostra para a investigação, recorreu-se a um método de amostragem não probabilístico – amostragem de conveniência, pelo facto de a amostra ser constituída por alunos e professores, interessados e disponíveis para colaborar no estudo (Carmo & Ferreira, 2015, Cohen et al., 2007).

As duas turmas de Física e Química A que integraram os GE2 eram lecionadas pelo investigador deste estudo e as restantes três turmas por dois professores que colaboraram nesta investigação e que implementaram os dois módulos de IBSE. Os módulos foram aplicados a todas as turmas de 10.º ano de escolaridade da escola, mas no estudo exclui-se uma turma por colocação tardia do professor e porque esse professor era o primeiro ano que estava no ensino.

Relativamente aos dois professores que lecionam as turmas dos GE1, importa referir que ambos já lecionavam na escola há alguns anos, mas só um dos professores possui vários anos de experiência na leção da disciplina na qual se fez a intervenção.

Os materiais desenvolvidos pelo investigador tiveram a contribuição dos dois professores, tendo-se criado uma dinâmica de reuniões regulares para a sua capacitação, cujo objetivo era a uniformização da aplicação dos módulos IBSE a ambos os grupos de alunos.

Estes dois professores e todos os alunos participaram nesta investigação de forma voluntária, acedendo ao nosso pedido de colaboração. Os encarregados de educação dos alunos assinaram um consentimento informado sobre a participação do seu educando neste projeto de investigação (ver Anexo 1) onde se descreviam os objetivos e as dinâmicas em que os seus educandos estariam envolvidos.

5.4. Implementação das atividades

Esta investigação desenvolveu-se com base em dois grupos experimentais, todos sujeitos a um pré-teste e a um pós-teste.

A duas turmas (A e B) aplicou-se um conjunto de atividades para promover determinadas competências de base (tratamento 1 e tratamento 2) para os módulos

IBSE, como por exemplo, formular questões e hipóteses, planejar uma experiência, recolher e tratar dados e argumentar. Nas outras três turmas (C, D e F), não se aplicou qualquer tratamento, antes da abordagem pedagógica IBSE tal como é apresentado no esquema da Figura 18.

Figura 18

Esquema de aplicação dos tratamentos

Professor	Turmas	Tratamento			Módulo IBSE 1		Módulo IBSE 2	
Investigador	A	O ₁	X ₁	O ₁	X ₂	O ₁ O ₂	X ₃	O ₁ O ₃
	B	O ₁	X ₁	O ₁	X ₂	O ₁ O ₂	X ₃	O ₁ O ₃
Outro	C	O ₁	--	O ₁	X ₂	O ₁ O ₂	X ₃	O ₁ O ₃
	D	O ₁	--	O ₁	X ₂	O ₁ O ₂	X ₃	O ₁ O ₃
	F	O ₁	--	O ₁	X ₂	O ₁ O ₂	X ₃	O ₁ O ₃

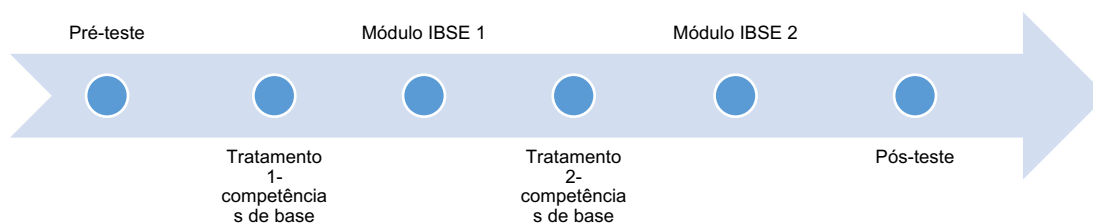
Nota. X₁ - Competências de base; X₂ – Módulo IBSE 1; X₃ – Módulo IBSE 2.

O₁ - Competências de base; O₂ – Módulo 1 (avaliação de ganhos); O₃ – Módulo 2 (avaliação de ganhos).

A Figura 19 apresenta o mapeamento das intervenções realizadas no âmbito desta investigação e o respetivo cronograma, tomando como exemplo uma das turmas da investigadora.

Figura 19

Mapeamento e cronograma das intervenções



Ano letivo	Intervenções	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
2022-2023	Pré-teste						
	Tratamento 1						
	Módulo IBSE 1						
	Tratamento 2						
	Módulo IBSE 2						
	Pós-teste						

5.5. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

O processo de recolha de informação é crucial para a plena concretização de qualquer investigação. A diversidade de estudos que podem ser desenvolvidos implica a utilização de técnicas e de instrumentos de recolha de dados diferenciados, sendo muitas vezes vantajoso recorrer a uma combinação destas técnicas de forma a obter resultados mais robustos.

Tendo em conta as características desta investigação, e em resposta aos objetivos e questões de investigação, optou-se por aplicar inquéritos por questionário, inquéritos por entrevista, análise documental e notas de campo do investigador. Os inquéritos por questionário consistem, fundamentalmente, na realização de um pré-teste, uma questão de aula e de um pós-teste (ver Anexo 2), que permitam aferir a evolução dos grupos de alunos envolvidos no estudo, em relação à aprendizagem dos conteúdos de Química explorados ao longo da implementação da investigação.

Os inquéritos por entrevista foram aplicados individualmente aos professores e em grupo restrito aos alunos e serviram para clarificar alguns aspetos sobre os quais os inquéritos por questionário não sejam esclarecedores, obtendo-se diretamente a opinião e/ou o entendimento dos alunos. Nesta investigação recorreu-se à entrevista semi-estruturada onde existe um conjunto de questões previamente formuladas, suficientemente abertas e cuja ordem poderá, eventualmente, ser alterada de acordo com a sequência da entrevista, nomeadamente tendo em conta as respostas dos entrevistados. A análise documental foi feita com base em documentos produzidos pelos alunos nos módulos inquiry, como por exemplo, pósteres, folhetos, notícias e nas respostas dadas às tarefas propostas nas atividades de treino de competências e servirá para complementar a informação acerca das competências dos alunos. Por fim, as notas

de campo do investigador, registos de observação do desempenho dos alunos em sala de aula estará centrada na análise de algumas competências de base que os alunos deverão utilizar para potenciar a aprendizagem baseada na investigação, para além de competências atitudinais como a motivação, por exemplo (Creswell, 2014).

A Tabela 8 apresenta, de uma forma sumária, as técnicas e instrumentos de recolha de dados, os dados obtidos e a respetiva análise, implementadas nesta investigação.

Tabela 8

Técnicas e instrumentos de recolha de dados e técnicas de análise

Técnicas de recolha de dados	Instrumentos de recolha de dados	Dados obtidos	Técnica de análise de dados	
			Análise estatística	Análise de conteúdo
Inquéritos por questionário	“Pré-teste” “Pós-teste” Questão de aula	Aprendizagem de Química.	X	
Inquéritos por entrevista	Guião de entrevista aos alunos	Impacte do IBSE. Atitude em relação à Química. Atitude em relação ao IBSE.		X
	Guião de entrevista aos professores	Impacte do IBSE. Atitude em relação à Química. Atitude em relação ao IBSE.		X
Análise documental ¹	Rubricas de avaliação para: - Apresentação oral e Poster (MI1) ¹ - Notícia (MI2) ¹	Aprendizagem de Química.	X	
	Questionários ² Texto argumentativo ²	Desenvolvimento de competências.		X

Nota:¹Instrumentos de recolha de dados dos dois grupos (GE1 e GE2)

²Instrumentos de recolha de dados só do grupo com treino de competências (GE2)

5.5.1. Inquérito por questionário

Um dos objetivos desta investigação é averiguar em que medida a implementação da abordagem IBSE, focada no desenho curricular da Química no ensino secundário, poderá potenciar a aprendizagem dos alunos, independentemente do seu nível de aproveitamento escolar. Assim, a construção de instrumentos que permitam avaliar a aprendizagem passível de avaliação numa prova escrita de duração limitada, torna-se essencial para que se possa avaliar o impacto das estratégias desenvolvidas na aprendizagem conceptual dos conteúdos de Química inerentes aos módulos implementados.

Para tal, elaborou-se um pré-teste e pós-teste (aplicado antes e após a participação dos alunos nos módulos inquiry) e uma questão de aula, aplicada entre os dois módulos.

O pré-teste e o pós-teste foram submetidos a uma análise por pares, considerando o tempo necessário para a sua resolução, o tamanho (em número de itens e páginas), a dificuldade dos itens, a clareza (para evitar ambiguidades) e a autossuficiência (para evitar a necessidade de informações complementares no momento da aplicação). Após conversas com professores especialistas no assunto, o pré-teste e o pós-teste a aplicar aos alunos consistiram num questionário composto por 10 itens.

Em cada destes instrumentos inclui itens de seleção, 6 de escolha múltipla e 1 de verdadeiro ou falso e itens de construção, 1 que requer a apresentação de um texto e 2 que requerem a realização de cálculos (ver Anexo 2). Os itens apresentados no pré-teste e pós-teste foram elaborados com o objetivo de avaliar as AE FQ-A de 10.º ano de escolaridade exploradas durante a implementação da presente investigação e terem tipologia semelhante à dos instrumentos de avaliação, que é familiar aos alunos, utilizados para aferição das suas aprendizagens.

Estes instrumentos foram identificados com um código de cinco algarismos, criado pela investigadora, de modo a permitir a comparação entre o pré-teste e o pós-teste, preservando, simultaneamente, o anonimato do aluno.

A elaboração deste teste teve também por referência o PASEO (DGE, 2017a) e as respetivas áreas de competências, designadamente *Raciocínio e resolução de problemas*, *Pensamento crítico e pensamento criativo* e *Saber científico, técnico e tecnológico*.

Assim o teste apresenta itens de conhecimento e compreensão de conceitos e leis que descrevem, explicam e preveem fenómenos, e que fundamentam a sua aplicação em

situações e contextos diversificados como por exemplo o item 1; seleção, análise, interpretação e avaliação crítica de informação relativa a situações concretas (exemplo do item 5); produção de representações variadas da informação científica, apresentação de raciocínios demonstrativos e comunicação de ideias em situações e contextos diversificados (exemplo dos itens 2 e 4.2).

Como este teste foi elaborado com o intuito, exclusivamente, do contexto da investigação, os itens construídos, à exceção do item 3, incidiram sobre as seguintes AE (DGE, 2018, pp. 11 e 12):

- Compreender o conceito de volume molar de gases a partir da lei de Avogadro e concluir que este só depende da pressão e temperatura e não do gás em concreto.
- Aplicar, na resolução de problemas, os conceitos de massa, massa molar, fração molar, volume molar e massa volúmica de gases, explicando as estratégias de resolução.
- Resolver problemas envolvendo cálculos numéricos sobre a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas, exprimindo-a nas principais unidades, explicando as estratégias de resolução.
- Interpretar as reações químicas em termos de quebra e formação de ligações.
- Explicar, no contexto de uma reação química, o que é um processo exotérmico e endotérmico.
- Designar a variação de energia entre reagentes e produtos como entalpia, interpretar o seu sinal e reconhecer que, a pressão constante, a variação de entalpia é igual ao calor trocado com o exterior.
- Relacionar a variação de entalpia com as energias de ligação de reagentes e de produtos.

O item 3 envolve conhecimentos prévios dos alunos, tanto da disciplina de Biologia e Geologia como de experiências do quotidiano, e está relacionado com os trabalhos de pesquisa, nomeadamente o efeito de estufa. Este item foi incluído no pré-teste com o objetivo de, a partir de um conceito já conhecido, reduzir a ansiedade do aluno em relação a um instrumento de avaliação de conceitos que ainda não tinham sido lecionados, garantindo, assim, confiança para a resolução dos itens seguintes. Ao mesmo tempo, no pós-teste, pretende-se verificar se o conceito foi consolidado.

Para verificar a evolução da aprendizagem de conceitos de Químicas explorados no módulo 1 de inquiry, aplicou-se uma Questão de Aula, constituída por 2 itens de seleção (escolha múltipla) e 2 itens de resolução de cálculos (ver Anexo 2).

Na Questão de Aula o primeiro item, tal como o item 3 do pré-teste e pós-teste, está relacionado com os trabalhos de pesquisa, neste caso relacionado com a composição da troposfera terrestre e envolve conhecimentos anteriores dos alunos. O objetivo ao elaborar este item foi a partir de um conceito conhecido reduzir a ansiedade do aluno para a resolução do instrumento avaliação e ao mesmo tempo verificar se compreende e aplica o conhecimento, em contextos específicos. Os outros itens referem-se à aferição das 3 primeiras AE (DGE, 2018), anteriormente referidas.

5.5.2. Inquérito por entrevista

O uso de entrevistas em investigações educacionais é amplamente discutido por autores como Creswell (2014), Cohen et al. (2007) e Flick (2023) sendo destacado como um método eficaz para recolher dados ricos e detalhados sobre as experiências, percepções e atitudes dos participantes.

Creswell (2014) apresenta as entrevistas como uma estratégia essencial na investigação qualitativa, permitindo explorar em profundidade as perspetivas dos indivíduos. Ele sublinha a flexibilidade deste método, que pode ser adaptado para diferentes contextos educativos, bem como a sua utilidade em complementar abordagens quantitativas, especialmente em desenhos de investigação mistos.

Flick (2023) destaca a entrevista como uma ferramenta interativa que facilita a produção conjunta de conhecimento entre investigador e entrevistado. Ele enfatiza a importância da estruturação das entrevistas, que podem variar entre altamente estruturadas, semiestruturadas e abertas, dependendo dos objetivos da investigação. Além disso, Flick aponta para os desafios associados à análise dos dados qualitativos provenientes de entrevistas, como a necessidade de métodos rigorosos para codificação e interpretação.

Cohen et al. (2007) abordam as entrevistas como um método fundamental na investigação educacional, sublinhando a sua versatilidade para captar as nuances das interações e processos educativos. Os autores discutem também as implicações éticas e práticas do uso de entrevistas, como a importância de preparar cuidadosamente os guias de entrevista e de criar um ambiente de confiança para obter respostas autênticas.

Em conjunto, estes autores concordam que as entrevistas são indispensáveis na investigação educacional, oferecendo perceções profundas e contextualizados que dificilmente podem ser alcançados através de outros métodos. Contudo, também destacam a necessidade de uma aplicação criteriosa e de uma análise rigorosa para garantir a validade e a fiabilidade dos dados recolhidos.

Na presente investigação, recorreu-se à entrevista semiestruturada através de um conjunto de questões previamente elaboradas presentes nos guiões de entrevista para os alunos e para os professores (ver Anexo 9). Estes guiões são instrumentos orientadores da entrevista de modo a permitir ao investigador adicionar ou fornecer detalhes para esclarecer a resposta do entrevistado.

Os guiões elaborados para as entrevistas a alunos e professores, iniciam com o agradecimento pela sua disponibilidade para conceder a entrevista e uma breve evocação das aulas em que foram utilizados os módulos IBSE, seguindo-se um conjunto de questões relativas à implementação da abordagem pedagógica IBSE, ao seu impacto ao nível da aprendizagem dos alunos e das suas atitudes em relação à Química e ao IBSE bem como à avaliação global do desenho e da implementação do IBSE.

Antes da sua implementação, os guiões de entrevista foram submetidos à opinião de uma especialista em Educação em Ciências que atestou a validade do seu conteúdo. Foram contactos com os professores participantes na investigação que se ofereceram voluntariamente para as suas entrevistas e agendaram as entrevistas com os seus alunos que se voluntariaram para participar neste momento de recolha de dados.

As entrevistas realizadas aos alunos e aos professores decorreram entre maio e julho de 2023. Os alunos foram entrevistados em pequenos grupos de dois ou três elementos, totalizando 14 alunos entrevistados, com respostas individuais, os dois professores participantes foram entrevistados individualmente. Dependendo do número de intervenientes em cada entrevista e do desenrolar do inquérito, a duração destas variou entre 15 a 20 minutos.

5.5.3. Análise Documental

Como já referido, na implementação dos módulos inquiry e das atividades de treino de competências, os alunos desenvolveram um conjunto de tarefas durante as quais realizaram registos de diversos formatos que foram posteriormente analisados tal como se apresenta no capítulo seguinte desta tese.

Módulo 1 – neste módulo o trabalho de investigação proposto aos alunos foi sobre a composição da troposfera terrestre, no qual são identificados os gases essenciais para a existência de vida na Terra e gases poluentes, permitindo aos alunos uma reflexão sobre as consequências destes gases para o planeta Terra. Ao longo do desenvolvimento do módulo criaram-se diferentes momentos de avaliação recorrendo a instrumentos diversificados, sendo privilegiada a avaliação formativa dos alunos. No final da investigação cada grupo de alunos elaborou um documento em suporte digital e/ou papel num formato escolhido pelos alunos (poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point, ...), para apresentação oral à turma e para a realização de uma exposição interativa para partilha com a comunidade educativa.

Módulo 2 - Este módulo é uma proposta de um processo de ensino-aprendizagem para o estudo das transformações químicas, nomeadamente, reações químicas e energia de ligação, proporcionando uma participação ativa dos alunos na construção do seu conhecimento, através da sua intervenção direta numa investigação. No final é proposto aos alunos a elaboração de uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

Atividade 1 – Nesta atividade os alunos são solicitados a fazer uma proposta de planificação de uma AL a partir de um conjunto de materiais e equipamentos apresentados e a realizar a atividade experimental. Cada grupo de alunos deve organizar uma tabela para registo dos resultados das medições efetuadas com os diferentes instrumentos, analisar os resultados obtidos em função dos instrumentos utilizados e das finalidades pretendidas, responder às questões problema e por fim proceder a uma reflexão/análise crítica sugerindo propostas fundamentadas de melhoria/alterações do protocolo usado de forma a obter resultados mais rigorosos na resposta à primeira questão problema e identifique dois possíveis erros sistemáticos que poderão ter influenciado a exatidão da medida. Esta atividade foi projetada para que os alunos entreguem um documento de resposta. Por fim, pediu-se aos alunos que

fizessem uma reflexão da atividade desenvolvida e que fizessem no caderno diário uma autoavaliação do seu desempenho. Para avaliação da atividade foram usadas rubricas para o trabalho de grupo e para resultados e discussão adaptadas de Wan Yusof (2022) (ver Anexo 5).

Atividade 2 - Esta atividade consiste na visualização um vídeo e uma demonstração experimental realizada por dois alunos. Após esta demonstração foi solicitado aos alunos que respondessem a um inquérito apresentado aos alunos sob a forma de um questionário com 9 itens, 2 itens de seleção e 7 itens de construção que requerem a apresentação de um texto estruturado ou a demonstração de como se chega, a uma dada conclusão. Nesta atividade a classificação atribuída a cada resposta resultou da aplicação de critérios específicos de classificação que se apresentam organizados por níveis de desempenho. A classificação corresponde à pontuação do nível de desempenho em que a resposta foi enquadrada. A atividade e a grelha de avaliação utilizada foram adaptadas de um dos exemplos de Osborne et al. (2016) (ver Anexo 6).

Atividade 3 - A primeira parte desta atividade consistiu na visualização e análise do vídeo “A Química do sal”. Assim durante a visualização do vídeo os alunos fizeram individualmente registos no caderno diário e após a visualização, em grupo responderam a um questionário com 4 itens de construção. Nos primeiros 2 itens foi solicitado aos alunos que indicassem a diferença que existe no tipo de ligações que se estabelecem na água, H_2O , e no sal, $NaCl$, e a representação com base na regra do octeto, da fórmula de estrutura de Lewis da molécula de água. No item 3 seguintes foi apresentado um problema e solicitado aos alunos que planificação uma atividade laboratorial para dar resposta à questão problema. Os alunos começam por formular hipóteses, discutir e prever resultados e depois planificam a experiência indicando o procedimento e o material necessário.

Na segunda parte da atividade solicitou-se aos alunos a leitura e análise de um texto informativo contextualizando o tema sobre a seca no Algarve. Este texto foi elaborado pela investigadora a partir de duas notícias de jornal: “*Seca no Algarve coloca abastecimento em risco: a água pode faltar nas torneiras*” e “*Central de dessalinização no Algarve? Sim, mas não no meu concelho*”. Após a análise do texto, foi apresentado um inquérito por questionário com 1 item de resposta curta, 3 itens de associação e 1 item de construção que requer a apresentação de um texto argumentativo, em que justifiquem os motivos do seu parecer ser favorável, ou contra, a implantação da central de dessalinização em Portimão. Os alunos devem escrever um texto

estruturado, utilizando linguagem científica adequada, justificando as suas opções com dados e garantias que sejam confiáveis. Nesta atividade as respostas foram classificadas por níveis de desempenho adaptado de Osborne et al. (2016) (ver Anexo 7).

Atividade 4 – Esta atividade consiste na realização de uma discussão em pequeno grupo sobre a produção de abacate na região do Algarve. Esta questão envolve várias dimensões: nutricional, ecológica (ambas científicas), ética, socioeconómica e cultural. O objetivo da atividade é observar os processos de negociação sobre a escolha do grupo de aumentar, ou não, a produção de abacate e sobre as evidências e justificações apresentadas para fundamentar a decisão tomada. Solicitou-se aos alunos a leitura e análise de diferentes notícias sobre a produção de abacate e em grupo elaborassem um argumento sobre a questão “Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?”. Assim esta tarefa consistiu em produzir uma argumentação sobre o dilema proposto trabalhando em pequenos grupos. O objetivo é chegar a um consenso dentro do grupo sobre qual a melhor escolha (conclusão). As imagens e notícias (recortes de jornais, revistas e informações online) e conhecimentos prévios podem ajudar a relacionar dados e evidências. Esta tarefa permitiu ao professor reforçar o que são critérios para argumentos fortes. Uma vez alcançado o consenso, os alunos devem escrever um argumento persuasivo. Para a classificação da qualidade da argumentação foram organizados níveis de desempenho. A classificação corresponde à pontuação do nível de desempenho em que a resposta foi enquadrada. A grelha utilizada foi adaptada de Erduran et al. (2004) (ver Anexo 8).

De acordo com Fernandes (2021), as rubricas podem ser excelentes auxiliares para os alunos e para os professores avaliarem a qualidade do que é necessário aprender e saber fazer. São destinadas, sobretudo, a apoiar a avaliação do desempenho dos alunos, permitindo aos professores um maior rigor na avaliação realizada. As rubricas deverão incluir um leque coerente e consistente de critérios que traduzam o que é desejável que os alunos aprendam e/ou sejam capazes de fazer. Para cada critério, deve ser definido um conjunto muito claro de descrições, assim como níveis de desempenho. Isto é, para um dado critério os indicadores ou descritores de níveis de desempenho deverão traduzir orientações fundamentais para que os alunos possam autorregular os seus progressos nas aprendizagens que têm de desenvolver. As rubricas podem ser utilizadas em dois contextos:

- avaliação formativa - avaliação *para as* aprendizagens, e permitem ao professor fornecer um *feedback* de elevada qualidade;
- avaliação sumativa - avaliação *das* aprendizagens, para que, num dado momento, se possa fazer um balanço ou um ponto de situação acerca do que os alunos sabem e são capazes de fazer.

A relevância das rubricas de avaliação decorre do facto de clarificarem o que os alunos devem aprender e saber fazer, estando o foco mais nas aprendizagens do que no ensino (Fernandes, 2021).

No caso deste estudo, as rubricas foram utilizadas para mobilizar informação para efeitos da atribuição de classificações. Assim, as rubricas apresentam um conjunto de critérios e de descrições para cada um desses critérios e níveis de desempenho, ou seja, uma pontuação numa escala correspondente a uma qualquer descrição de desempenho (Tabelas A1 e A2 incluídas nas informações de apoio, ver anexo 3).

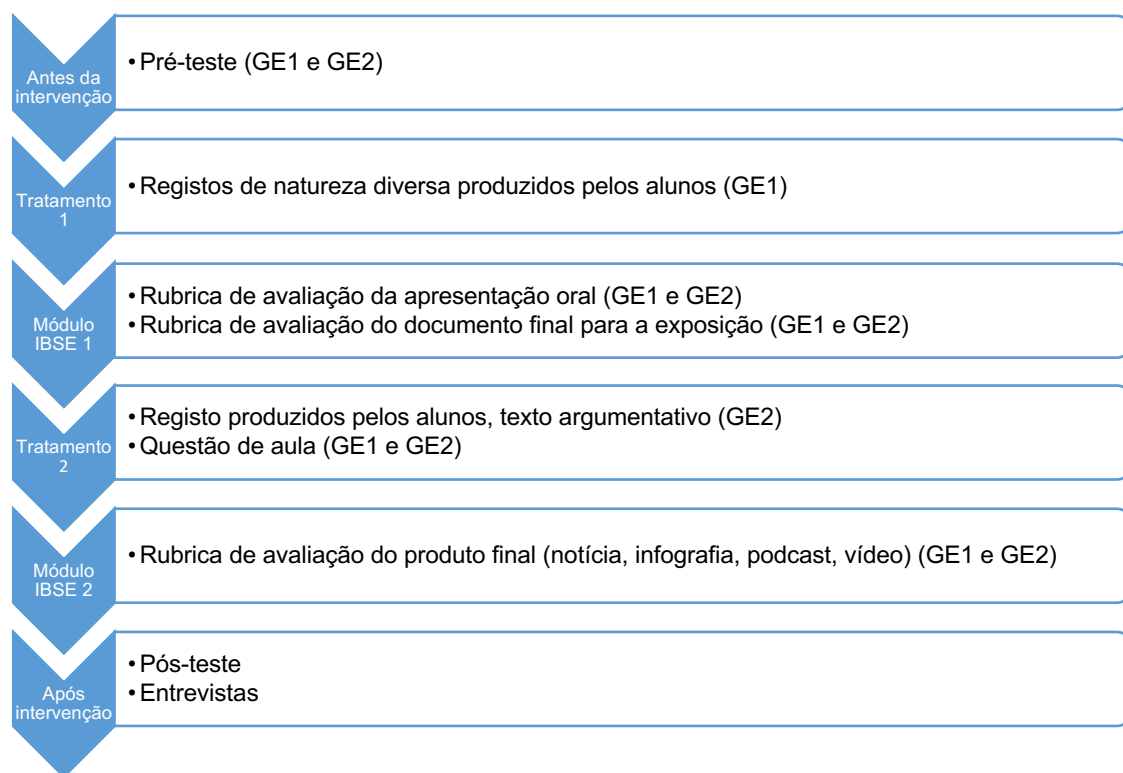
Vários autores apresentam rubricas de avaliação para competências práticas de laboratório, competências de escrita científica, avaliação de relatórios de investigação ou de atividades laboratoriais, bem como para apresentações das investigações (Gouger & Mirowsky, 2022; Harwood et al., 2020; Partanen, 2022; Rattanakit, 2021; Reis & Marques, 2016; Wan Yusof et al., 2022; Wheeler et al., 2017).

5.6. Recolha de dados

A recolha de dados para a presente investigação teve início no começo do ano letivo 2022/2023, como anteriormente referido, e antes da implementação das primeiras atividades de treino de competências. A Figura 20 sistematiza todos os momentos de recolha de dados e os respetivos instrumentos utilizados.

Figura 20

Instrumentos de recolha de dados e respetivos momentos de aplicação



No momento inicial, antes da implementação de qualquer intervenção, foi aplicado, numa aula de 50 minutos um pré-teste, a todos os alunos envolvidos na investigação (GE1 e GE2) uma versão impressa de um Questionário de conhecimento e competências de Química. Após este momento iniciou-se o desenvolvimento do projeto de investigação envolvendo-se os alunos GE2, num conjunto de atividades pedagógicas (tratamento 1) que foram desenvolvidas em contexto de sala de aula, durante a lecionação da disciplina. Das informações recolhidas ao longo deste treino de competências resultaram dados de registos de natureza diversa produzidos pelos alunos, em formato de papel, para posterior análise. Durante o Módulo IBSE 1 todos os alunos, realizaram pesquisa e investigação, tendo em vista a resolução de problemas sociocientíficas relacionados com temas em estudo. No final cada grupo elaborou um ou mais documentos em suporte digital e/ou papel num formato escolhido pelos alunos (poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point, ...), para apresentação oral à turma e realização de uma exposição interativa para partilha com a comunidade educativa, promovendo assim uma

sensibilização para a problemática dos gases poluentes, seus efeitos e medidas que se devem tomar para mitigar os seus efeitos.

No tratamento 2, que consistiu na atividade 4 “*Questão sociocientíficas e argumentação científica*”, pretendeu-se fomentar o interesse pela importância do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual e uma tomada de decisões fundamentada procurando sempre um maior bem-estar, os alunos do GE2 elaboraram um texto argumentativo relativamente à sua escolha em relação a uma questão proposta.

Antes do módulo 2 foi aplicado um novo questionário de conhecimento, Questão de Aula, a todos os alunos envolvidos neste projeto de investigação.

No Módulo IBSE 2, também aplicado a todos os alunos, implementou-se uma investigação guiada para os alunos responderem à questão-problema “*Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?*” e na qual os alunos comunicaram as suas conclusões elaborando uma notícia, infografia, podcast ou vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade educativa.

No final do programa de intervenção, foi aplicado, de novo um *Questionário de conhecimentos de Química*, em versão impressa, como pós-teste, sendo os itens que o constituem iguais aos itens que constituem o pré-teste. Por fim, o último momento de recolha de dados foram as entrevistas a alguns alunos voluntários dos dois GE e aos 2 professores participantes no projeto. Estas entrevistas foram realizadas em sala de aula, em horário previamente agendado, e foram alvo de gravação do áudio para esses dados serem posteriormente analisados no âmbito da investigação em curso. A gravação áudio da entrevista foi consentida pelos participantes e estava previsto através da assinatura do consentimento informado.

5.7. Tratamento dos dados

Após a recolha dos dados, segue-se a fase do seu tratamento com vista à obtenção de conclusões que respondem às questões e aos objetivos de investigação.

Como referido anteriormente, para esta investigação, optou-se pelo modelo Quant-qualitativo, uma vez que os dados quantitativos têm maior relevância, servindo os dados qualitativos para reforçar a análise e interpretação dos resultados obtidos com a informação quantitativa (Creswell & Clark, 2017). Assim, utilizaram-se técnicas de

análise estatística para a análise dos dados quantitativos e a técnica de análise de conteúdo para o tratamento dos dados qualitativos, como ilustrado anteriormente na Tabela 8.

A análise estatística dos dados obtidos assenta em procedimentos de estatística descritiva. Para se proceder a esta análise dos dados recorreu-se aos softwares IBM SPSS Statistics Version 29 e Microsoft Excel que permitiram, depois, apresentar a síntese dos resultados obtidos em tabelas e gráficos de modo a possibilitar uma leitura e análise mais fácil e intuitiva dos mesmos.

As classificações das respostas dos alunos aos itens dos pré-teste, questão de aula e pós-teste, assim como a avaliação dos módulos IBSE, foram registadas em Excel e, posteriormente, convertidas numa pontuação, em percentagem. Por fim, procedeu-se à exportação destas classificações para um documento no software IBM SPSS Statistics versão 29, para fazer o tratamento estatístico dos dados, através de uma análise estatística descritiva das respostas dos alunos. Esta análise foi realizada com recurso a estatísticas sumário, tabelas de frequências, gráficos de dispersão e boxplots simples e comparativos e medidas de correlação.

Na presente investigação, recorreremos à análise de conteúdo para analisar os dados qualitativos que foram obtidos a partir das respostas às entrevistas semiestruturadas, realizadas aos alunos e professores. De acordo com os objetivos iniciais propostos para estes instrumentos de recolha de dados, utilizamos categorias definidas *a priori* que orientaram a análise destes materiais. A análise exploratória às entrevistas realizadas confirmou as categorias e subcategorias de análise previamente definidas.

Para a análise de conteúdo utilizada no tratamento de dados qualitativos, optamos pela definição de Bardin (1997; 2016):

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (p. 42; p.48).

A análise de conteúdo apresenta inúmeras aplicações, podendo ser utilizada como técnica de investigação por si só para gerar dados e resultados, ou como uma técnica intermédia em projetos de maior dimensão. A análise de conteúdo pode ser empregue apenas para a análise de dados e conteúdos gerados por outras técnicas de

investigação, como, por exemplo, entrevistas, diários de campo de etnografia e observações de participantes (Bardin, 2016; Sampaio & Lycarião, 2021).

Os critérios de organização dos procedimentos de análise de conteúdo, de acordo Bardin (2016), prevê três fases: (a) pré-análise; (b) exploração do material; (c) tratamento dos resultados (a inferência e a interpretação). A primeira fase, é uma etapa de organização onde se estabelece um mecanismo de trabalho que, mesmo devendo ser preciso, com procedimentos bem definidos, pode ser flexível. Esta fase inclui “a escolha dos documentos a serem submetidos a análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final” (Bardin, 2016 p. 125).

A primeira atividade consiste em estabelecer contato com os documentos a analisar é chamada de leitura “flutuante”, e em seguida selecionam-se os documentos que serão objeto de análise, que pode ser determinado *a priori*. Contudo é, importante observar as regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade, pertinência e exclusividade (um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria) (Bardin, 2016)

Uma vez, selecionados os documentos que serão objeto de análise, no caso das entrevistas, deve-se fazer as devidas transcrições e seu conjunto representará o corpus da pesquisa (Palmeira et al., 2020). Neste caso, Bardin (2016) afirma que a análise de entrevistas “raramente é possível estabelecer um quadro categorial único e homogêneo, devido à complexidade e à multidimensionalidade do material verbal” assim propõem duas possibilidades “assumir um ponto de vista geral e homogêneo, ou analisar alguns aspetos específicos, e as duas completam-se” (Bardin, 2016 p. 120).

A segunda fase consiste em atribuir códigos ou categorias. De acordo com Bardin (2016), as categorias podem ser criadas *a priori* ou *a posteriori*, isto é, a partir apenas da teoria (definidas pelo investigador a partir de seus objetivos e do referencial teórico) ou após a recolha de dados (emergem no contexto das respostas apresentadas pelos sujeitos da pesquisa)

A terceira fase de análise do conteúdo consiste no tratamento dos resultados – a inferência e interpretação, de acordo com as categorias pré-definidas, tenta-se interpretar os resultados com o objetivo de lhes atribuir significado. (Bardin, 2016).

6. Apresentação e discussão dos resultados

6.1. Introdução

Neste capítulo apresentam-se a análise e discussão dos resultados do impacto do IBSE nas aprendizagens dos alunos, tendo em conta os objetivos desta investigação:

- 1 Promover o desenvolvimento das competências de base nos alunos como sendo formular hipóteses, planear e realizar uma experiência recolher, analisar e tratar dados, tirar conclusões e argumentar.
- 2 Avaliar os efeitos da aplicação do IBSE na aprendizagem de conceitos de Química decorrentes da realização de investigações e da resolução de problemas socio-científicos relacionados com a Química.
- 3 Estudar a transferência das competências de base para o contexto do IBSE, analisando como essas competências influenciam a aprendizagem de conceitos, a realização de investigações e a resolução de problemas.

Na primeira parte, são analisados os dados dos questionários pré-teste, pós-teste e questão de aula. Segue-se a análise dos dados relativos às quatro atividades realizadas com o intuito de promover as competências de base. Numa terceira parte, faz-se o estudo dos resultados dos módulos IBSE desenvolvido com os alunos. Por fim, procede-se à interpretação das entrevistas de alunos e professores.

6.2. Aprendizagem de Química

6.2.1. Caracterização dos sujeitos participantes no estudo

Dos 111 alunos (sujeitos participantes do estudo), 61 (55,0%) fazem parte do grupo experimental 1 (com IBSE, mas sem treino prévio de competências) e os 50 restantes pertencem ao grupo experimental 2 (com IBSE e com treino prévio de competências). Um total de 59 participantes (53,2%) são do sexo feminino. Há uma percentagem superior de participantes do sexo feminino no grupo experimental 1 (59,0%; N = 36), quando comparado com o grupo experimental 2 (46,0%; N = 23), tal como indicado na Tabela 9.

Tabela 9

Distribuição da variável Sexo segundo o grupo experimental

		Grupo experimental 1		Grupo experimental 2		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexo	Masculino	25	41,0	27	54,0	52	46,8
	Feminino	36	59,0	23	46,0	59	53,2
Total		61	100,0	50	100,0	111	100,0

Para concluir sobre os conhecimentos de partida dos alunos de ambos os grupos experimentais, foi aplicado um teste diagnóstico cujos resultados indiciam que ambos os grupos possuem um nível de conhecimento inicial equivalente, ou seja, sem diferenças significativas, conforme se pode ver na Tabela 10.

Tabela 10

Média das classificações dos testes diagnóstico segundo o grupo experimental

	Média das classificações	
	Valores	%
Grupo experimental 1	9,7	48,5
Grupo experimental 2	10,6	53,0
Total	10,1	50,5

6.2.2. Avaliação do impacto da aplicação da abordagem IBSE

6.2.2.1. Caracterização das classificações obtidas nos diferentes momentos de avaliação

Na Tabela 11 encontra-se um conjunto de estatísticas relativas à classificação obtida pelos alunos nos três momentos de avaliação, tanto no global como por grupo experimental. Relativamente ao global de alunos, pode observar-se que, em termos médios, os piores resultados foram observados no pré-teste ($30,3\% \pm 11,8\%$), seguindo-se o pós-teste ($45,7\% \pm 14,8\%$), e, por fim, a questão de aula ($56,7\% \pm 29,4\%$). Ainda relativamente ao global, a maior dispersão foi observada nas classificações da questão

de aula, com um desvio padrão de 29,4%, sendo a variabilidade das classificações do pré- e pós-teste próximas (pré-teste: desvio padrão de 11,8% e coeficiente de variação de 38,9%; pós-teste: desvio padrão de 14,8% e coeficiente de variação de 32,4%). De notar que, no pré-teste, as classificações variam entre 4,0% e 71,0%, no pós-teste variam entre 16,0% e 93,0% e na questão de aula variam entre 0,0% e 100,0%.

Quando se consideram os resultados por grupo experimental, observa-se um comportamento médio das classificações igual ao observado para o global dos alunos, ou seja, nos dois grupos experimentais, os piores resultados são observados no pré-teste (26,2% no grupo experimental 1 vs 35,3% no grupo experimental 2), seguindo-se o pós-teste (40,8% no grupo experimental 1 vs 51,7% no grupo experimental 2) e a questão de aula (56,3% no grupo experimental 1 vs 57,1% no grupo experimental 2). Em ambos os grupos, os valores das classificações também variam mais na questão de aula, sendo a esta variabilidade menor e semelhante nos pré- e pós-teste.

Tabela 11

Estatísticas da classificação dos alunos (%) nos três momentos de avaliação, no global e por grupo experimental

		Grupo experimental 1			Grupo experimental 2			Total		
		Pré-teste	QA	Pós-teste	Pré-teste	QA	Pós-teste	Pré-teste	QA	Pós-teste
Estatísticas	Mínimo	4,0	0,0	16,0	4,0	0,0	20,0	4,0	0,0	16,0
	Média	26,2	56,3	40,8	35,3	57,1	51,7	30,3	56,7	45,7
	Mediana	27,0	56,0	40,0	36,0	56,0	53,0	31,0	56,0	44,0
	DP	10,5	30,9	12,4	11,5	27,8	15,4	11,8	29,4	14,8
	CV (%)	39,6	54,9	30,4	32,5	48,7	29,9	38,9	51,9	32,4
	Máximo	48,0	100,0	76,0	71,0	100,0	93,0	71,0	100,0	93,0

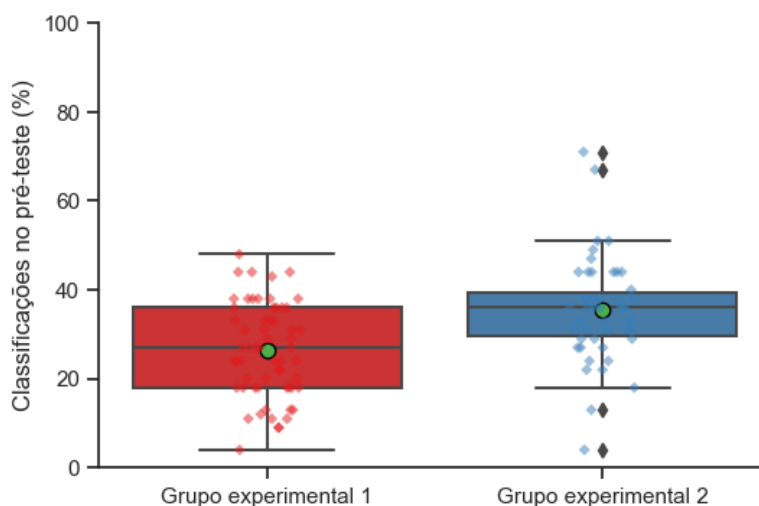
QA-questão de aula; DP-desvio padrão; CV=DP/Média- coeficiente de variação.

6.2.2.2. Comparação entre as classificações dos dois grupos nos três momentos de avaliação

Na Figura 21 encontra-se representada, para cada grupo em estudo, a distribuição das classificações obtidas pelos alunos no momento pré-teste.

Figura 21

Distribuição da classificação obtida no pré-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média

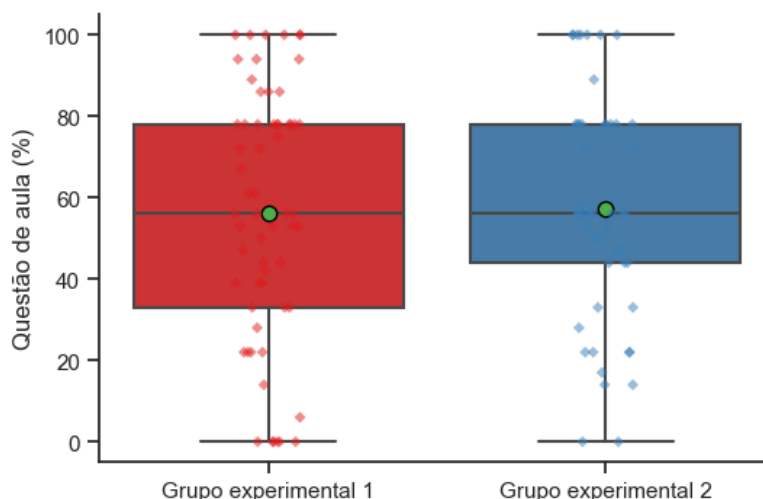


Face à informação ilustrada na Figura 21, pode afirmar-se que as classificações obtidas no pré-teste tendem a ser piores no grupo experimental 1. Todos os alunos desse grupo apresentam classificação negativa no momento do pré-teste, ou seja, inferior a 50,0%, sendo a classificação média de 26,2% (DP = 10,5%). A classificação média no grupo experimental 2 é de 35,3% (DP = 11,5%), com apenas 4 alunos (8,0% dos alunos do grupo experimental 2) a apresentarem classificação positiva.

Relativamente aos resultados obtidos na questão de aula, a Figura 22 ilustra a distribuição das classificações obtidas por cada grupo experimental. Pode observar-se alguma semelhança entre as classificações dos dois grupos, com uma muito ligeira superioridade, em termos médios, do grupo experimental 2 (57,1% vs 56,3%). Em ambos os grupos, as classificações da questão de aula variam entre 0,0% e 100,0%, observando-se uma variabilidade ligeiramente inferior no grupo experimental 2, quando comparado com o grupo experimental 1 (DP = 30,9% vs DP = 27,8%). No que respeita à percentagem de alunos com resultados positivos, esta é superior a 60,0% nos 2 grupos em estudo (62,3%; N = 38, no grupo experimental 1 e 66,0%; N = 33, no grupo experimental 2).

Figura 22

Distribuição da classificação obtida na questão de aula, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média

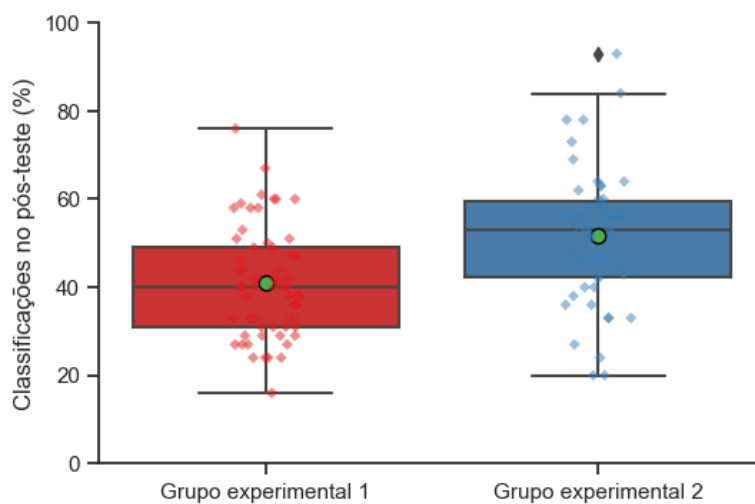


Por fim, e no que respeita aos resultados obtidos pelos alunos no pós-teste, a Figura 23 ilustra a distribuição das classificações por grupo experimental. Pode observar-se um desempenho superior dos alunos do grupo experimental 2, quando comparados com os alunos do grupo experimental 1, sendo as classificações médias de 40,8% (DP = 12,4%) e 51,7% (DP = 15,4%) para o grupo experimental 1 e para o grupo experimental 2, respetivamente. Em relação à percentagem de alunos com resultados positivos, observa-se que essa percentagem é, aproximadamente, 25,0% (N = 14) nos alunos do grupo experimental 1 e 58,0% (N = 29) nos alunos do grupo experimental 2. Fica, assim, patente que os alunos sujeitos ao treino de competências de base conseguem, em maior número, atingir um nível de desempenho positivo.

Embora ambos os grupos tenham mostrado uma melhoria no desempenho, a diferença de resultados entre os sexos, especialmente no grupo experimental 2, sugere que fatores como motivação e interesse podem influenciar o desempenho. De acordo com PISA (2018), o interesse por ciências pode variar entre os sexos, afetando diretamente os resultados, o que indica que novas pesquisas devem explorar como os estereótipos de género influenciam a aprendizagem em ciências.

Figura 23

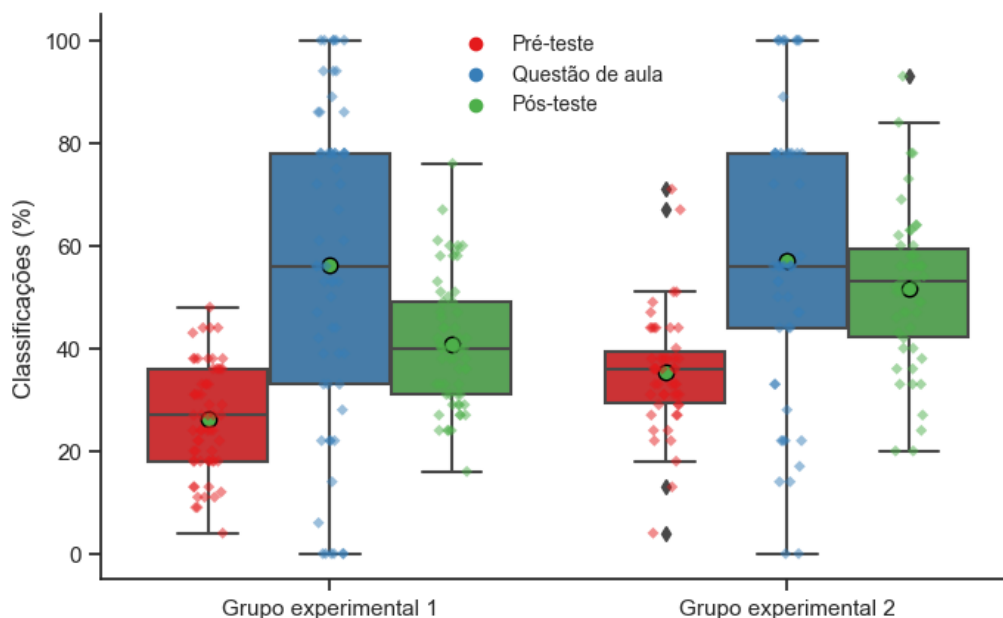
Distribuição da classificação obtida no pós-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média



No sentido de se estabelecer uma análise comparativa, em cada grupo, entre os resultados alcançados pelos alunos nos três momentos de avaliação em análise, obtiveram-se os diagramas comparativos apresentados na Figura 24.

Figura 24

Distribuição da classificação obtida nos 3 momentos de avaliação, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média



Comparando, para os 2 grupos, os resultados dos três momentos de avaliação, pode observar-se que, em ambos os grupos, há uma evolução positiva das classificações entre o pré- e o pós-teste. Em termos médios, a classificação passou de 26,2% para 40,8% no grupo experimental 1 e de 35,3% para 51,7% no grupo experimental 2. Confrontando os resultados obtidos na questão de aula com os resultados dos outros dois momentos, nota-se que, nos dois grupos e em termos médios, as classificações obtidas na questão de aula são superiores às obtidas no pré- e no pós-teste. Isto pode ser explicado pelo facto de os alunos não terem sido informados previamente sobre as datas de realização destes testes e do seu conteúdo, ao contrário do que aconteceu na questão de aula, que foi agendada e dado conhecimento aos alunos sobre os conteúdos a ser avaliados, o que resultou numa preparação prévia.

As classificações no pós-teste são melhores do que no pré-teste, o que mostra um efeito positivo da intervenção no que diz respeito à aprendizagem da Química. Constata-se, ainda, que o grupo experimental 2 melhorou mais o resultado do pós-teste, relativamente ao pré-teste, quando comparado com o grupo experimental 1, o que indicia um impacto positivo do treino de competências de base. Por outro lado, verifica-se, também, que apesar de ambos os grupos experimentais terem obtido uma média idêntica nas classificações na questão de aula, os resultados no pós-teste são

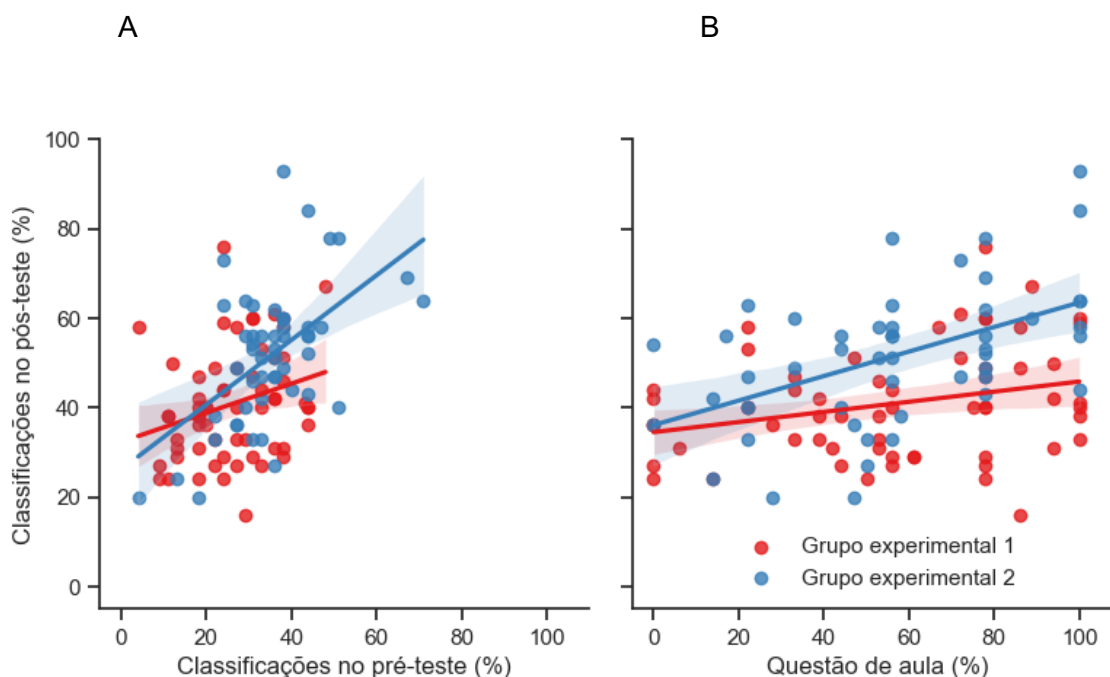
superiores no grupo experimental 2, o que revela que os alunos deste grupo retêm os conhecimentos por um maior período, conforme afirma Adauyah e Aznam (2024).

Salienta-se, ainda, que, no grupo experimental 2, o resultado médio no pós-teste é relativamente próximo do correspondente observado na questão de aula (57,1% na questão de aula vs 51,7% no pós-teste) contrariamente ao ocorrido com o grupo experimental 1, no qual se verificou uma descida mais acentuada. Este facto pode indiciar uma maior capacidade de retenção dos conhecimentos de Química no tempo nos alunos do grupo experimental 2. Estes resultados corroboram o estudo feito por Adauyah e Aznam (2024), no qual evidenciam que os conceitos aprendidos através do pensamento crítico serão recordados durante mais tempo porque os alunos participam ativamente na aprendizagem para descobrir conceitos de forma independente.

Tendo em vista avaliar se o conhecimento no momento do pós-teste está ou não relacionado com os resultados obtidos nos dois momentos anteriores, obtiveram-se os diagramas de dispersão apresentados na Figura 25.

Figura 25

Relação entre as classificações obtidas no pré- e pós-teste (A) e entre as classificações obtidas na questão de aula e no pós-teste (B), segundo o grupo experimental



Face à informação mostrada para os momentos de avaliação pré- e pós-teste (Figura 25 A), e para o grupo experimental 1, pode dizer-se que existe uma correlação linear positiva desprezível entre os dois momentos, no que respeita ao conhecimento (coeficiente de correlação de Pearson ($r = 0,28$)). Também não se observa outro tipo de correlação entre os dois momentos. Já para o grupo experimental 2, observa-se uma correlação linear moderada e positiva entre os resultados dos dois momentos ($r = 0,54$), ou seja, observa-se uma tendência para que alunos com classificação mais alta no pré-teste obtenham classificações altas no pós-teste e que alunos com classificação baixa no pré-teste continuem com classificações baixas no pós-teste.

Relativamente aos momentos de avaliação questão de aula e pós-teste (Figura 25 B), e para o grupo experimental 1, pode dizer-se que a correlação linear entre os dois momentos é desprezível, no que respeita ao conhecimento ($r = 0,28$)). Também não se observa outro tipo de correlação entre os dois momentos. Já para o grupo experimental 2, observa-se uma correlação linear fraca e positiva entre os resultados dos dois momentos ($r = 0,40$), ou seja, observa-se uma tendência fraca para que alunos com classificação mais alta na questão de aula obtenham classificações altas no pós-teste e que alunos com classificação baixa na questão de continuem com classificações baixas no pós-teste.

A melhoria observada nos resultados entre os três momentos de avaliação sugere que o treino de competências realizado no grupo experimental 2 favoreceu a transferência de aprendizagem para a resolução de problemas mais complexos, especialmente no contexto do IBSE. Essa transferência é consistente com o estudo de Gericke et al. (2022), que sublinham a importância de habilidades como raciocínio crítico e resolução de problemas na aprendizagem científica.

6.2.3. Análise do ganho de aprendizagem

Tendo em vista a quantificação do impacto da aplicação da abordagem pedagógica IBSE no ganho de aprendizagem, considera-se a variável *Ganho Normalizado* obtida de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{Ganho Normalizado (\%)} = \frac{\% \text{ Ganho}}{\% \text{ Ganho máximo}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Classificação no pós_teste (\%)} - \text{Classificação no pré_teste (\%)}}{100\% - \text{Classificação no pré_teste (\%)}} \times 100.$$

A definição da variável *Ganho Normalizado* foi introduzida no trabalho de Hake (1998) como uma medida quantitativa para avaliação da eficácia da instrução, levando em conta o conhecimento prévio dos participantes no estudo e o aumento de desempenho face a esse conhecimento prévio.

Excetuando cenários de desaprendizagem¹, o *Ganho Normalizado*, em percentagem, toma valores no intervalo 0,0% a 100,0%, sendo 0,0% quando a recuperação de aprendizagem entre o pré- e pós-teste é nula (classificação no pós-teste igual à classificação no pré-teste) e 100,0% quando há um desempenho exemplar do participante no pós-teste, ou seja, quando a classificação do momento pós-teste é 100%. Note-se que o *Ganho Normalizado* pode não ser apresentado em percentagem, sendo que nesse caso toma valores no intervalo de limites 0 e 1, Tabela 12.

Tabela 12

Classificação Ganho Normalizado (Hake, 1998, p. 65. Tradução nossa)

Pontuação	Categoria
$g \geq 0.70$	Alto
$0.30 \leq g < 0.70$	Médio
$g < 0.30$	Baixo

¹ classificação no pós-teste - classificação no pré-teste < 0.

A Tabela 13 apresenta a distribuição da variável Aprendizagem². Pode observar-se que três participantes (2,7%) mantiveram os seus resultados entre o pré- e o pós-teste, 94 (84,7%) melhoraram no pós-teste e que os restantes 14 alunos (12,6%) pioraram no pós-teste. Entre os alunos com piores resultados no pós-teste, há um número superior no grupo experimental 1 (16,4%; N = 10), quando comparado com o grupo experimental 2 (8,0%; N = 4).

Tabela 13

Distribuição da variável Aprendizagem, segundo o grupo experimental

	Grupo experimental 1		Grupo experimental 2		Total	
	N	%	N	%	N	%
% Ganho>0	49	80,3	45	90,0	94	84,7
% Ganho=0	2	3,3	1	2,0	3	2,7
% Ganho<0	10	16,4	4	8,0	14	12,6
Total	61	100,0	50	100,0	111	100,0

No estudo da eficácia da metodologia aplicada são considerados apenas os alunos com valor de %Ganho de, pelo menos, 0, ou seja, nas análises seguintes são considerados os 97 alunos (N = 51 do grupo experimental 1 e N = 46 do grupo experimental 2) que mantiveram ou melhoraram os resultados no pós-teste.

Na Figura 26 apresenta-se uma representação dos valores da variável %Ganho em função dos valores dos resultados obtidos no momento pré-teste por grupo experimental e na Tabela 14 apresenta-se um conjunto de estatísticas do *Ganho Normalizado* no global e também por grupo experimental.

Face aos resultados apresentados, e como já foi referido anteriormente, observa-se que os resultados no pré-teste foram baixos em ambos os grupos, com quase todos os participantes a apresentarem classificações inferiores a 50,0%. Relativamente à eficácia da metodologia aplicada, observa-se que no grupo de participantes submetidos ao IBSE com treino prévio há um ganho normalizado médio de 28,3% (DP = 18,7%), enquanto no grupo sem treino prévio a recuperação média normalizada é de 24,4% (DP = 14,0%), o que indica uma ligeira superioridade do grupo submetido a treino prévio (grupo

² %Ganho<0, ausência de aprendizagem; %Ganho=0, mantém resultados; %Ganho>0; aquisição de aprendizagem.

experimental 2). É ainda possível observar que, em ambos os grupos, existem participantes com o mesmo resultado de pré-teste e com ganhos muito diferentes. Por exemplo, para os oito participantes com classificação no pré-teste igual a 27,0%, os ganhos normalizados são 0,0%, 8,2%, 12,3% (2 alunos), 17,8%, 30,1% (2 alunos) e 42,7%.

Por fim, observa-se que, no grupo com treino prévio, a variabilidade do ganho normalizado é maior, variando entre 0,0% e 88,7%, enquanto no grupo sem treino o intervalo varia entre 0,0% a 68,4%.

Figura 26

%Ganho em função dos resultados obtidos no momento pré-teste por grupo experimental

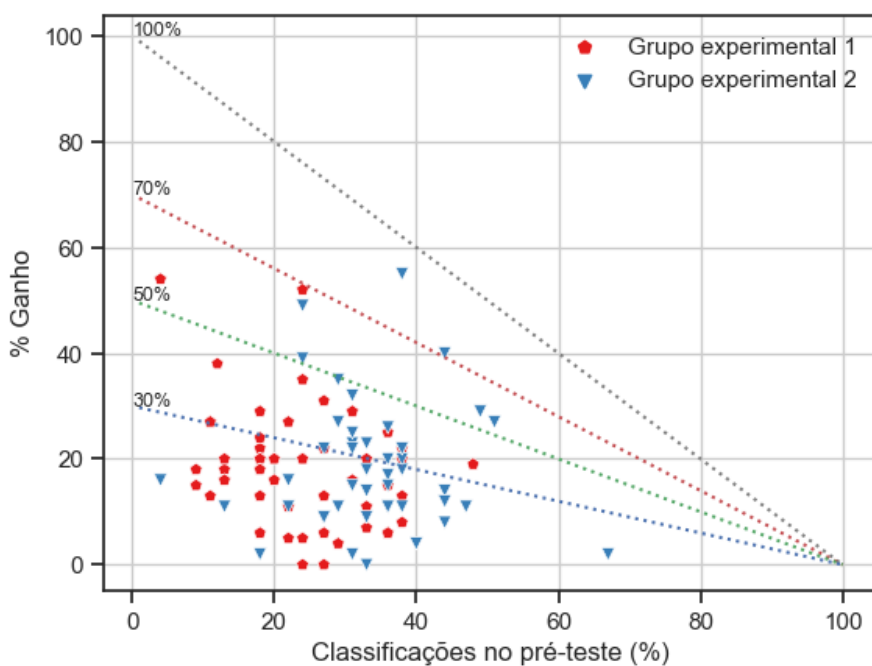


Tabela 14

Estatísticas dos valores da variável Ganho Normalizado, no global e por grupo experimental

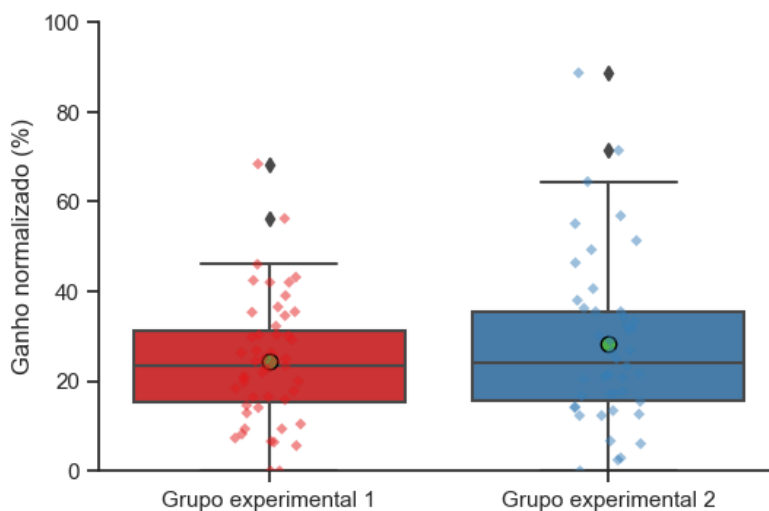
		Grupo experimental 1 (N=51)	Grupo experimental 2 (N=46)	Total N=97
Estatísticas	Mínimo	0,0	0,0	0,0
	Média	24,4	28,3	26,3
	Mediana	23,4	24,2	23,4
	DP	14,0	18,6	16,4
	CV (%)	57,2	65,8	64,5
	Máximo	68,4	88,7	88,7

DP=desvio padrão; CV=DP/Média- coeficiente de variação.

Ainda relativamente à avaliação da eficácia da metodologia apresentada, observa-se uma semelhança entre os dois grupos experimentais no que respeita aos 50,0% ganhos normalizados mais baixos de cada grupo (ganhos inferiores ao ganho mediano) e observam-se valores mais elevados no grupo experimental 2, quando considerados apenas os 50,0% ganhos normalizados mais altos dos 2 grupos experimentais, Figura 27.

Figura 27

Distribuição do Ganho Normalizado, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média



No sentido de se efetuar uma análise da eficácia da metodologia aplicada entre os alunos com ganhos normalizados superiores ao *Ganho Normalizado* mediano do respetivo grupo, obtiveram-se os valores de um conjunto de estatísticas para esse universo de alunos e para ambos os grupos. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15

Estatísticas dos valores da variável Ganho Normalizado, no global e por grupo experimental

		Grupo experimental 1 (N = 26)	Grupo experimental 2 (N = 23)
Estatísticas	Mínimo	23,4	25,0
	Média	34,8	42,3
	Mediana	31,4	35,4
	DP	10,7	16,3
	CV (%)	30,8	38,3
	Máximo	68,4	88,7

DP-desvio padrão; CV=DP/Média- coeficiente de variação.

Face aos resultados apresentados, pode-se afirmar que o *Ganho Normalizado* médio no grupo experimental 2 é agora 7,4% superior ao correspondente ganho no grupo experimental 1 (no grupo experimental 2 há uma recuperação média de 42,3% (DP = 16,3%), enquanto no grupo 1 a recuperação média é de 34,8% (DP = 10,7%)). A variabilidade continua superior no grupo experimental 2, quando este é comparado com o grupo experimental 1.

Tendo em conta a *Classificação Ganho Normalizado de Hake*, representada na Tabela 12, pode-se concluir que ambos os grupos experimentais obtiveram um ganho médio com a implementação do IBSE o que está de acordo com o que Afifaha e Azizah (2021), haviam descrito no seu estudo. Por outro lado, verifica-se que os alunos sujeitos a treino obtiveram um ganho superior, o que indicia o impacto positivo na aprendizagem dessas atividades de treino.

6.2.3.1. Avaliação do efeito do sexo nos resultados da aplicação da metodologia

Para avaliar o efeito do sexo nos resultados da aplicação da metodologia, obteve-se o diagrama que relaciona do Ganho Absoluto com os resultados obtidos no momento de pré-teste, apresentado na Figura 28, e os diagramas de bigodes comparativos do Ganho Normalizado apresentados na Figura 29. Face aos resultados apresentados, pode-se concluir que, em média, o ganho é superior nos rapazes, sendo a diferença média entre os ganhos normalizados de rapazes e raparigas de 6,4% (ganho normalizado médio igual a 29,7% para os rapazes vs 23,2% para as raparigas). Apenas uma rapariga (1,7% das raparigas) apresenta um ganho normalizado superior a 50,0%, já o número de rapazes cujo valor do *Ganho Normalizado* é superior a 50,0% é sete (13,5% dos rapazes). A maior recuperação de conhecimentos foi obtida por um rapaz, sendo para esse rapaz o valor do ganho normalizado de quase 90,0%. No grupo das raparigas, a recuperação máxima foi de 51,3%.

Figura 28

%Ganho em função dos resultados obtidos no momento pré-teste segundo o Sexo

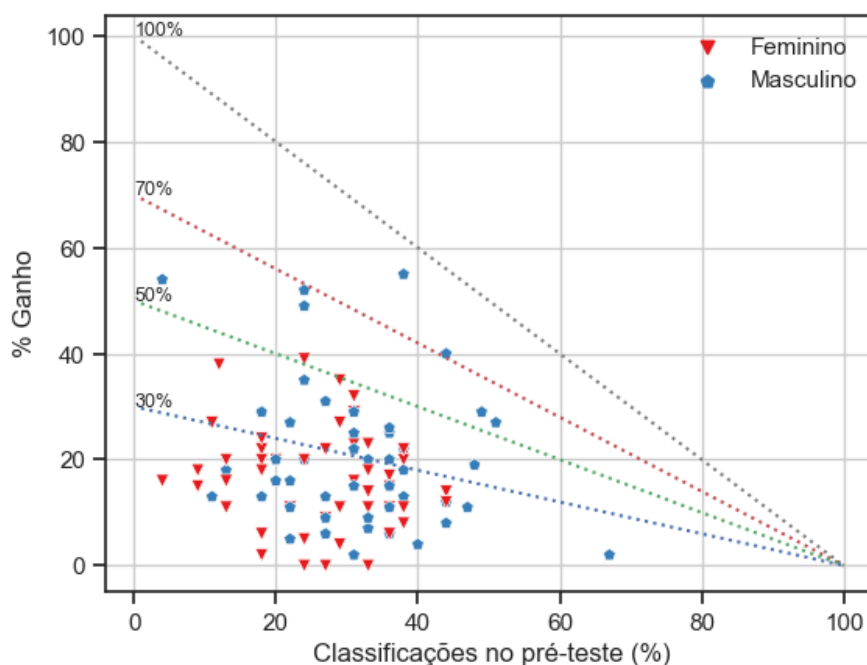
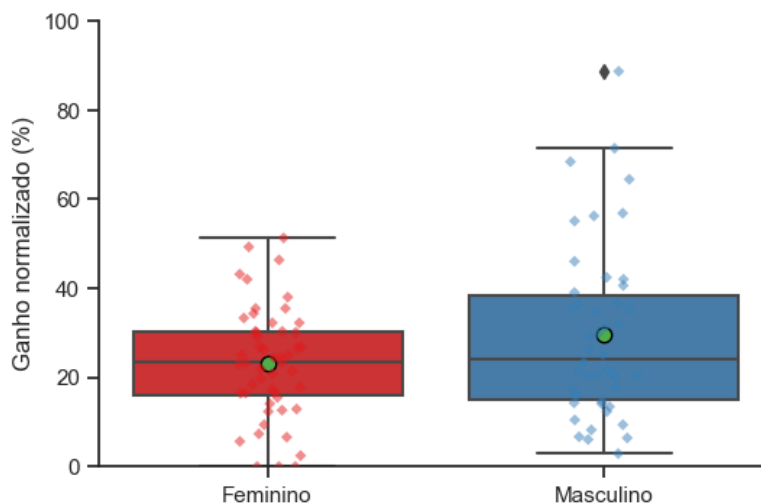


Figura 29

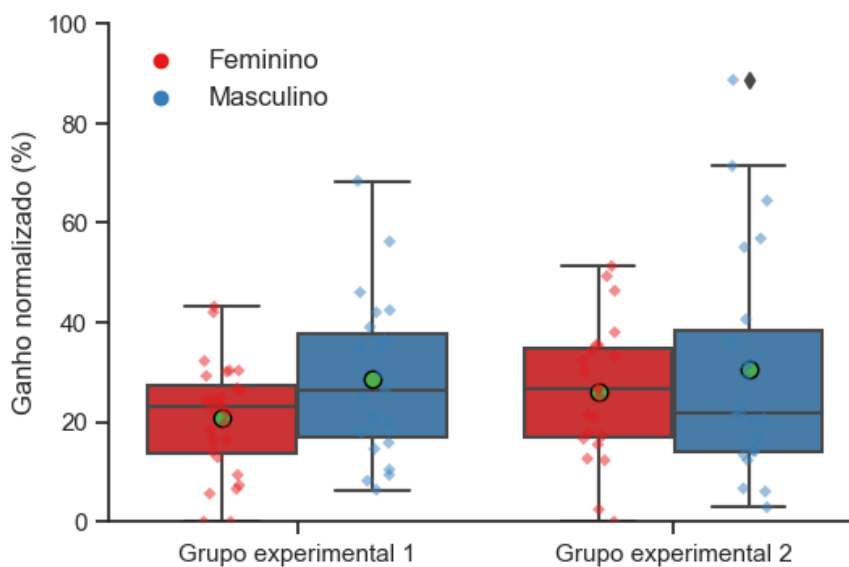
Distribuição do Ganho Normalizado (%) segundo o Sexo dos alunos. A bola verde representa a média



A Figura 30 ilustra a distribuição dos valores da variável Ganho Normalizado segundo o sexo e o grupo experimental.

Figura 30

Distribuição do Ganho Normalizado (%) segundo o sexo e o grupo experimental. A bola verde representa a média



Em termos médios, observa-se uma superioridade dos rapazes nos dois grupos (rapazes: ganho normalizado médio de 28,9% para o grupo experimental 1 e 30,5%

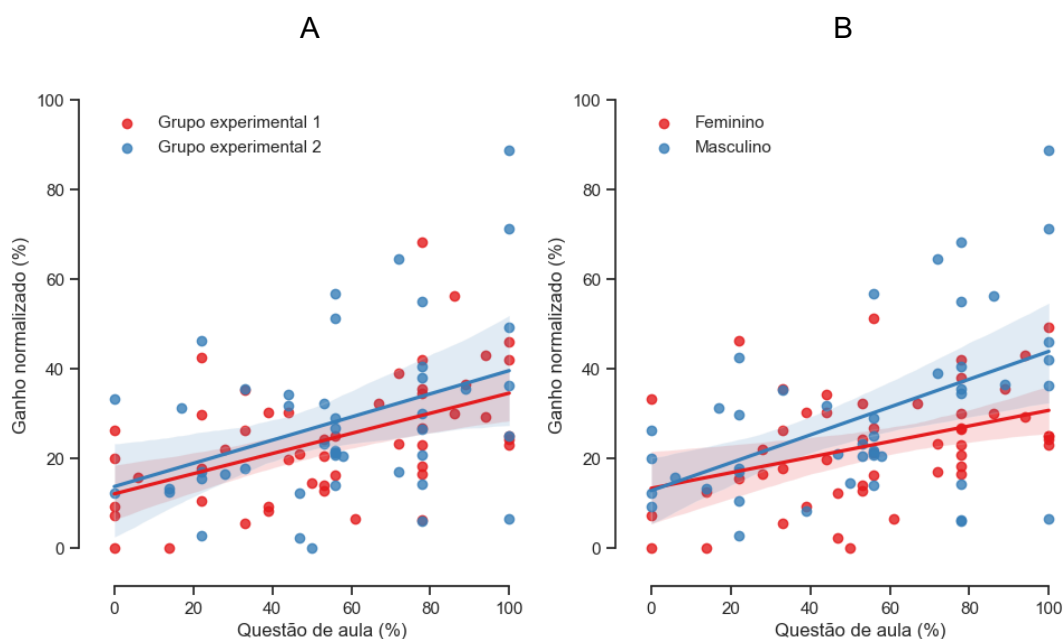
para o grupo experimental 2; raparigas: ganho normalizado médio de 20,9% para o grupo experimental 1 e 26,5% para o grupo experimental 2). Em termos medianos, a superioridade dos rapazes é apenas observada no grupo experimental 1. No grupo experimental 2, os ganhos mais baixos dos rapazes são, na sua maioria, inferiores aos ganhos mais baixas das raparigas, o que contribui para que o ganho mediano dos rapazes seja inferior ao das raparigas. O facto de, no grupo experimental 2, o ganho médio dos rapazes ser superior ao das raparigas deve-se à existência de valores mais elevados de ganhos normalizados no grupo dos rapazes.

6.2.4. Avaliação do efeito do resultado da questão de aula nos resultados da aplicação da metodologia

Tendo em vista o estudo da relação entre os resultados obtidos na questão de aula e o ganho de aprendizagem segundo o grupo experimental e o sexo do estudante, obtiveram-se os diagramas de dispersão apresentados na Figura 31.

Figura 31

Relação entre as classificações obtidas na questão de aula e o ganho de aprendizagem segundo o grupo experimental (A) e segundo o sexo do estudante (B)



Face à informação mostrada na Figura 31 A pode dizer-se que, para os dois grupos experimentais, existe uma correlação linear positiva desprezível entre o resultado obtido

na questão de aula e o ganho de aprendizagem ($r = 0,27$ para o grupo experimental 1 e $r = 0,25$ para o grupo experimental 2). Também não se observa outro tipo de relação entre as duas variáveis.

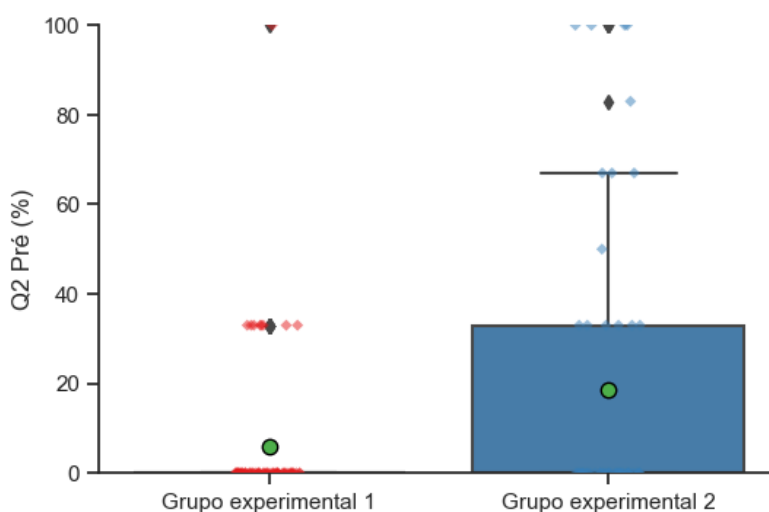
Já no que respeita ao Sexo (Figura 31 B), pode dizer-se que, para os rapazes, existe uma correlação linear fraca e positiva entre o resultado obtido na questão de aula e o ganho de aprendizagem ($r = 0,38$), isto é, existe uma tendência fraca para que alunos rapazes com classificações elevadas na questão de aula apresentem maiores ganhos de aprendizagem e para a que resultados baixos na questão de aula estejam associados a ganhos de aprendizagem mais baixos. Para as raparigas, pode dizer-se que existe uma correlação linear positiva desprezível entre o resultado obtido na questão de aula e o ganho de aprendizagem ($r = 0,11$).

6.2.5. Análise do resultado da questão 2

As duas figuras seguintes ilustram as distribuições das classificações obtidas na questão 2 (Q2) nos momentos de pré-teste (Figura 32) e no momento pós-teste (Figura 33).

Figura 32

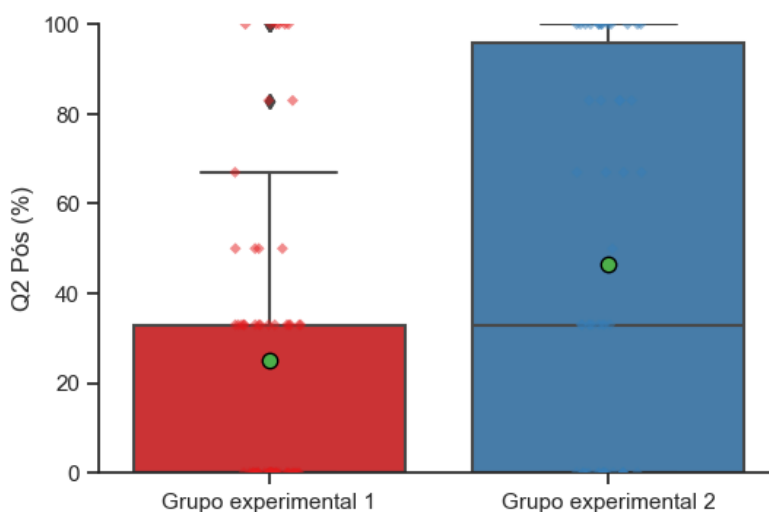
Distribuição da classificação obtida Q2 no pré-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média



Pela observação da Figura 32, pode concluir-se que o desempenho médio dos participantes na questão 2 no momento de pré-teste é negativo nos dois grupos, sendo muito fraco no grupo experimental 1 ($6,0\% \pm 16,6\%$) e fraco no grupo experimental 2 ($18,6\% \pm 32,6\%$). Já no pós-teste (Figura 33), o desempenho médio é fraco no grupo experimental 1 ($25,1\% \pm 33,2\%$) e próximo da positiva no grupo experimental 2 ($46,6\% \pm 41,9\%$).

Figura 33

Distribuição da classificação obtida Q2 no pós-teste, segundo o grupo experimental. A bola verde representa a média



Com estes resultados pode-se concluir que os alunos do grupo experimental 2 revelaram um melhor desempenho no item que envolvia a redação de uma justificação, na qual deveriam apresentar uma argumentação consistente para a fundamentação solicitada. Estes resultados parecem corroborar a ideia de Jang e Hade (2017) de que o treino da argumentação permite um bom desempenho nas tarefas de escrita explicativa.

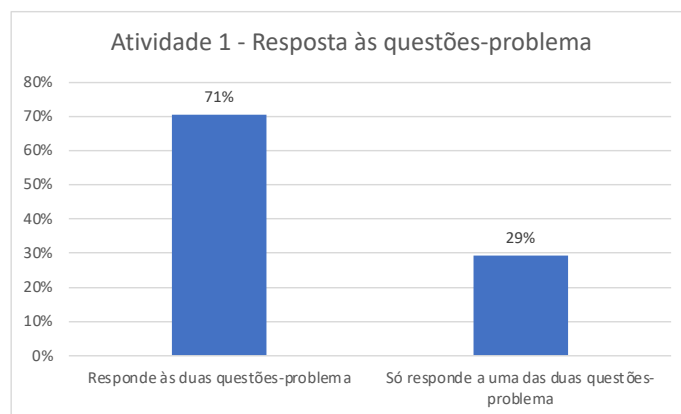
6.3. Desenvolvimento de competências

No que concerne às quatro atividades de treino desenvolvidas no grupo experimental 2, obtiveram-se os resultados que se apresentam de seguida.

Na atividade 1, cujo objetivo consistia em solicitar aos alunos a elaboração de uma planificação de uma atividade laboratorial, a sua execução, a recolha, tratamento e análise dos dados e chegar a conclusões, para dar resposta a duas questões-problema, registou-se que todos os alunos ($N = 50$) tiveram um desempenho positivo, tendo a classificação mínima sido de 12,8 valores e a máxima de 18,4 valores. Realça-se o facto de todos os alunos terem conseguido apresentar uma proposta de planificação em que a maioria dos procedimentos eram corretos e organizados. No que concerne às respostas às duas questões-problema, 71% dos alunos conseguiu fazê-lo com sucesso, tendo os restantes 29% respondido corretamente apenas a uma delas, conforme está representado na Figura 34.

Figura 34

Atividade 1 – Respostas às questões-problema



O desempenho positivo dos alunos nesta atividade pode ser atribuído à organização e planeamento das etapas do processo experimental, o que demonstra a eficácia do treino de competências de base. Os resultados sugerem que o treino dessas competências prepara os alunos para enfrentar com mais confiança as exigências de tarefas experimentais, como também foi observado em estudos de Crawford (2014), que destacam a importância da organização no sucesso das metodologias investigativas.

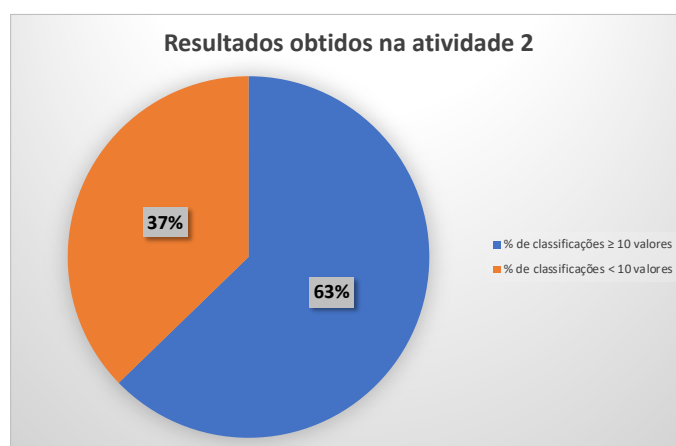
Reconhecendo que a aquisição da competência de argumentação é essencial para uma implementação mais eficaz da abordagem baseada em investigação (IBSE), realizou-

-se a atividade 2. Os resultados obtidos revelaram um nível de desempenho reduzido, o que se refletiu nos resultados: 37% dos alunos obteve uma classificação inferior a dez valores, tendo as classificações variado entre os 2,4 valores e os 14,7 valores (Figura 35).

Essa dificuldade pode ser atribuída à complexidade da argumentação científica, que exige uma habilidade avançada de análise e construção de raciocínios lógicos. Como apontado por Liu et al. (2017), a argumentação científica é uma das competências mais desafiadoras de ser desenvolvida dentro da metodologia IBSE, particularmente para alunos sem treino prévio em práticas científicas.

Figura 35

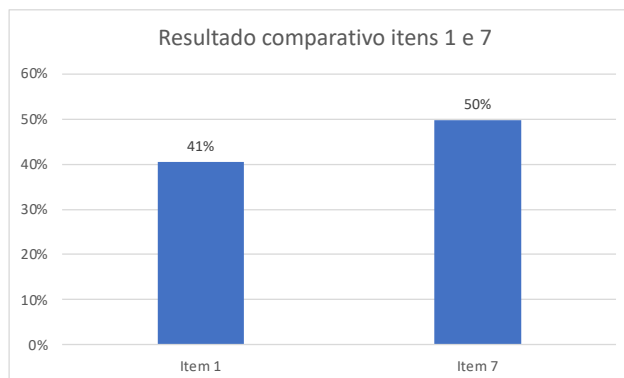
Atividade 2 - Resultados



Para se avaliar o impacto que a atividade 2 teve no desempenho dos alunos ao nível da argumentação, sugeriu-se aos alunos um último item (item 7) no qual se solicitava a mesma explicação pedida no primeiro item da atividade. Ao comparar os resultados entre esses dois itens, verificou-se uma ligeira melhoria (Figura 36), o que evidencia uma maior capacidade para fundamentar o fenómeno em estudo.

Figura 36

Atividade 2 – Resultados dos itens 1 e 7

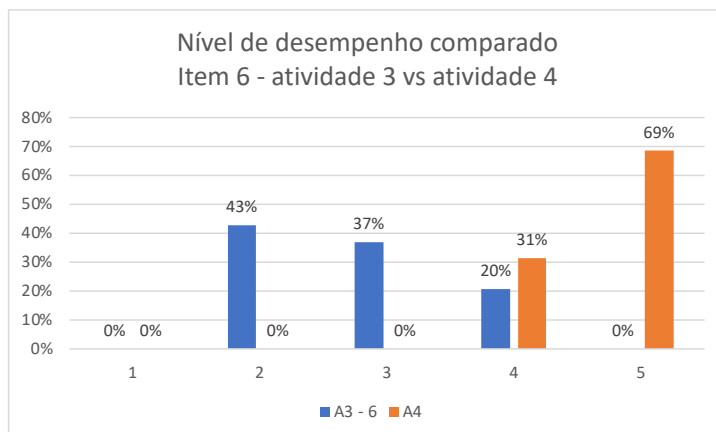


Na atividade 3, que teve como foco o desenvolvimento de competências de formulação de hipóteses e argumentação, os resultados demonstraram uma melhoria generalizada. Esta melhoria foi particularmente notória nos itens que envolviam a redação de textos (itens 1, 5 e 6). De forma global, a classificação mínima foi de 9,0 valores e a máxima de 15,5 valores, com 96% dos alunos a alcançar uma classificação positiva.

No entanto, foi na atividade 4, que consistiu na apresentação de um texto argumentativo, que os alunos revelaram melhor desempenho tendo 69% atingido o nível de desempenho máximo (5 - Argumentos com mais do que uma refutação), e os restantes 31% o nível de desempenho logo abaixo (4 - Argumentos com uma afirmação com uma refutação claramente identificável. Tal argumento pode ter várias alegações e contra-alegações). Considerando que a mesma rubrica de avaliação, desta atividade, foi utilizada no item 6 da atividade 3, onde nenhum aluno atingiu o nível máximo de desempenho e apenas 20% alcançou o nível 4, pode-se concluir que houve uma melhoria nas competências de argumentação dos alunos, conforme se pode verificar na Figura 37.

Figura 37

Nível de desempenho na avaliação da qualidade da argumentação



6.4. Análise estatística das classificações dos dois módulos IBSE

Tal como referido anteriormente no módulo IBSE 1, os alunos foram avaliados com rubricas de avaliação tanto para a apresentação oral como no documento final para a exposição interativa. Nestas rubricas os critérios foram: Conhecimento, Comunicação e Desenvolvimento Pessoal e Interpessoal, tal como é utilizado no agrupamento de escolas. No módulo IBSE 2, os critérios constantes das rubricas de avaliação para o produto elaborado pelos alunos (por exemplo notícia, folheto, ...) foram o Conhecimento e a Comunicação. Na Tabela 16, apresenta-se uma lista de utilizada para representar os critérios utilizados.

Tabela 16

Lista de siglas utilizadas para representar os critérios utilizados na avaliação dos módulos IBSE

Critério	Módulo IBSE 1			Módulo IBSE 2
	Total	Apresentação oral	Documento final	Notícia
Conhecimento	CN_M	CN_A_M	CN_P_M	CN_M
Comunicação	CM_M	CM_A_M	CM_P_M	CM_M
Desenvolvimento Pessoal e Interpessoal	DPI_M	DPI_A_M	DPI_P_M	---

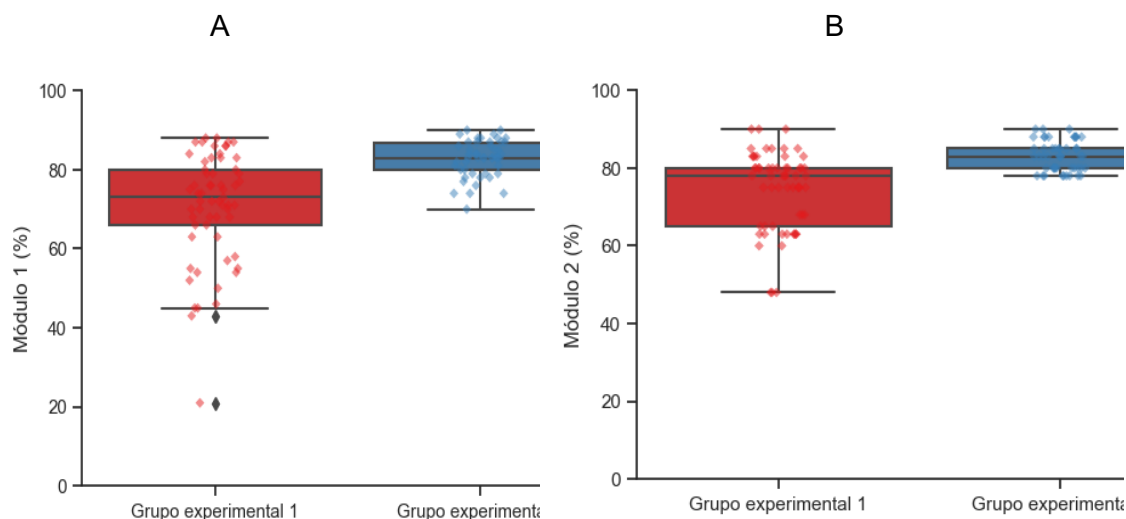
Na Figura 38 encontra-se uma ilustração da distribuição das classificações obtidas nos Módulos 1 e 2, segundo o grupo experimental. Pode observar-se que, em ambos os módulos, os alunos do grupo experimental 2 tendem a obter melhores classificações e uma variabilidade inferior, quando comparados com os alunos do grupo experimental 1.

Para o Módulo 1 a classificação média é de 70,7% (DP = 13,8%) para o grupo experimental 1 e de 82,8% (DP = 4,6%) para o grupo experimental 2 e para o Módulo 2 a classificação média é de 74,5% (DP = 10,1%) para o grupo experimental 1 e de 83,1% (DP = 3,9%) para o grupo experimental 2. Pode ainda observar-se que todos os alunos do grupo experimental 2 obtiveram classificação positiva em ambos os módulos, sendo a classificação mínima nesse grupo de 70,0% e a máxima de 90,0%. Já no que respeita ao grupo experimental 1, aproximadamente 10% dos alunos obtiveram classificação negativa no Módulo 1 e, aproximadamente, 5% obtiverem negativa no Módulo 2.

Com estes resultados, pode-se concluir que as atividades de treino de competências de base de IBSE, a que o grupo experimental 2 esteve sujeito, permitiram aos alunos um melhor desempenho na concretização dos módulos.

Figura 38

Distribuição das classificações obtidas no Módulo 1 (A) e no Módulo 2 (B) segundo o grupo experimental

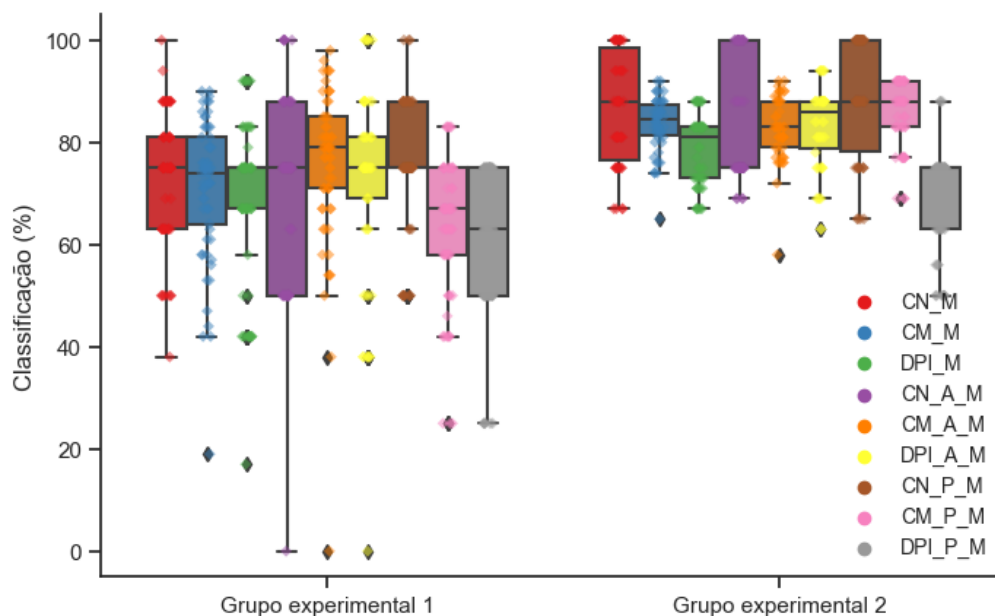


De forma a estabelecer-se uma comparação entre a classificação dos critérios de cada módulo, obtiveram-se os diagramas comparativos apresentados nas Figura 39 e 40.

Relativamente ao Módulo 1 (Figura 39), o melhor desempenho médio dos alunos do grupo experimental 1 é observado para o critério CM_A_M ($75,4\% \pm 15,8\%$), seguindo-se os critérios CN_P_M ($75,5\% \pm 15,8\%$) e CN_M ($73,4\% \pm 13,5\%$) e o pior desempenho médio é observado nos critérios DPI_P_M ($59,5\% \pm 15,8\%$), CM_P_M ($62,6\% \pm 14,3\%$) e DPI_M ($67,7\% \pm 16,7\%$). Os restantes 3 critérios, CM_N, CN_A_M, DPI_A_M, apresentam uma classificação média de, aproximadamente, 71%. Já para os alunos do grupo experimental 2, o melhor desempenho médio é observado para o critério CN_P_M ($89,1\% \pm 11,8\%$) seguindo-se os critérios CN_M ($86,4\% \pm 10,8\%$) e CM_P_M ($85,4\% \pm 6,8\%$) e o pior desempenho é observado nos critérios DPI_P_M ($69,5\% \pm 10,5\%$) e DPI_M ($78,4\% \pm 7,3\%$). Os restantes 4 critérios, CM_M, CN_A_M, CM_A_M e DPI_A_M, apresentam uma classificação média de, aproximadamente, 83%. Pode assim observar-se tendência para que os critérios com melhores e com piores resultados sejam os mesmos nos dois grupos.

Figura 39

Distribuição das classificações obtidas nos critérios do Módulo 1, segundo o grupo experimental



Numa apreciação comparativa dos resultados obtidos no módulo IBSE 1 entre os dois grupos experimentais, verifica-se que o grupo experimental 2 obteve uma média superior em 10 % ou mais, quando comparada com a média do grupo experimental 1, em todos os critérios, com a exceção do critério CM_A_M. Realça-se o facto de, no critério CM_P_M essa diferença de médias se cifrar nos 22,8%. Neste critério, foi avaliada a mensagem, a interatividade e o aspeto gráfico do documento final elaborado pelos alunos para a exposição, ou seja, a comunicação escrita, a capacidade de levantar questões no visitante e a criatividade, respetivamente. Deste modo, é possível inferir que as atividades de treino desenvolvidas promoveram estas competências, o que corrobora as ideias de Aditomo & Klieme (2020), Adler et al. (2018), Crawford (2014) e Strat et al. (2023), que concluem que a implementação do IBSE estimula competências como o pensamento crítico, a criatividade e a comunicação. Também na revisão de Lin et al. (2023), é enfatizado que as competências de argumentação, explicação e reflexão são importantes para a redação de textos científicos, revelando que o IBSE pode melhorar as competências de escrita científica dos alunos.

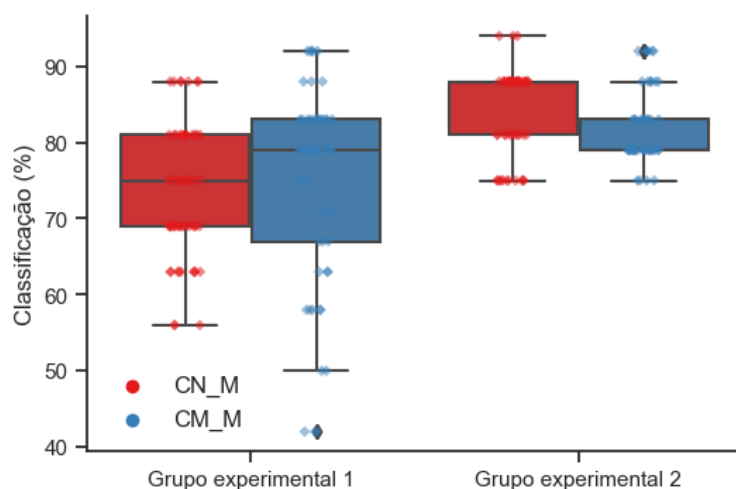
Quanto ao Módulo 2 (Figura 40), a classificação média dos alunos do grupo experimental 1 corresponde, no critério CN_M, a 73,3% (DP = 8,7%) e a 75,0% (DP =

12,7%) no critério CM_M. Já os alunos do grupo experimental 2 apresentam uma classificação média de 84,0% (DP = 5,9%) e de 82,3% (DP = 5,0%) no critério CN_M e CM_M, respetivamente. Pode assim observar-se uma ligeira superioridade de desempenho médio dos alunos do grupo experimental 1 e uma leve inferioridade de desempenho dos alunos do grupo experimental 2 no critério CM_M, quando estes resultados médios são comparados com os respetivos resultados médios do critério CN_M.

Verifica-se, assim, uma diferença superior a 10% no resultado do critério CN_M que o grupo experimental 2 obteve, quando comparado com o resultado do grupo experimental 1, o que indicia uma maior capacidade para a aquisição de novo conhecimento de forma autónoma.

Figura 40

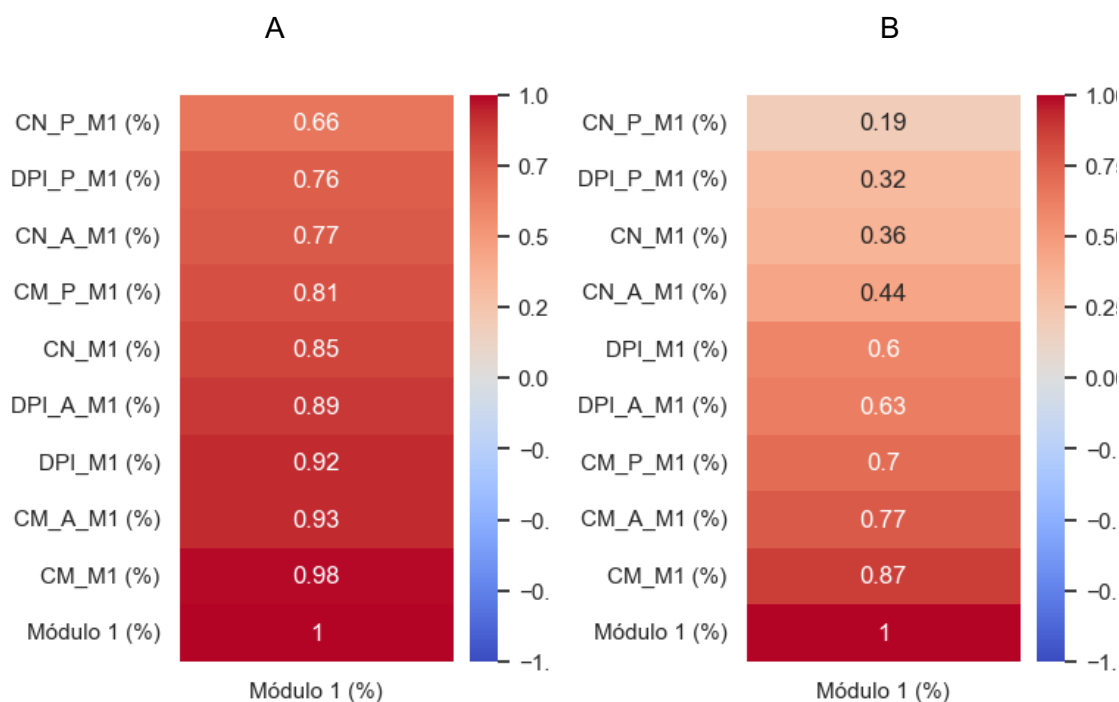
Distribuição das classificações obtidas nos critérios do Módulo 2, segundo o grupo experimental



Por fim, e no sentido de se obter uma ordenação dos critérios de cada módulo usando como critério a força da correlação linear entre a classificação de cada critério e a classificação do respetivo módulo, foram obtidos os esquemas de cores apresentados nas Figuras 41 e 42.

Figura 41

Coeficientes de correlação de Pearson entre a classificação do Módulo 1 e a classificação de cada critério, segundo o grupo experimental 1 (A) e o grupo experimental 2 (B)

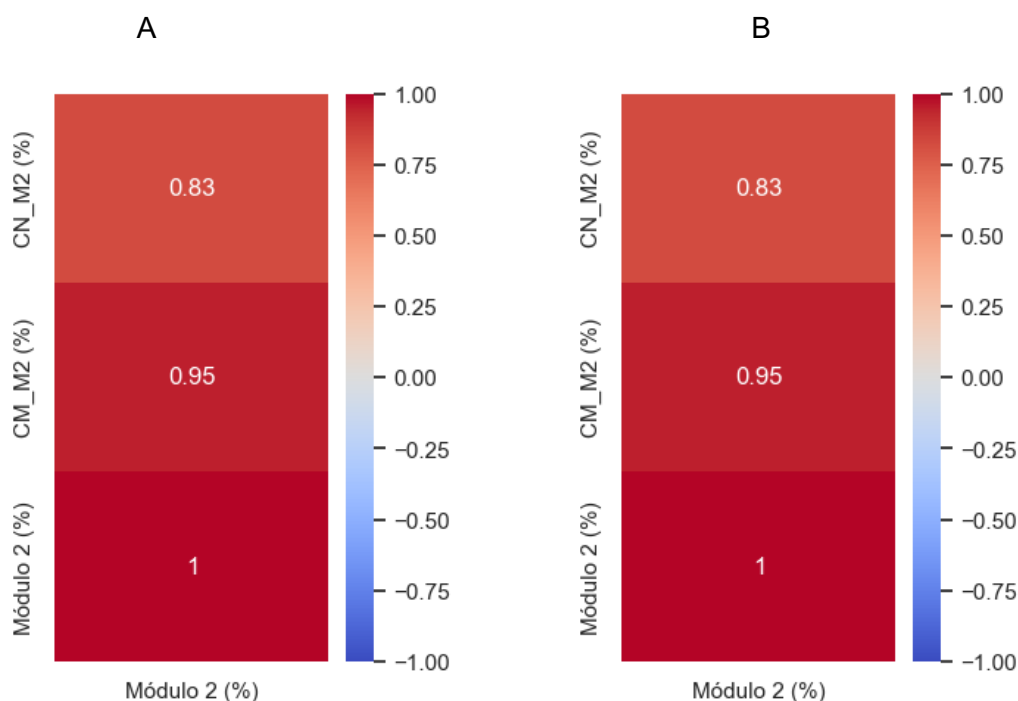


Relativamente à classificação obtida pelos alunos do grupo experimental 1 no Módulo 1 (Figura 41 A), observa-se uma correlação linear positiva muito forte com a classificação dos critérios CM ($r = 0,98$), CM_A ($r = 0,92$) e DPI ($r = 0,92$) e uma correlação linear positiva forte com a classificação dos critérios DPI_A ($r = 0,89$), CN ($r = 0,85$) e CM_P ($r = 0,81$). As classificações dos critérios CN_A ($r = 0,77$), DPI_P ($r = 0,76$) e CN_P ($r = 0,66$) estão apresentam uma correlação moderada com a classificação do Módulo 1. Já no que respeita aos alunos do grupo experimental 2 (Figura 41 B), observa-se uma correlação linear positiva forte entre a classificação do Módulo 1 e a classificação do critério CM ($r = 0,87$) e uma correlação moderada com as classificações dos critérios CM_A ($r = 0,77$), CM_P ($r = 0,70$), DPI_A ($r = 0,63$) e DPI ($r = 0,60$). Para este grupo de alunos, os critérios CN_A ($r = 0,44$), CN ($r = 0,36$) e DPI_P ($r = 0,32$) apresentam uma correlação fraca com a classificação do Módulo 1 e a correlação entre a classificação do Módulo 1 e a classificação do módulo CN_P é desprezível ($r = 0,19$).

Já no que diz respeito à classificação obtida no Módulo 2 (Figura 42), observa-se, para ambos os grupos experimentais, uma correlação linear positiva muito forte com a classificação do critério CM ($r = 0,95$) e uma correlação linear positiva forte com o critério CN ($r = 0,83$).

Figura 42

Coeficientes de correlação de Pearson entre a classificação do Módulo 2 e a classificação de cada critério, segundo o grupo experimental 1 (A) e o grupo experimental 2 (B)



6.5. Entrevistas

Para compreender melhor o impacto da abordagem pedagógica IBSE e do treino de competências, na aprendizagem de Química e na atitude dos alunos em relação à Química e ao IBSE, realizaram-se entrevistas semiestruturadas a 14 alunos, que se voluntariaram para participar, e aos dois professores participantes na investigação. Estas entrevistas permitem conhecer a opinião dos alunos e professores acerca das

dinâmicas de sala de aula estabelecidas entre os alunos, obter sugestões de melhoria e recolher informações complementares aos restantes instrumentos de avaliação.

O conteúdo das entrevistas foi analisado de acordo com a técnica de análise de conteúdo. Foram definidas categorias de análise *a priori* para as entrevistas realizadas aos alunos e professores. Tendo em conta essas categorias pré-estabelecidas, foi feita uma análise exploratória dos resultados no sentido de se estabelecerem as subcategorias adequadas à análise. Assim, foi possível elaborarmos as grelhas de análise que permitiram a estruturação do tratamento dos dados e tornou mais simples e objetiva a apresentação dos resultados. Na Tabela 17, relativa às entrevistas conduzidas aos alunos, apresentam-se as três categorias de análise estabelecidas: *A. Impacte do IBSE*, *B. Impacte das atividades de treino* e *C. Atitudes*. A análise exploratória conduzida confirmou as subcategorias previamente definidas.

Tabela 17

Categorização na Análise das Entrevistas dos Alunos

Categoria	Subcategoria	
	Designação	Apresentação de indicadores com referência ...
A. Impacte do IBSE	A1. Conhecimentos	... à aprendizagem de Química.
	A2. Competências	... ao desenvolvimento de competências científicas.
B. Impacte das atividades de treino		... ao desenvolvimento de competências científicas.
C. Atitudes	C1. Em relação à Química	... à mudança de opinião sobre a aplicação e relevância da Química no nosso quotidiano.
	C2. Em relação ao IBSE	... às dificuldades sentidas durante o desenvolvimento do trabalho proposto nos módulos.
		... à vontade de voltar a ter este tipo de ensino.

Do mesmo modo, foram também realizadas entrevistas aos professores que colaboraram na investigação no sentido de auscultar as suas opiniões e perspetivas

acerca do impacto do IBSE e da sua implementação. Para a análise destes dados, foram definidas, *a priori*, três categorias de análise de acordo com as questões do guião da entrevista, que foram: A. *Impacte do IBSE nos alunos*, B. *Impacte do IBSE nos professores*, C. *Atitudes dos alunos*. A análise exploratória conduzida confirmou as subcategorias previamente definidas, tal como se apresenta na Tabela 18.

Tabela 18

Categorização na Análise das Entrevistas dos Professores

Categoria	Subcategoria	
	Designação	Apresentação de indicadores com referência ...
A. Impacte do IBSE nos alunos	A1. Conhecimentos	... à aprendizagem de Química.
	A2. Competências	... ao desenvolvimento de competências científicas.
B. Impacte do IBSE nos professores	Atitudes	... às dificuldades sentidas durante o desenvolvimento dos módulos.
		... à vontade de voltar a implementar este tipo de ensino.
C. Atitudes dos alunos	C1. Em relação à Química	... à mudança de opinião sobre a aplicação e relevância da Química no nosso quotidiano
	C2. Em relação ao IBSE	... às dificuldades sentidas durante o desenvolvimento do trabalho proposto nos módulos.

As entrevistas, realizadas tanto aos alunos como aos professores foram gravadas em áudio e, posteriormente, transcritas para serem analisadas.

6.5.1. Entrevistas aos alunos

Apresenta-se de seguida uma análise mais detalhada do conteúdo das entrevistas conduzidas aos alunos participantes de acordo com as categorias e subcategorias apresentadas na Tabela 14. Esta análise reflete as opiniões e reflexões dos alunos sobre as suas experiências com o IBSE e o trabalho colaborativo, destacando diversos aspetos positivos, dificuldades enfrentadas e expectativas para futuras atividades nesse formato. Apresenta-se assim uma síntese estruturada das respostas e perceções dos

alunos. Dentro de cada categoria e subcategoria consideradas serão referenciados trechos do conteúdo das entrevistas que ilustram as diferentes posições dos alunos sobre elas. Para identificar os alunos entrevistados, irá recorrer-se aos códigos A1 a A14.

A. Impacte do IBSE

A1. Conhecimento

No que se refere à aprendizagem de Química realizada ao longo da implementação do IBSE, os alunos consideram ter aprendido mais e melhor, com esta abordagem, isto é, conseguiram construir mais conhecimento, desenvolveram mais competências científicas, ou seja, consideram que esta metodologia potenciou a sua aprendizagem.

A aprendizagem foi considerada “mais interativa” (A1). Os alunos destacaram que o IBSE promoveu um envolvimento mais ativo, com maior exploração e retenção dos conteúdos, dando exemplos dos temas estudados. O envolvimento direto nas atividades foi considerado motivador, incentivando os alunos a aprofundar o conhecimento por iniciativa própria.

Muitos alunos destacaram que o método IBSE permite explorar a matéria, tornando a memorização mais eficaz. A matéria é compreendida por ser pesquisada, não apenas decorada, o que facilita a aprendizagem.

“Nós procuramos o que queremos saber, não nos dizem, lemos, escrevemos e fica sempre uma parte em que memorizamos melhor.” (A3)

“Sim. Aprendemos mais. [...] Aprendemos porque não é matéria decorada, é matéria que nós dedicamos a explorar, fica mais na memória” “uma das melhores formas de aprender é explicar aos outros é mesmo ensiná-lo” [...] “É mais interessante e mais motivador.” (A4)

“Nós com este tipo de pesquisas podemos até aprender mais porque temos mais informação do que às vezes temos no manual por exemplo ou que o professor disponibiliza porque está dentro das aprendizagens essenciais” (A6)

“A própria pesquisa pode fazer com que apareçam mais dúvidas e que nós queiramos saber mais isso é importante para podermos evoluir e termos mais conhecimento que

às vezes no período de aulas não é possível explorar tão bem essas aprendizagens.”
(A7)

A realização de atividades práticas e laboratoriais ajudou a consolidar os conhecimentos. Os alunos A6 e A7 mencionam que o envolvimento direto nas atividades reforça a compreensão dos conceitos e promove uma aprendizagem duradoura. O aluno A7 refere que *"colocar as mãos na massa"* facilita a retenção e a compreensão dos conceitos.

“Eu acho que o envolvimento é importante porque sempre aprendemos mais [...] a quantidade de pesquisa que nós fazemos, o envolvimento que nós temos, o conhecimento vai-se prolongar muito mais.” (A6)

“Quando exploramos mais aquela temática é algo que nós conseguimos guardar na nossa memória durante mais tempo e às vezes a aquisição é mais rápida e fica melhor consolidada” [...] “a assimilação é mais fácil.” (A7)

A abordagem investigativa foi considerada mais eficaz para captar a atenção e promover a autonomia, em contraste com o ensino expositivo, que pode levar a desatenção. Os alunos A5, A13 e A14 compararam o IBSE com o ensino expositivo, apontando a autonomia e a pesquisa ativa como fatores que facilitam a compreensão e aumentam a retenção do conhecimento.

“As atividades de grupo, fazem interagir com outras pessoas [...] não é tão tradicional”
(A5).

“quando é o professor explicar nem todos conseguem entender a matéria da mesma forma, ao contrário, quando somos nós a pesquisar as informações arranjamos forma de sermos nós próprios a explicar a matéria e assim entendemos tudo” (A13).

“Eu acho que aprendemos mais relativamente a isso porque se for no ensino tradicional [...] alguns alunos podem não estar atentos e a não captar tão bem a matéria enquanto nós realizamos aqueles trabalhos que a professora nos propôs nós temos que ser nós a pesquisar toda a informação e a preocupar-nos para fazer o melhor trabalho possível aprendendo assim mais.” [...] “em vez de ser só o professor a falar e a explicar a matéria, nós assim conseguimos captar melhor a matéria se formos nós a pesquisar e formos nós a tentar aprender autonomamente e o que nos traz uma evolução no nosso trabalho autónomo” (A14).

A2. Competências

Quanto ao impacto do IBSE no desenvolvimento de competências, os alunos relataram o desenvolvimento de competências relacionadas à análise crítica e à seleção de informações relevantes durante as pesquisas. Foi destacado o valor de verificar a credibilidade das fontes como parte do processo investigativo.

A seleção de informações relevantes foi mencionada como uma dificuldade inicial, mas, ao final, tornou-se uma competência aprimorada, uma vez que, muitos alunos relataram melhorias na capacidade de selecionar informações relevantes.

"Selecionar a informação era muito difícil porque era quase toda relevante." (A6)

"Nós podemos desenvolver as nossas capacidades de pesquisar e recolher informação" (A6)

"Temos que saber selecionar informação que é relevante e que interessa para o trabalho" (A7)

"Desenvolvemos um bocadinho o nosso raciocínio crítico e o pensamento crítico de saber analisar, ver o que é importante e o que não" (A7)

"Procurar a própria informação acho que é muito mais viável e ajuda a desenvolver competências" (A12)

"Tem sempre que se verificar a credibilidade das informações ir ver em vários sites." (A12)

Os alunos consideraram que a abordagem metodológica IBSE permite aprofundar os conhecimentos para além do que está no manual ou fornecido pelo professor. Isso ajuda a desenvolver um raciocínio crítico e a fomentar curiosidade científica.

"Nós com este tipo de pesquisas podemos até aprender mais porque temos mais informação do que às vezes temos no manual por exemplo ou que o professor disponibiliza porque está dentro das aprendizagens essenciais por isso sim podemos aprender mais e também desenvolvemos as nossas capacidades." (A6)

"Estimular o nosso pensamento crítico, de nos levar mais longe de nos começar a questionar" (A7)

"A própria pesquisa pode fazer com que apareçam mais dúvidas e que nós queiramos saber mais." (A7)

“O trabalho em grupo também é algo que nós não conseguimos fazer sempre e eu falo por mim nem sempre é algo que me deixa totalmente confortável, mas é uma mais-valia no futuro.” (A7)

Alguns alunos reconheceram que pesquisar autonomamente exige mais esforço, mas ao mesmo tempo proporciona autonomia e responsabilidade. Houve consenso sobre a importância do trabalho autónomo e como ele desenvolve competências fundamentais.

“Ajudou a reaprender a ser autónomo porque muitas vezes já temos as respostas dadas nas escolas.” (A11)

Na opinião dos alunos as atividades desenvolvidas ajudaram a superar algumas dúvidas, mas em certos casos (ex.: energias exotérmicas e endotérmicas), a dificuldade na interpretação de textos científicos e em compreender conceitos mais avançados foi mencionada.

“Por um lado, sim aprende-se um pouco melhor e um pouco mais coisas e dá para nós aprendermos por nós mesmos para termos mais essa autonomia, não sermos tão dependentes do professor, mas por outro lado há matérias que ficam um pouco mais difícil” [...] “eu não fiquei a entender muito bem a parte das energias exotéricas e endotérmica” (A9).

“Numa linguagem mais científica, mais académica, e às vezes é muito mais fácil se um professor transformar essa linguagem uma linguagem mais de ensino” (A9)

B. Impacte das atividades de treino

As atividades de treino de competências tiveram impacte no desenvolvimento de competências de planificação e realização de experiências. A planificação foi considerada essencial para desenvolver competências práticas e aplicar conceitos científicos em contextos experimentais. A prática de planificar atividades experimentais foi vista como uma competência essencial para futuros profissionais na área de laboratório.

“Desenvolver mais a nossa planificação, saber mais o que temos que fazer estamos mais à vontade” (A2)

“No início tínhamos sempre de pôr essa hipótese do que seria o cubo por isso punhamos a pensar.” (A4)

“Ajudou-me a rever a matéria e a planear o procedimento [...] ajudou-me bastante [...] o planear.” (A12)

“Foi bom para conseguirmos planear experiências que, no futuro, possamos a quem seguir Química ter mais facilidade nessa área”. (A13)

“Eu acho que essa parte do planificar e de sermos nós a planificar uma atividade experimental é sempre importante [...] se nós quisermos seguir Química ou outra área que envolva laboratório nós vamos ter sempre que saber planificar as experiências e saber a parte prática em si.” (A14)

A maioria dos alunos afirmaram que as atividades de argumentação e comunicação melhoraram significativamente as suas capacidades de expressar ideias cientificamente.

“Argumentar ajuda, acho que sim [...] nunca nos tinham ensinado, até ao décimo ano, como argumentar bem e depois chegas aqui em quase todas as disciplinas tens que o fazer, mas não sabes fazer então quanto mais poderes praticar melhor por isso acho que ajuda.” (A2)

“Quanto mais praticamos a argumentação melhor [...]. Acho que comparativamente com início do ano e agora, acho que com um texto argumentativo estou melhor porque por causa dessas atividades.” (A13)

“Consegue argumentar melhor e a nossa criatividade aumenta se praticarmos cada vez mais essa argumentação.” (A14)

“Aprender o que é errado do que é certo e porque é que está errado e porque é que está certo [...] melhora o interesse, motiva mais, quando nós estamos mais motivados estamos mais interessados em estudar e temos mais interesse naquilo que estamos a ler.” (A11)

C. Atitudes

C1. Em relação à Química

Muitos alunos já reconheciam a importância da Química no cotidiano, mas destacaram que os trabalhos realizados ampliaram sua compreensão sobre como a Química está

presente em todas as áreas da vida e seu papel em desafios globais como o hidrogénio verde e o efeito estufa. As atividades ajudaram os alunos a perceber que a Química não é apenas teórica, mas uma ciência aplicada que resolve problemas reais e complexos.

A maioria dos alunos destacou que os módulos contribuíram para perceberem a importância da Química no dia a dia.

"Contribuiu porque agora sei que a Química realmente é muito importante." (A8)

Alguns já tinham essa noção, mas reforçaram o entendimento prático e aplicado.

"Já sabia que a Química tinha muita importância, mas estes trabalhos ajudam-nos a perceber que tudo o que aprendemos tem uma relevância." (A6)

Os alunos reconheceram que a Química é mais complexa do que anteriormente percecionavam, percebendo-a como um campo mais abrangente do que inicialmente supunham.

"Percebemos que é muito mais complexo do que umas equações e uns elementos." (A9)

Os temas dos módulos (e.g., hidrogénio verde, chuvas ácidas) ajudaram os alunos a ligar os conceitos químicos a questões atuais e globais.

"O trabalho do hidrogénio verde ajudou-me a perceber que há maneiras de resolver problemas com Química." (A6)

"Nós conseguimos ampliar mais a ideia do que é um composto químico, por exemplo, das suas consequências, vantagens e desvantagens." (A12)

C2. Em relação ao IBSE

A abordagem IBSE foi associada a um aumento do interesse intrínseco pela matéria, especialmente por incentivar os alunos a responder às suas próprias perguntas. A maioria dos alunos refere que o IBSE aumenta a motivação para aprender e a curiosidade em relação aos temas abordados. A motivação está ligada à liberdade de explorar questões além do conteúdo obrigatório. O IBSE foi descrito como mais interessante e menos monótono do que as aulas expositivas.

"Muda o ritmo e torna as aulas mais dinâmicas." (A10)

“impõe-nos uma responsabilidade e autonomia, depende tudo de nós [...] é um bom método interessante” (A10).

Os alunos têm uma perceção do esforço, considerando que embora as tarefas sejam trabalhosas, reconheceram o valor do esforço investido devido às aprendizagens alcançadas

“Este trabalho que temos vale a pena.” (A14)

“Sim dá mais trabalho [...] mas é muito interessante e é bom termos algo que é fora do normal.” (A8)

“É interessante muda um bocadinho o ritmo aquela monotonia das aulas e passa-se para um ambiente a mais tranquilo, mas mesmo assim trabalha-se até se pode trabalhar mais do que parece realmente. É bom quando dão uma oportunidade ao aluno de expressar a sua criatividade no trabalho porque é sempre uma oportunidade de variar.” (A10)

“Os trabalhos em que nós temos que encontrar informação por mais trabalho que seja [...] é bem melhor na minha opinião.” (A12)

“Tivemos que desenvolver muito o trabalho autónomo.” (A13)

As atividades de grupo proporcionaram oportunidades para interação e aprendizagem colaborativa. O trabalhar em grupo foi visto como uma competência importante para a aprendizagem, mas também desafiador devido à necessidade de negociar e organizar tarefas.

“Toda a gente consegue aprender com os outros e os outros aprendem contigo.” (A2)

“É importante trabalhar em grupo porque é algo que vamos precisar no futuro.” (A7)

Das dificuldades relatadas, a gestão do tempo surgiu como uma dificuldade recorrente, especialmente com prazos curtos. A limitação do tempo para pesquisa e organização foi mencionada.

“Organizar o tempo foi uma das maiores dificuldades.” (A7)

“O tempo limite foi a maior dificuldade porque a pesquisa é progressiva.” (A6)

As apresentações orais e interações com colegas foram apontadas como desafiadoras para alguns alunos, para A1 *“A apresentação oral foi a principal dificuldade.”* Por outro lado, as atividades investigativas ajudaram alguns alunos a superar barreiras pessoais

de comunicação. No caso do aluno A12, admitiu que o IBSE o obrigou a superar a preguiça em relação à explicação detalhada.

A falta de apoio durante o trabalho autónomo foi vista como um obstáculo por alguns alunos uma vez que nunca tinham realizado uma atividade investigativa.

"Fazer sozinhos sem entender certas coisas pode ser uma dificuldade." (A8)

"Este tipo de ensino, foi diferente do que alguma vez tínhamos feito, porque normalmente é mais teórico." (A8)

Na seleção do formato de apresentação a flexibilidade criativa foi valorizada, mas alguns alunos sentiram dificuldades técnicas ao optar por formatos mais complexos, como vídeos. A exploração de formatos novos para os alunos, como vídeos e folhetos, foi mencionada como desafiadora, mas enriquecedora.

"O problema foi querer fazer algo muito complexo sem ter as ferramentas adequadas." (A9)

Todos os alunos mostraram entusiasmo e interesse em repetir atividades baseadas no IBSE no próximo ano letivo.

"Gostava de repetir porque desenvolve capacidades e nos tira da zona de conforto." (A7)

"Sim eu adoraria ter este tipo de ensino porque, como ele disse evolui muito as nossas capacidades em termos de autonomia em termos de estudo [...] e também nossa capacidade de argumentar vai cada vez evoluindo mais o que vai ser muito importante para o nosso futuro." (A14)

Os dados analisados indicam que a abordagem IBSE foi amplamente valorizada pelos alunos, sobretudo pela sua capacidade de promover a autonomia, a curiosidade, e o desenvolvimento de competências científicas e argumentativas. Os alunos expressaram o desejo de repetir experiências educativas relacionadas com a abordagem IBSE, destacando o seu potencial para os preparar para desafios futuros. Os alunos observaram melhorias na sua perceção sobre a importância da Química no quotidiano e em questões globais, além de um maior envolvimento nas aulas. Contudo, há desafios, como a gestão do tempo, problemas relacionados à interpretação de conceitos complexos e à necessidade de maior apoio por parte do professor.

6.5.2. Entrevistas aos professores

À semelhança da análise das entrevistas realizadas aos alunos, também as entrevistas conduzidas aos dois professores colaboradores na investigação foram submetidas a análise de conteúdo. De igual forma, e tal como apresentado na Tabela 15, foram definidas, *a priori*, três categorias de análise de acordo com as questões do guião de entrevista: *A. Impacte do IBSE nos alunos*, *B. Impacte do IBSE nos professores* e *C. Atitudes dos alunos*.

Apresenta-se de seguida uma análise mais detalhada do conteúdo das entrevistas conduzidas aos professores que implementaram os dois módulos de IBSE nas suas turmas, atendendo às categorias e subcategorias apresentadas na Tabela 15. Dentro de cada categoria e subcategoria consideradas serão referenciados trechos do conteúdo das entrevistas que ilustram as diferentes posições dos professores sobre elas. Para identificar os professores entrevistados, irá recorrer-se aos códigos P1 e P2.

A. Impacte do IBSE nos alunos

Os professores destacam que o IBSE permite uma aprendizagem mais aprofundada e contextualizada, ao mesmo tempo que desenvolve competências de pesquisa e análise crítica. Os comentários do professor 1 (P1) enfatizam que a metodologia promove uma aprendizagem ativa e significativa, mas também requer envolvimento por parte dos alunos.

A1. Conhecimentos

O impacto do IBSE no conhecimento dos alunos é descrito de forma positiva por ambos os professores, embora com diferentes nuances.

P1 considera que a abordagem pedagógica IBSE permitiu aos alunos aprender de uma forma mais profunda e significativa. Um dos principais pontos destacados é o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de pesquisa. O professor teve a perceção de que os alunos ao trabalharem de forma colaborativa e ao pesquisarem sobre temas como os gases na atmosfera, foram capazes de pesquisar e selecionar informações que, em uma aula tradicional, poderiam não ser transmitidas. O exemplo dado sobre o CO₂ e o ozono destaca a exploração de um tema científico de forma mais rica e abrangente, com os alunos questionando a natureza de um gás ser ao mesmo tempo essencial e poluente.

Além disso, P1 menciona que o envolvimento dos alunos e a dinâmica do grupo são fatores cruciais para uma aprendizagem mais eficaz. A troca de informações e a pesquisa em grupo parecem favorecer a apropriação do conhecimento de forma mais completa. Essa abordagem permitiu que os alunos compreendessem conceitos complexos, que podem ter sido menos explorados de forma expositiva.

"De uma forma geral eles conseguiram aprender mais e melhor"

"ao fazerem um trabalho de pesquisa ao partilhar informação entre eles ao abordarem e encontrar informação que se calhar numa aula tradicional não lhes seria transmitida penso que eles conseguem aprender mais"

"relativamente ao melhor muito depende da importância que os próprios alunos dão ao trabalho, se eles estiverem mais envolvidos e tiverem já alguma dinâmica de trabalho do grupo acabam por conseguir aprender melhor"

"Relembro de uma situação em particular, entre várias, mas em que na pesquisa relativamente aos gases na atmosfera muitos acharam curioso o facto de um gás assumir o papel de essencial e poluente em simultâneo nomeadamente a questão do CO₂"

"Notei da parte dos alunos, digamos, uma aprendizagem mais conseguida que depois também foi evidenciada ao nível dos instrumentos de avaliação que foram utilizados."

P2, por sua vez, salienta que, embora a implementação do IBSE tenha começado de forma difícil, especialmente devido à heterogeneidade da turma, os alunos, à medida que se familiarizavam com a metodologia, começaram a entender melhor os conceitos científicos. Inicialmente, a turma não estava habituada a um processo de aprendizagem mais autónomo e investigativo, mas após algum tempo de adaptação, P2 percebeu uma evolução no domínio dos conteúdos, com os alunos passando a apreender os temas de uma forma mais ativa.

"Quando iniciamos a implementação desta metodologia as coisas não foram muito fáceis e houve uns alunos que interpretaram isto de uma forma bastante positiva e, portanto, trabalharam muitíssimo bem e acho que aprenderam imenso"

"Com a implementação contínua as coisas foram-se alterando [...] depois foram entrando na metodologia e as coisas foram começando a correr melhor."

Este relato do P2, sublinha que, embora a adaptação inicial seja desafiante, o IBSE permite que os alunos adquiram gradualmente competências relacionadas à autonomia e à construção do conhecimento.

Ambos os professores indicam que a metodologia IBSE permite aos alunos desenvolver uma compreensão mais crítica e profunda dos conteúdos, algo que parece ser facilitado pela natureza investigativa da abordagem.

A2. Competências

Quando se trata das competências desenvolvidas pelos alunos, a metodologia IBSE é vista como um fator positivo tanto para o desenvolvimento de competências cognitivas quanto socio emocionais.

P1 enfatiza que o IBSE contribui significativamente para o desenvolvimento da capacidade investigativa dos alunos, ao permitir-lhes formular perguntas, pesquisar e analisar fontes de informação. A investigação e a troca de ideias em grupo são consideradas cruciais para uma aprendizagem mais eficaz. P1 também aponta que, ao lidarem com questões complexas como o papel do hidrogénio verde e as diferentes fontes de energia, os alunos desenvolveram competências de pensamento crítico e resolução de problemas, ao questionarem e procurarem soluções alternativas.

“Durante o desenvolvimento deste tipo de trabalho, durante a realização da pesquisa e da seleção de informação é natural que eles coloquem questões ou mais questões sobre aquilo que estão a aprender é indiscutível”

“Os alunos não tinham propriamente a noção de que o hidrogénio à partida era uma fonte de energia” “questionaram o facto de ler na pesquisa feita o que era o hidrogénio azul que era o hidrogénio castanho que era o hidrogénio”

P2 também destaca a autonomia como um dos maiores ganhos da metodologia, ao permitir que os alunos sejam responsáveis pelo seu próprio processo de aprendizagem. Este desenvolvimento de autonomia é visto como essencial para a formação de competências de investigação, uma vez que os alunos não apenas se envolvem ativamente na pesquisa, mas também aprendem a gerir e organizar o seu próprio trabalho. A metodologia IBSE também fomenta uma aprendizagem mais centrada no aluno, permitindo que desenvolvam habilidades de questionamento e resolução de problemas, competências essenciais para o século XXI.

Além disso, P2 menciona que a dinâmica de grupo também tem um papel importante no desenvolvimento das competências sociais e comunicativas, uma vez que os alunos precisam partilhar informações e colaborar uns com os outros para avançarem nas suas pesquisas.

“Esta metodologia é bastante interessante porque eles conseguem apreender os conteúdos que nós estamos a trabalhar de uma outra forma, uma aprendizagem mais centrada neles, em que eles são mais responsáveis, por serem eles a construir o seu conhecimento.”

Ambos os professores, embora com enfoques ligeiramente diferentes, reconhecem que o IBSE tem um impacto positivo no desenvolvimento de conhecimentos e competências nos alunos. Nos conhecimentos, o IBSE promove uma aprendizagem mais profunda e holística, com os alunos a explorarem conceitos de forma mais dinâmica e crítica. Nas competências, a ênfase é no desenvolvimento da autonomia, no pensamento crítico, na resolução de problemas e na colaboração em grupo. Ambos os professores reconhecem que, embora a implementação inicial possa ser desafiante, o impacto a longo prazo é claramente positivo, com os alunos a desenvolverem habilidades essenciais para a sua formação científica e pessoal.

B. Impacte do IBSE nos professores

A análise das respostas dos professores revela um conjunto de dificuldades e perceções sobre o impacto do IBSE no desenvolvimento dos dois módulos, bem como a sua vontade de continuar a implementar este tipo de metodologia no futuro. A categoria central da análise é o impacto do IBSE nos professores, e dentro desta, a subcategoria em foco são as atitudes relacionadas com as dificuldades sentidas durante o desenvolvimento dos módulos e a vontade de voltar a implementar este tipo de ensino. A análise é detalhada abaixo.

O professor P1 destaca principalmente a gestão do tempo como a maior dificuldade. No contexto do ensino secundário, onde existem aprendizagens essenciais a serem abordadas para a avaliação (exame nacional), o tempo torna-se um fator limitante. O interesse dos alunos nas atividades do IBSE fez com que estas demorassem mais tempo do que o previsto, criando uma tensão entre o tempo disponível e os conteúdos que era imperativo lecionar.

"A gestão do tempo é um aspeto muito importante nomeadamente no ensino secundário [...] o interesse que os alunos têm neste tipo de atividade por vezes leva-os a demorar mais tempo do que aquilo que nós prevemos atempadamente."

Outra dificuldade mencionada é, em sentido oposto, a falta de interesse de alguns alunos pela temática abordada, especialmente numa turma que não tinha grande vocação para ciências. P1 refere que houve situações de mudança de turma e até de desistência de alguns alunos, o que complicou ainda mais a implementação do IBSE, já que a motivação e a participação dos alunos são cruciais para o sucesso da metodologia.

"Em alguns casos muito particulares, nomeadamente numa das minhas turmas, criar o interesse dos alunos nas temáticas porque era uma turma que tinha muitos alunos que efetivamente não estavam muito vocacionados relativamente àquilo que é o nosso curso de ciências e tecnologias."

P2, por sua vez, coloca o foco nas questões inesperadas levantadas pelos alunos durante o processo de pesquisa. A natureza do IBSE, que incentiva os alunos a investigarem de forma autónoma (embora guiada), fez com que os alunos formulassem questões além das inicialmente previstas, o que exigiu do professor uma constante adaptação e resposta. A gestão dessas perguntas imprevistas tornou-se um desafio, pois o professor tinha de estar sempre atualizado com o que os alunos estavam a explorar. No entanto, P2 também reconhece que essa situação acabou por ser positiva tanto para os alunos como para o próprio professor, já que promoveu um ambiente de aprendizagem dinâmica e interativa.

"Os alunos estavam sempre a colocar questões e muitas vezes questões que nós não estávamos à espera e nessa medida foi difícil porque tínhamos de estar sempre a par e a tentar responder-lhes a outras questões."

Este exemplo evidencia como o IBSE desafia os professores a estarem mais preparados para interagir com perguntas espontâneas, mas reconhece os benefícios dessa abordagem.

Quanto à questão de voltar a implementar o IBSE ambos os professores se mostraram favoráveis à continuidade de implementação desta abordagem pedagógica.

P1 manifesta uma postura positiva em relação à implementação futura do IBSE, embora aponte que o sucesso depende da preparação dos alunos e do ganho de experiência do próprio professor. O professor acredita que, com a experiência adquirida ao longo do

tempo, será mais fácil conciliar o IBSE com a gestão adequada do tempo e com um maior nível de competência dos alunos em termos de pesquisa e seleção de informação. P1 considera que, ao trabalhar com alunos mais novos (como no caso do décimo ano), a implementação das metodologias ativas de aprendizagem se tornará mais eficaz com o passar dos anos, dado que os alunos ganharão maior autonomia e capacidade de trabalhar de forma mais eficiente.

"Sim, claro que sim já com experiência adquirida este ano [...] quanto mais novos os alunos forem trabalhados neste sentido em princípio melhores condições terão em anos futuros de desenvolver um trabalho mais profícuo e mais eficaz."

P2 também se mostra favorável à continuidade da implementação do IBSE. A metodologia é vista como uma forma de tornar as aulas mais dinâmicas e de melhorar o relacionamento entre os alunos e entre estes e o professor. Além disso, destaca o facto de o IBSE responsabilizar os alunos pela sua aprendizagem, o que, no seu entendimento, se reflete nos resultados dos alunos, que são mais positivos. Esta responsabilidade adquirida pelos alunos é um aspeto valorizado por P2, pois contribui para o desenvolvimento da autonomia e para a qualidade dos resultados.

"A metodologia acaba por responsabilizá-los mais pela sua aprendizagem [...] os resultados acabam por ser melhores."

Ambos os professores reconhecem as dificuldades inerentes ao ensino baseado na investigação, especialmente no que toca à gestão do tempo e à adaptação dos alunos às novas metodologias. No entanto, ambas as respostas também revelam um entusiasmo em continuar a utilizar o IBSE, embora com uma maior preparação e experiência. P1 valoriza a adaptação ao contexto dos alunos e à gestão do tempo, enquanto P2 destaca o aumento da dinâmica e da responsabilização dos alunos pela sua própria aprendizagem. Apesar dos desafios, o impacto positivo que o IBSE tem nas práticas pedagógicas e nos resultados dos alunos parece ser um fator motivador para a continuidade do uso desta metodologia.

C. Atitudes dos alunos

A análise das respostas dos professores sobre as atitudes dos alunos em relação à Química e ao IBSE revela importantes aspetos acerca das perceções dos docentes quanto à evolução das atitudes dos alunos em relação à disciplina e às dificuldades que estes enfrentaram durante a realização dos módulos propostos.

C1. Em relação à Química

No que diz respeito à atitude dos alunos em relação à Química o professor P1 assinala que os módulos permitiram uma mudança significativa na perceção dos alunos sobre a relevância da Química no quotidiano. Através da pesquisa e da identificação de temas relacionados com a Química e a sua aplicabilidade, os alunos passaram a perceber a disciplina como algo diretamente ligado à realidade cotidiana, o que contribui para aumentar o seu interesse e valorização. P1 também destaca que este tipo de abordagem pode ser fundamental para combater a tendência de afastamento dos jovens em relação às áreas de ciências, nomeadamente a Química e a física, sugerindo que o ensino de conteúdos relacionados com o quotidiano pode atrair mais alunos para estas áreas. Portanto, a atitude dos alunos em relação à Química, de acordo com P1, tende a tornar-se mais positiva quando estes conseguem ver a utilidade e aplicabilidade dos conteúdos no seu dia a dia.

“A partir do momento em que eles fazem uma pesquisa relativamente a tópicos de Química e vêm a sua aplicabilidade no dia a dia em diversos contextos, obviamente que há uma inferência de maior relevância da Química do nosso quotidiano.”

“Quanto mais nós encontrarmos atividades e estratégias que realcem o relevo quer da Química quer da física no nosso quotidiano melhor, no sentido de podermos vir a ter cada vez mais jovens a investigar e trabalhar nas nossas áreas.”

O professor P2 partilha uma perspetiva semelhante, indicando que os alunos chegaram ao módulo com uma visão tradicional da Química, centrada em fórmulas e reações Químicas. No entanto, ao abordarem situações do quotidiano relacionadas com a disciplina, os alunos começaram a perceber que a Química não se limita a cálculos e fórmulas, mas também desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida. P2 sublinha a mudança de paradigma que se verifica quando os alunos compreendem a ligação direta entre a Química e o mundo à sua volta. Assim, de acordo com P2, a atitude dos alunos relativamente à Química também é mais positiva quando esta se torna mais acessível e útil, ajudando-os a perceber a importância da disciplina em contextos práticos.

“Os alunos vêm muito com uma perspetiva de ensino básico que a Química é um conjunto de fórmulas Químicas de reações e de cálculos e este ano tiveram uma perspetiva diferente.”

“Puderam ver efetivamente que muitas das situações do nosso quotidiano estão diretamente relacionadas à disciplina.”

C2. Em relação ao IBSE

Quanto à aplicação do IBSE, P1 faz referência às dificuldades de articulação e colaboração no trabalho de grupo, um desafio comum quando os alunos são convidados a investigar e a partilhar conhecimentos de forma colaborativa. O IBSE exige que os alunos saibam organizar o trabalho de forma cooperativa, o que pode ser um desafio para aqueles que ainda não dominam bem essas competências. P1 também sublinha a importância de os alunos aprenderem a fazer uma seleção crítica da informação, separando o essencial do acessório e garantindo que utilizam fontes confiáveis. Estas competências de pesquisa são fundamentais para a implementação eficaz do IBSE, e o professor P1 identifica essas áreas como as principais dificuldades encontradas pelos alunos no decorrer dos módulos.

“Articulação no trabalho do grupo entre alguns alunos.”

“Devemos criar um ambiente propício e fomentar a partilha de conhecimento entre os alunos.”

“Seleção da informação [...] saberem consultar fontes que sejam fidedignas.”

“Ensiná-los a fazer essa pesquisa encontrar fontes que sejam fidedignas credíveis atualizadas também é algo que nós devemos trabalhar.”

Por outro lado, o professor P2 aponta que a principal dificuldade foi a organização do trabalho por parte dos alunos, nomeadamente no que diz respeito ao cumprimento dos prazos e à gestão do tempo. Muitos alunos encontraram dificuldades em organizar e planear o trabalho de forma autónoma, especialmente quando as tarefas não eram realizadas durante as aulas, o que implica uma grande responsabilidade fora do ambiente escolar. P2 destaca que a autonomia no trabalho e a capacidade de gerir o próprio tempo são competências essenciais para o sucesso do IBSE, e que alguns alunos não estavam completamente preparados para estas exigências.

“A principal dificuldade foi na organização.”

“Quando as tarefas não foram realizadas na sala de aula, para alguns alunos foi muito complicado de gerir as atividades extra-aula.”

Ambos os professores consideram que os módulos ajudaram os alunos a compreender melhor a relevância da Química no quotidiano, mudando a perceção dos alunos sobre a disciplina, que passaram a vê-la de uma forma mais aplicada e útil para a sua vida diária. Ambos identificam que uma abordagem prática, que liga a Química aos contextos quotidianos, tem o potencial de atrair mais interesse dos alunos e de os motivar para as áreas científicas.

Quanto ao IBSE, ambos os professores destacam dificuldades relacionadas com a organização do trabalho de grupo e a gestão da informação. P1 enfatiza a importância de saber separar o essencial do acessório nas pesquisas e de trabalhar de forma colaborativa, enquanto P2 foca a dificuldade dos alunos em gerir as suas atividades fora da sala de aula, sublinhando a importância da autonomia e de organização no processo de investigação.

Assim, as atitudes dos alunos face à Química e ao IBSE são, na opinião dos professores, fortemente influenciadas pela forma como as atividades são estruturadas e pela capacidade dos alunos de se organizar e colaborar de forma eficaz. Ambos os professores indicam que o desenvolvimento de competências de pesquisa, organização e colaboração são áreas cruciais para o sucesso destes tipos de ensino.

As respostas demonstram que o IBSE tem um impacto positivo na aprendizagem dos alunos e na prática pedagógica dos professores, promovendo maior autonomia, curiosidade e relevância dos conteúdos. No entanto, é fundamental enfrentar desafios como a gestão do tempo, a organização dos alunos e a adaptação inicial à metodologia.

O interesse em continuar a implementar o IBSE no futuro, confirma que os seus benefícios superaram os desafios, tornando esta abordagem um recurso valioso no ensino de ciências.

7. Conclusão

7.1. Introdução

Com a investigação realizada e detalhada ao longo desta tese, procurou-se responder às questões de investigação apresentadas no Capítulo 1. Este capítulo apresenta as principais conclusões resultantes da análise e discussão dos resultados obtidos através da aplicação dos instrumentos de recolha de dados aos participantes no estudo. Adicionalmente, são discutidas algumas das limitações inerentes à investigação desenvolvida e são sugeridas direções para futuros estudos que possam aprofundar ou expandir as questões aqui abordadas.

7.2. Conclusões

O recurso ao IBSE no ensino da Química constitui uma oportunidade para a implementação de uma abordagem pedagógica que centra a aprendizagem nos alunos, reforçando diversas competências preconizadas no PASEO (DGE, 2017A) e nas aprendizagens essenciais da disciplina (DGE, 2018).

No entanto, a sua concretização carece de uma adequada preparação dos alunos no que concerne a competências de base que lhes permitam realizar, em tempo útil, uma investigação que resulte numa aprendizagem significativa dos conceitos em estudo.

No âmbito desta investigação definiram-se os seguintes objetivos:

1. Promover o desenvolvimento das competências de base nos alunos como sendo formular hipóteses, planear e realizar uma experiência recolher, analisar e tratar dados, tirar conclusões e argumentar.
2. Avaliar os efeitos da aplicação do IBSE na aprendizagem de conceitos de Química decorrentes da realização de investigações e da resolução de problemas socio-científicos relacionados com a Química.
3. Estudar a transferência das competências de base para o contexto do IBSE, analisando como essas competências influenciam a aprendizagem de conceitos, a realização de investigações e a resolução de problemas.

Como resultado dos objetivos de investigação descritos, enunciaram-se as seguintes questões de investigação:

1. De que forma o desenvolvimento de competências de base melhora a eficácia da aplicação do IBSE na aprendizagem da Química?
2. Qual é o papel desempenhado pela transferência de competências de base no IBSE?

Conforme está demonstrado na apresentação e discussão dos resultados desta investigação, os alunos do grupo experimental 2, que desenvolveram atividades de treino de competências de base de IBSE, obtiveram, em média, resultados superiores em todos os critérios de conhecimento avaliados nos dois módulos IBSE implementados, quando comparados com os alunos do grupo experimental 1. Este resultado sublinha a importância da preparação prévia dos alunos nas competências de base, pois o treino dessas competências não só melhora a compreensão dos conteúdos como também facilita a aplicação de metodologias baseadas em investigação. Em termos pedagógicos, este resultado sugere que a implementação do IBSE deve ser acompanhada de atividades preparatórias que fortaleçam competências fundamentais, como a formulação de hipóteses, a análise de dados e a argumentação científica. Simultaneamente, verificou-se que os alunos do grupo experimental 2 tiveram uma subida ligeiramente superior à alcançada pelos alunos do grupo experimental 1 na classificação média do pós-teste, tendo a maioria dos alunos obtido classificação positiva, ao contrário dos alunos do grupo experimental 1. Este resultado reforça a ideia de que o treino de competências de base prepara os alunos para melhor aplicarem os conceitos adquiridos em contextos de investigação. A associação entre o treino prévio e o desempenho positivo em tarefas experimentais sugere que os alunos que já têm um conhecimento prévio dessas competências têm mais facilidade em lidar com o desafio de resolver problemas científicos.

Também nas entrevistas, a maioria dos alunos do grupo experimental 2 afirmou que as atividades de argumentação e comunicação melhoraram significativamente as suas capacidades de expressar ideias cientificamente, o que reforça a importância do desenvolvimento das competências de base. Estes ganhos são particularmente importantes para o futuro profissional dos alunos, especialmente nas áreas científicas e laboratoriais, onde a clareza na comunicação e a defesa de argumentos são essenciais.

A importância do desenvolvimento das competências de base não se limita apenas à melhoria do desempenho académico, mas também se reflete no desenvolvimento de competências pessoais e interpessoais. Este estudo demonstrou que os alunos que passaram pelo treino de competências prévias não só melhoraram as suas competências cognitivas, mas também apresentaram maior confiança na execução de tarefas de investigação científica, além de maior facilidade para trabalhar em grupo e comunicar os resultados de forma eficaz. Torna-se, assim, possível concluir que o treino das competências de base melhora a eficácia da aplicação do IBSE na aprendizagem da Química.

Fica igualmente demonstrado na apresentação e discussão dos resultados, que os alunos do grupo experimental 2, obtiveram, em média, resultados superiores em todos os critérios de comunicação e de desenvolvimento pessoal e interpessoal avaliados nos dois módulos IBSE implementados, quando comparados com os alunos do grupo experimental 1, o que evidencia o papel relevante que a transferência de competências de base teve na eficácia da aplicação do IBSE.

De igual modo, nas entrevistas, os alunos do grupo experimental 2 salientaram que a abordagem IBSE permitiu um aumento do interesse intrínseco pela matéria, tendo a maioria dos alunos referido que o IBSE aumenta a motivação para aprender e a curiosidade em relação aos temas abordados, assim como a prática de planificar atividades experimentais foi vista como uma competência essencial para futuros profissionais na área de laboratório. Esses resultados sugerem que a metodologia IBSE pode ser uma ferramenta poderosa para fomentar uma aprendizagem mais envolvente, onde os alunos assumem o controlo do seu processo de aprendizagem, desenvolvendo não só conhecimento académico, mas também uma atitude mais proativa e curiosa em relação ao conteúdo.

7.3. Limitações do estudo

Esta investigação, à semelhança de outras, apresentou algumas limitações que podem ter condicionado os resultados obtidos.

Um fator que condicionou o normal decurso da investigação, foi o facto de ter havido um elevado número de aulas não lecionadas em virtude do encerramento da escola em

resultado da Greve Nacional dos Profissionais de Educação, nomeadamente durante o mês de janeiro 2023, o que implicou que os módulos IBSE fossem implementados apenas no final do mês de fevereiro e no mês de março, o que criou um hiato temporal entre a aplicação das três primeiras atividades de treino de competências de base e a realização dos módulos IBSE. Tratou-se de um fator externo não controlável que criou alguma instabilidade no normal decurso das atividades letivas.

Outro fator a ter em conta é o reduzido número de professores envolvidos (três), que pode introduzir alguma distorção nos resultados em função da sua experiência e competências pedagógicas. Idealmente, a participação de um número maior de docentes permitiria analisar a consistência dos resultados e controlar as variáveis de instrução associadas à experiência docente.

Por fim, o tamanho da amostra não possibilitou a realização de uma análise diferencial que permitisse uma generalização dos resultados obtidos. Investigações futuras poderiam contemplar uma amostra maior e mais diversificada, o que ajudaria a aumentar a validade externa dos achados, permitindo que os resultados possam ser mais amplamente aplicados a diferentes contextos educativos.

7.4. Sugestões para futuras investigações

Implementar o IBSE ao longo dos três anos do secundário, iniciando atividades de treino no 10.º e nível 1 de IBSE e no 11.º e 12.º o nível 2, IBSE guiado para os alunos estarem mais preparados e estarem aptos a poderem experimentar o nível 3, IBSE aberto, no Ensino Superior. Além disso, seria valioso investigar como a aplicação sequencial do IBSE ao longo dos anos de escolaridade pode afetar a motivação dos alunos, o desenvolvimento das competências de base e a aprendizagem dos conteúdos científicos de forma mais profunda e integrada. A implementação do IBSE de forma contínua também permitiria avaliar se o desenvolvimento gradual das competências ao longo do tempo resulta em uma aprendizagem mais consolidada e numa maior autonomia dos alunos no processo de investigação.

Referências Bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. *New developments in science education research*, 77-96.
- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
<https://www.researchgate.net/publication/258872772>
- Adaayah, R., & Aznam, N. (2024). Guided Inquiry Learning Model in Chemistry Education: A Systematic Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 77–87. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6373>
- Adler, I., Schwartz, L., Madjar, N., & Zion, M. (2018). Reading between the lines: The effect of contextual factors on student motivation throughout an open inquiry process. *Science Education*, 102(4), 820–855. <https://doi.org/10.1002/sce.21445>
- Adesoji, F. A., & Idika, M. I. (2015). Effects of 7E Learning Cycle Model and Case-Based Learning Strategy on Secondary School Students' Learning Outcomes in Chemistry. *Journal of the International Society for Teacher Education*, 19(1), 7-17.
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Ahmad, Z., Ammar, M., Sellami, A., & Al-Thani, N. J. (2023). Effective pedagogical approaches used in high school chemistry education: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1796-1810. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00739>

- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1023/A:1015171124982>
- Ardura, D., & Pérez-Bitrián, A. (2018). The effect of motivation on the choice of chemistry in secondary schools: adaptation and validation of the Science Motivation Questionnaire II to Spanish students. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 905-918. <https://doi.org/10.1039/C8RP00098K>
- Auliyani, Z. F., Rery, R. U., & Noer, A. M. (2023). The Effect of E-Scaffolding in Guided Inquiry Learning on Concept Understanding in Reaction Rate Material. *Journal of Research in Science Education*, 9(6), 4417–4422. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3646>
- Baharom, M., Atan, N., Rosli, M., Yusof, S., & Abd Hamid, M. (2020). *Integration of Science learning Apps based on Inquiry Based Science Education (IBSE) in enhancing Students Science Process Skills (SPS)*. International Association of Online Engineering. <https://www.learntechlib.org/p/217832/>.
- Balta, N., & Sarac, H. (2016). The effect of 7E learning cycle on learning in science teaching: A meta-analysis study. *European Journal of Educational Research*, 5(2), 61-72. doi: [10.12973/eu-jer.5.2.61](https://doi.org/10.12973/eu-jer.5.2.61)
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Barthlow, M. J., & Watson, S. B. (2014). The effectiveness of process-oriented guided inquiry learning to reduce alternative conceptions in secondary chemistry. *School Science and Mathematics*, 114(5), 246-255. <https://doi.org/10.1111/ssm.12076>
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The science teacher*, 72(7), 30-33.

- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Blanchard, M. R. (2006) Assimilation or transformation? An analysis of change in ten secondary science teachers following an inquiry-based research experience for teachers. Unpublished doctoral dissertation, Florida State University, Tallahassee.
<https://www.researchgate.net/publication/238560429>
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Boğar, Y. (2019). Literature review on inquiry-based learning in science education. *Uluslararası Bilim Ve Eğitim Dergisi*, 1(2), 91-118.
- Bruck L., Bretz S., & Towns M., (2008), Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory, *Journal of college science teaching*, 38(1), 52–58.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann, 88 Post Road West, PO Box 5007, Westport, CT 06881.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88–98.
<https://fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5efullreport2006.pdf>
- Campbell, T., Zhang, D. & Neilson, D. (2011). Model Based Inquiry in the High School Physics Classroom: An Exploratory Study of Implementation and Outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 258-269.
<https://doi.org/10.1007/s10956-010-9251-6>
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (2015). *Metodologia da investigação: guia para auto-aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Chang, P. S., Lee, S. H., & Wen, M. L. (2022). Developing an inquiry-based laboratory curriculum to engage students in planning investigations and

- argumentation. *International Journal of Science Education*, 44(18), 2659–2684.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2141083>
- Cheung, D. (2008). Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 107–130.
<https://doi.org/10.1007/s10763-007-9102-y>
- Cheung, D. (2009). Students' attitudes toward chemistry lessons: The interaction effect between grade level and gender. *Research in Science Education*, 39(1), 75–91.
<https://doi.org/10.1007/s11165-007-9075-4>
- Cheung, D. (2011). Teacher beliefs about implementing guided- inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry, *J. Chem. Educ.*, 88(11), 1462–1468.
<https://doi.org/10.1021/ed1008409>
- Chin, D. B., Blair, K. P., Wolf, R. C., Conlin, L. D., Cutumisu, M., Pfaffman, J., & Schwartz, D. L. (2019). Educating and measuring choice: A test of the transfer of design thinking in problem solving and learning. *Journal of the Learning Sciences*, 28(3), 337–380. <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1570933>
- Chou, R. J., Liang, C. P., Huang, L. Y., & She, H. C. (2022). The impacts of online skeuomorphic physics inquiry-based learning with and without simulation on 8th graders' scientific inquiry performance. *Journal of Science Education and Technology*, 31(3), 357–371. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09960-5>
- Chu, C., Dewey, J. L., & Zheng, W. (2023). An Inorganic Chemistry Laboratory Technique Course using Scaffolded, Inquiry-Based Laboratories and Project-Based Learning. *Journal of chemical education*, 100(9), 3500–3508.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00547>
- Clarke, N. R.; Casey, J. P.; Brown, E. D.; Oneyama, E., & Donaghy, K. J. (2006) Preparation and Viscosity of Biodiesel from New and Used Vegetable Oil. An inquiry-based environmental chemistry laboratory. *Journal of chemical education*, 83(2), 257–259. <https://doi.org/10.1021/ed083p257>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*, 6th ed. New York: Routledge.
- Colburn, A. (2004). Inquiring scientists want to know. *Educational Leadership*, 62, 63–67.

- Coutinho, I. R. (2024). Alunos em Química, Precisam-se! Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, 173(48), 74-76. DOI: [10.52590/M3.P710.A30002809](https://doi.org/10.52590/M3.P710.A30002809)
- Coutinho, I. R. (2024). Attracting students to pursue chemistry in higher education: overcoming the challenges. In *ICERI2024 Proceedings* (pp. 3183-3192). IATED. [10.21125/iceri.2024.0823](https://doi.org/10.21125/iceri.2024.0823)
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613–642. <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, volume II* (pp. 515– 541). Routledge.
- Crawford, B.A., & Capps, D.K. (2018). Teacher Cognition of Engaging Children in Scientific Practices. In: Dori, Y.J., Mevarech, Z.R., Baker, D.R. (eds) *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, vol 24. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_2
- Creswell, J. (2014). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches, 4th ed.* London, UK: SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research.* Sage Publications.
- Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A., & Criado, A. M. (2020). Proposing questions for scientific inquiry and the selection of science content in initial elementary education teacher training. *Research in Science Education*, 50(5), 1689–1711. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9749-0>
- Decreto-Lei n.º 54/2018 de 06 de julho da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República: Série I, n.º 129 (2018). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/54-2018-115652961>
- Decreto-Lei n.º 55/2018 de 06 de julho da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República: Série I, n.º 129 (2018). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/55-2018-115652962>

- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., & Çalik, M. (2009). Investigating the effectiveness of storylines embedded within a context-based approach: the case for the Periodic Table. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 241-249. <https://doi.org/10.1039/B914505M>
- Despacho n.º 5908/2017 de 05 de julho do Ministério da Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação. Diário da República: Série II, n.º 128 (2017). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/5908-2017-107636120>
- Despacho n.º 6478/2017 de 26 de julho do Ministério da Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação. Diário da República: Série II, n.º 143 (2017). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/6478-2017-107752620>
- Despacho n.º 8476-A/2018 de 31 de agosto do Ministério da Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação. Diário da República: Série II, n.º 168 (2018). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/8476-a-2018-116279697>
- Dewey, J.; *Experience and Education*, Collier Books: London, 1963.
- Dewey, J.; *Democracy and Education*, The Free Press: New York, 1966.
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science*, 31(787), 121-127. doi:10.1126/ science.31.787.121
- DGE, Direção Geral de Educação (2017a). Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf
- DGE, Direção Geral de Educação (2017b). Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. <https://www.dge.mec.pt/estrategia-nacional-de-educacao-para-cidadania>
- DGE, Direção Geral de Educação (2017c). Aprendizagens Essenciais. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-0>
- DGE, Direção Geral de Educação (2018). Aprendizagens Essenciais de Física e Química A, 10.º ano Ensino Secundário. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência. <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>

- Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (Eds.). (2021). *International Handbook of Inquiry and Learning* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315685779>
- Duran, M., & Dökme, I. (2016). The effect of the inquiry-based learning approach on student's critical-thinking skills. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 12(12). [10.12973/eurasia.2016.02311a](https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.02311a)
- Eilks, I. (2012). More student active learning in science (SALiS) – from a theoretical justification to implications for science teaching. *Chemistry in Action!*, 97, 8–12.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The science teacher*, 70(6), 56.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education*, 88(6), 915-933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Ewais, A., & Troyer, O. D. (2019). A usability and acceptance evaluation of the use of augmented reality for learning atoms and molecules reaction by primary school female students in Palestine. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1643-1670. <https://doi.org/10.1177/0735633119855609>
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212-219. <https://doi.org/10.1039/B6RP90031C>
- Feinstein, N. W., & Waddington, D. I. (2020). Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, 55(3), 155–166. <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1780130>
- Fernandes, D. (2021). *Rubricas de Avaliação*. Folha de apoio à formação - Projeto de Monitorização, Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.
- Flick, U. (2023). *An introduction to qualitative research*. 7th ed. London, UK: SAGE Publications.
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453-467. <https://doi.org/10.1002/sce.20130>

- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of educational research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gericke, N., Högstöm, P., & Wallin, J. (2022). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245–285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Giere, R., Bickle, J., & Maudlin, R. F. (2006). Understanding scientific reasoning (5th ed.). Belmont, CA: Thomson Wadsworth.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Giovani, A., & Novita, D. (2022). Guided inquiry learning model implementation to improve senior high school students’ critical thinking skills on equilibrium material. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(2), 161-168. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i2.3277>
- Gouger, A. R., & Mirowsky, J. E. (2022). Using Project-Based Learning to Assess the Effectiveness of Water Filtration Devices in Removing Chemical Analytes in an Undergraduate Analytical Chemistry Laboratory. *Journal of chemical education*, 99(12), 4016-4023. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00338>
- Gultepe, N., & Kilic, Z. (2015). Effect of Scientific Argumentation on the Development of Scientific Process Skills in the Context of Teaching Chemistry. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(1), 111-132. doi: 10.12973/ijese.2015.234a
- Hacieminoglu, E. (2016). Elementary school students’ attitude toward science and related variables. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(2), 35-52. doi: 10.12973/ijese.2016.288a
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of science, mathematics and ICT education*, 7(2), 9-33.
- Hancock, L. M. (2024). Student Perceptions of Team-Based Learning in an Advanced Inorganic Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 101(3), 910-920.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00655>

Harwood, C. J., Hewett, S., & Towns, M. H. (2020). Rubrics for assessing hands-on laboratory skills. *Journal of Chemical Education*, 97(7), 2033-2035.

<https://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00200>

Heng, C. K. & Karpudewan, M. (2015). The Interaction effects of gender and grade level on secondary school students' attitude towards learning chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 889-898.

<https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1446a>

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006), *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.

<https://doi.org/10.1080/00461520701263368>

Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-school students' attitudes toward and interest in learning chemistry. *Educacion Quimica*, 22(2), 90-102.

[https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30121-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30121-6)

Hunter, K. H., Rodriguez, J. M. G., & Becker, N. M. (2022). A review of research on the teaching and learning of chemical bonding. *Journal of chemical education*, 99(7), 2451-2464. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>

Iwasaki, S., Kodani, S., Zushi, Y., Hotta, M., Hara, M., Tatsuoka, T., & Koga, N. (2023). Dissolution of Calcium Hydroxide in Water: A Guided Inquiry in University and High School Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 100(6), 2402-2410 <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00222>

Jang, J. Y., & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in science education*, 47, 1213-1231. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9542-x>

Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based chemistry education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 251-313.

<https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2248436>

- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2022). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction*, 80, 101310.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101310>
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence—The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Joseph, V., Sheikh, I., & Rajani, S. (2022). Inquiry Based Learning Method Of Teaching In Education: A Literature Review. *Webology*, 19(3).
<https://www.researchgate.net/publication/362155405>
- Kadayıfçı, H., Işık, B., & Ekici, F. (2023). Teaching Some Features of Competitive Elimination and Substitution Reactions of Alcohols through a Guided Inquiry Laboratory Activity. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2896-2903.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00331>
- Kadioglu-Akbulut, C., & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2021). Implementation of self-regulatory instruction to promote students' achievement and learning strategies in the high school chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 12-29. DOI: [10.1039/C9RP00297A](https://doi.org/10.1039/C9RP00297A)
- Kang J. & Keinonen T., (2016), Examining factors affecting implementation of inquiry-based learning in Finland and South Korea, *Probl. Educ. 21st Cent.*, 74(1), 31–48.
- Kanwal, W., Qamar, A. M., Nadeem, H. A., Khan, S. A., & Siddique, M. (2022). Effect of conceptual understanding of Mathematical Principles on academic achievement of secondary Level Chemistry Students. *Multicultural Education*, 8(3), 242–254. DOI: 10.5281/zenodo.6370449
- Kapur, M. (2016). Examining productive failure, productive success, unproductive failure, and unproductive success in learning. *Educational Psychologist*, 51(2), 289–299.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1155457>
- Khan, G. N., & Ali, A. (2012). Higher secondary school students' attitude towards chemistry. *Asian Social Science*, 8(6), 165-169.
<http://dx.doi.org/10.5539/ass.v8n6p165>

- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Kim, J. (2022). Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil: A Guided Inquiry Chemistry Laboratory Activity at a Two-Year College. *Journal of Chemical Education*, 99(12), 4162-4168. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00265>
- Kimberlin, S., & Yeziarski, E. (2016). Effectiveness of inquiry-based lessons using particulate level models to develop high school students' understanding of conceptual stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1002-1009. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b01010>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86.
- Klahr, D., Fay, A. L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive psychology*, 25(1), 111-146. <https://doi.org/10.1006/cogp.1993.1003>
- Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Krajcik, Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K. & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence—The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Kotuľáková, K. (2021). Identifying teachers' beliefs prior to CPD training focusing on an inquiry-based approach in science education. *Research in Science Education*, 51(Suppl 1), 183-211. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9841-0>
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago press.
- Kuhn, T. S. (1997). *The structure of scientific revolutions* (3rd ed.). Chicago: University of Chicago press.
- Latifah, U. N., & Suprihatiningrum, J. (2024). The Effect of Inquiry-Based Learning on Students' Critical Thinking Ability and Activeness in Reaction Rate Material. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 15(1), 95-106. <https://doi.org/10.31849/lectura.v15i1.17368>

- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
<https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of research in science teaching*, 51(1), 65-83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Lee, K. S., Rix, B., & Spivey, M. Z. (2023). Predictions of success in organic chemistry based on a mathematics skills test and academic achievement. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 176–191.
<https://doi.org/10.1039/D2RP00140C>
- Lei n.º 46/86 de 14 de outubro da Assembleia da República. Diário da República: Série I, n.º 237 (1986). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/46-1986-222418>
- Lenggogeni, K., & Mawardi, M. (2022). Effectiveness of a Flipped Classroom Based on Guided Inquiry Learning System on Acid-Base Solutions. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 1874-1881. doi: [10.29303/jppipa.v8i4.1909](https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1909)
- de Lima Palmeira, L. L., Cordeiro, C. P. B. S., & do Prado, E. C. (2020). A análise de conteúdo e sua importância como instrumento de interpretação dos dados qualitativos nas pesquisas educacionais. *Cadernos de Pós-graduação*, 19(1), 14-31. <https://doi.org/10.5585/cpg.v19n1.17159>
- Lin, V., Barrett, N. E., Liu, G. Z., & Chen, H. H. J. (2023). A Systematic Review on Inquiry-Based Writing Instruction in Tertiary Settings. *Written Communication*, 40(1), 238-281. <https://doi.org/10.1177/07410883221129605>
- Lovelace, M., & Brickman, P. (2013). Best practices for measuring students' attitudes toward learning science. *C.B.E. Life Sciences Education*, 12(4), 606-617.
<https://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0197>
- Luska, K. L. (2022). A multioutcome, guided inquiry-based liquid–liquid extraction laboratory for introductory organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 99(12), 4124-4133. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00396>
- Luy-Montejo, C. (2019). El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el desarrollo de la inteligencia emocional de estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 353-383. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.288>

- Marfilinda, R., Rossa, R., Jendriadi, J., & Apfani, S. (2020). The Effect of 7E Learning Cycle Model toward Students' Learning Outcome of Basic Science Concept. *Journal of teaching and learning in elementary education (JTLEE)*, 3(1), 77-87.
<http://dx.doi.org/10.33578/jtlee.v3i1.7826>
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transfer In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*, 47-62. New York: Macmillan.
- Maxwell, D. O., Lambeth, D. T., & Cox, J. T. (2015). Effects of using inquiry-based learning on science achievement for fifth-grade students. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching* 16 (1), 1-31.
https://www.eduhk.hk/apfslt/v16_issue1/cox/index.htm
- McKeown, T.R., Abrams, L.M., Slattum, P.W., & Kirk, S.V. (2016). Enhancing teacher beliefs through an inquiry-based professional development program. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 2(1), 85- 97.
<https://doi.org/10.21891/jeseh.30143>
- McMillan, J., & Schumacher, S. (2009). *Research in education: evidence-based Inquiry*. Harlow: Pearson.
- Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works?. *Advances in physiology education*. <https://doi.org/10.1152/advan.00053.2006>
- Miller, H. R., McNeal, K. S., & Herbert, B. E. (2010). Inquiry in the physical geology classroom: Supporting students' conceptual model development. *Journal of Geography in Higher Education*, 34(4), 595-615.
<https://doi.org/10.1080/03098265.2010.499562>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction – What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
<https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Morais, C., Paiva, J., & Francisco, N. (2012). Módulos inquiry: desenvolvimento e utilização de recursos educativos para a potenciação do inquiry based-learning no ensino da Química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 127, 73-77.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4962>

- National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- Nzomo, C. M., Rugano, P., Njoroge, J. M., & Gitonga, C. M. (2023). Inquiry-based learning and students' self-efficacy in Chemistry among secondary schools in Kenya. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12672>
- Oliveira, F. S., Cruz, M. C. P., & Silva, A. C. T. (2021). Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeletrica em Sergipe. *Química nova na escola*, 43(1), 105 -118.
- Olugbuyi, P. O., Faseun, A. F., & Adegbola, F. F. /2023). Identification of difficult topics in chemistry curriculum as perceived by secondary school students in ado ekiti. *Journal of Research in Science Education*, 4(1), 9-17. <https://www.researchgate.net/publication/378480925>
- Önen, A. S., & Ulusoy, F. M. (2014). Developing the context-based chemistry motivation scale: Validity and reliability analysis. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 809-820
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 50-70. <https://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Osborne, J. (2014a). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 579-599). Routledge.
- Osborne, J. (2014b). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>

- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Partanen, L. J. (2022). A guided inquiry learning design for a large-scale chemical thermodynamics laboratory module. *Journal of Chemical Education*, 100(1), 118-124. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00387>
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328, 459-463. <https://doi.org/10.1126/science.1182595>
- Pedaste M., Mäeots, M., Siiman L. A., De Jong T., Van Riesen S. A. N., Kamp E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. C., & Tsourlidaki E., (2015), Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14(1), 47-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Petermann, V., & Vorholzer, A. (2022). Relationship between Beliefs of Teachers about and Their Use of Explicit Instruction When Fostering Students' Scientific Inquiry Competencies. *Education Sciences*, 12(9), 593. <https://doi.org/10.3390/educsci12090593>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of engineering education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Ramnarain, U. D. (2014). Teachers' perceptions of inquiry-based learning in urban, suburban, township and rural high schools: The context-specificity of science curriculum implementation in South Africa. *Teaching and teacher education*, 38, 65-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2013.11.003>
- Ramnarain, U., & Hlatwayo, M. (2018). Teacher beliefs and attitudes about inquiry-based learning in a rural school district in South Africa. *South African Journal of Education*, 38(1). <http://dx.doi.org/10.15700/saje.v38n1a1431>
- Rattanakit, P. (2021). Open inquiry-based laboratory project on plant-mediated green synthesis of metal nanoparticles and their potential applications. *Journal of Chemical Education*, 98(12), 3984-3991. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00300>

- Reis, P., & Marques, A. R. (2016). A investigação e inovação responsáveis em sala de aula. Módulos de ensino IRRESISTIBLE. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 31/2020, de 21 de abril da Presidência do Conselho de Ministros. Diário da República Série I, n.º 78, 33 – 34. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/31-2020-132133789>
- Ritter, S., & Abraham, L. (2022). A green and efficient cyclization of citronellal into isopulegol: a guided-inquiry organic chemistry laboratory experiment. *Journal of Chemical Education*, 99(12), 4134-4142. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00351>
- Ritter, S. M., & Mostert, N. (2017). Enhancement of creative thinking skills using a cognitive-based creativity training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(3), 243–253. <https://doi.org/10.1007/s41465-016-0002-3>
- Rodríguez-Arteche, I., & Martínez-Aznar, M. M. (2016). Introducing Inquiry-Based Methodologies during Initial Secondary Education Teacher Training Using an Open-Ended Problem about Chemical Change. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b01037>
- Roehrig, G. H., & Luft, J. A. (2004). Inquiry teaching in high school chemistry classrooms: The role of knowledge and beliefs. *Journal of chemical education*, 81(10), 1510-1516. <https://doi.org/10.1021/ed081p1510>
- Roller, R. M., Sumantakul, S., Tran, M., Van Wyk, A., Zinna, J., Donelson, D. A., Finnegan, S. G., Foley, G., Frechette, O. R., Gaetgens, J., Jiang, J., Rinaolo, K. C., Cole, R. S., Lieberman, M., Remcho, V. T., & Frederick, K. A. (2021). Inquiry-based laboratories using paper microfluidic devices. *Journal of chemical education*, 98(6), 1946-1953. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00214>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M., Sorensen, P., & Oliver, M. C. (2020). Highly Recommended and Poorly Used: English and Spanish Science Teachers' Views of Inquiry-Based Learning (IBL) and Its Enactment. *Eurasia journal of mathematics, science and technology education*, 16(1).

- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in science education*, 52(2), 161-197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- RSC, Royal Society of Chemistry (2023). The Science Teaching Survey 2023 Revealing the insights, challenges and ideas of secondary teachers and technicians in the UK and Ireland. <https://www.rsc.org/policy-evidence-campaigns/chemistry-education/education-reports-surveys-campaigns/the-science-teaching-survey/2023/>
- Sampaio, R. C., & Lycarião, D. (2021). Análise de conteúdo categorial: manual de aplicação. Enap. Brasília. <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6542>
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443-1485. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581>
- Sankar, E., & Benjamin, A.E.W. (2024). Studying the student's perceptions of engagement and problem-solving skills for academic achievement in chemistry at the higher secondary level. *Education and Information Technologies*, 29(7), 8347-8368. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12165-x>
- Sarwar, M., Naz, A., & Noreen, G. (2011). Attitudes toward science among school students of different nations: A review study. *Journal of College Teaching & Learning*, 8(2).
- Sausan, I., Saputro, S., & Indriyanti, N. (2018). Chemistry for Beginners: What Makes Good and Bad Impression. *Advances in Intelligent Systems Research*, 157, 42-45. doi:[10.2991/miseic-18.2018.11](https://doi.org/10.2991/miseic-18.2018.11)
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. In: Walker, A., Leary, H., Hmelo-Silver, C. E., & Ertmer, P. A.(eds). *Essential readings in problem-based learning*, 5-15.
- Serafín, Č., Dostál, J., & Havelka, M. (2015). Inquiry-based instruction in the context of constructivism. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 186, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.050>

- Serapioni, M. (2000). Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. *Ciência & Saúde Coletiva*, 5(1), 187-192. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232000000100016>
- Silm, G., Tiitsaar, K., Pedaste, M., Zacharia, Z. C., & Papaevripidou, M. (2017). Teachers' Readiness to Use Inquiry-Based Learning: An Investigation of Teachers' Sense of Efficacy and Attitudes toward Inquiry-Based Learning. *Science Education International*, 28(4), 315-325.
- da Silva Júnior, J. N., Castro, G. D. L., Melo L. J. A. J., Monteiro, A. J., & Alexandre, F. S. O. (2022). Gamification of an entire introductory organic chemistry course: A strategy to enhance the students' engagement. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 678-687. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00766>
- Šmida, D., Čipková, E., & Fuchs, M. (2023). Developing the test of inquiry skills: measuring the level of inquiry skills among pupils in Slovakia. *International Journal of Science Education*, 46(1), 73-108. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2219811>
- Sotáková, I., Ganajova, M., & Babincakova, M. (2020). Inquiry-based science education as a revision strategy. *Journal of Baltic Science Education*, 19(3), 499–513. doi: 10.33225/jbse/20.19.49
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1504346>
- Stewart, A. F., Williams, A. L., Lofgreen, J. E., Edgar, L. J., Hoch, L. B., & Dicks, A. P. (2016). Chemistry writing instruction and training: Implementing a comprehensive approach to improving student communication skills. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 86-92. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00373>
- Stolk, M. J., Bulte, A. M., de Jong, O., & Pilot, A. (2009). Towards a framework for a professional development programme: empowering teachers for context-based chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(2), 164-175. <https://doi.org/10.1039/B908255G>

- Stout, R. P. (2016). CO₂ investigations: an open inquiry experiment for general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93(4), 713-717.
<https://doi.org/10.1021/ed5006932>
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 1–59. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Suardana, I N., Redhana, I W., Sudiatmika, A. A. I. A. R., & Selamat, I N. (2018). Students' Critical Thinking Skills in Chemistry Learning Using Local Culture-Based 7E Learning Cycle Model. *International Journal of Instruction*, 11(2), 399-412.
<https://doi.org/10.12973/iji.2018.11227a>
- Supasorn, S., & Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 121-132. <https://doi.org/10.1039/C4RP00190G>
- Szalay, L., & Tóth, Z. (2016). An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 923-961.
<https://doi.org/10.1039/C6RP00044D>
- Szalay, L., Tóth, Z., & Kiss, E. (2020). Introducing students to experimental design skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 331-356.
<https://doi.org/10.1039/C9RP00234K>
- Tornee, N., Bunterm, T., Lee, K., & Muchimapura, S. (2019). Examining the effectiveness of guided inquiry with problem-solving process and cognitive function training in a high school chemistry course. *Pedagogies: An International Journal*, 14(2), 126-149. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2019.1597722>
- Treagust, D. F.; Qureshi, S. S.; Vishnumolakala, V. R.; Ojeil, J.; Mocerino, M., & Southam, D. C. (2020) Process-oriented guided inquiry learning (POGIL) as a culturally relevant pedagogy (CRP) in Qatar: A perspective from grade 10 chemistry classes. *Research in Science Education*, 50 (3), 813–831.
<https://doi.org/10.1007/s11165-018-9712-0>

- Trout, L., Lee, C. L., Moog, R., & Rickey, D. (2008). Inquiry learning: What is it? How do you do it? In Bretz S. L. (Ed.), *Chemistry in the National Science Education Standards: Models for meaningful learning in the high school chemistry classroom* (2nd ed., pp. 29–43). American Chemical Society, Education Division.
- Tseng, Y. J., Hong, Z. R., & Lin, H. S. (2022). Advancing students' scientific inquiry performance in chemistry through reading and evaluative reflection. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(3), 616–627. <https://doi.org/10.1039/d1rp00246e>
- Tuckman, B. W. (2012). Manual de investigação em educação: metodologia para conceber e realizar o processo de investigação científica. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- United Nations (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. Related Goals. <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>
- Vachliotis, T., Salta, K., & Tzougraki, C. (2021). Developing basic systems thinking skills for deeper understanding of chemistry concepts in high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100881. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100881>
- Van Uum, M. S., Verhoeff, R. P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International journal of science education*, 38(3), 450-469. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147660>
- Vieira, H., Morais, C., & Paiva, J. (2014). Dinâmicas de inquiry no estudo de perturbações a um estado de equilíbrio químico. *Química Nova*, 37, 1573-1578. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140215>
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction—an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562-1577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>
- Wan Yusof, W. R., Kimi, M., Wan Zulkiplee, W. S. H., Zailani, M. A., Shahabudin, M., Ismail, A. A. H., & Raja Gopal, D. J. (2022). Assessment of practical and scientific writing skills for pre-university students through project-based learning. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 715-722.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00843>

Wheeler, L. B.; Clark, C. P., & Grisham, C. M. (2017). Transforming a Traditional Laboratory to an Inquiry-Based Course: Importance of Training TAs when Redesigning a Curriculum. *J. Chem. Educ.*, 94 (8), 1019–1026. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00831>

Wildan, W., Hakim, A., Siahaan, J., & Anwar, Y. A. S. (2019). A Stepwise Inquiry Approach to Improving Communication Skills and Scientific Attitudes on a Biochemistry Course. *International Journal of Instruction*, 12(4), 407-422. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12427a>

Wood, J., & Levy, P. (2015). There are more answers than questions: a literature review of questioning and inquiry-based learning.

Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 792-823. <https://doi.org/10.1002/tea.10112>

Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Mäeots, M., Siiman, L. & Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry in using virtual and remote labs: A literature review. *Educational Technology Research & Development*, 63, 257–302. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9370-0>

Zhang, L. (2016). Is inquiry-based science teaching worth the effort? Some thoughts worth considering. *Science & Education*, 25, 897-915. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9856-0>

Zhang, J., & Browne, W. J. (2023). Exploring Chinese high school students' performance and perceptions of scientific argumentation by understanding it as a three-component progression of competencies. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(4), 847-884. <https://doi.org/10.1002/tea.21819>

Zhang, L., & Cobern, W. W. (2020). Confusions on “guidance” in inquiry-based science teaching: A response to Aditomo and Klieme (2020). *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 21, 207–212. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00116-4>

- Zhang, L., Kirschner, P. A., Cobern, W. W., & Sweller, J. (2022). There is an evidence crisis in science educational policy. *Educational Psychology Review*, 34(2), 1157–1176. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09646-1>
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: challenges and limits. *Science education international*, 23(4), 383-399.

Anexos

Anexo 1 - Consentimento informado aos EE

CONSENTIMENTO INFORMADO

Exmos. Senhores Encarregados de Educação,

Venho por este meio informar que eu, Marta Cristina Vilela, professora de Física e Química A, estou a desenvolver um projeto de investigação no âmbito do Programa Doutoral em Ensino e Divulgação das Ciências, com a orientação da Professora Doutora Carla Morais da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, subordinada ao tema “*O Inquiry no ensino secundário da Química: Redesenhar as abordagens curriculares e potenciação de competências*”.

Com esta investigação, pretende-se averiguar em que medida a implementação da abordagem de ensino por investigação, focada no desenho curricular da Química no ensino secundário, poderá: i) potenciar a aprendizagem dos alunos; ii) permitir o desenvolvimento de competências científicas; iii) conduzir a uma adequada gestão do tempo letivo por parte dos professores.

Neste sentido, gostaria que o seu educando participasse no referido projeto, envolvendo-se num conjunto de atividades pedagógicas que serão desenvolvidas em contexto de sala de aula, durante a lecionação da disciplina. As informações recolhidas ao longo deste projeto, em particular os dados pessoais como nome, idade, turma e número, serão completamente confidenciais e objeto de tratamento estatístico exclusivamente para fins académicos e científicos.

Informo ainda que estou disponível para esclarecer quaisquer dúvidas que possa ter.



Tendo tomado conhecimento destas informações, eu, _____
_____, declaro por este meio que aceito e consinto que o
meu educando, _____, aluno número
____ da turma _____, a participar no projeto de investigação subordinado ao tema “*O Inquiry no ensino secundário da Química: Redesenhar as abordagens curriculares e potenciação de competências*”.

Portimão, ____ de setembro de 2022

Anexo 2 – Avaliação das aprendizagens

- Pré-teste
- Pós-teste
- Questão de aula

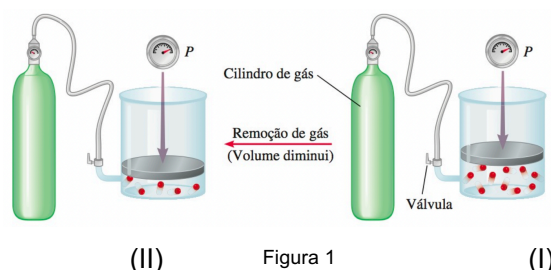
Este pré-teste constitui-se como um instrumento de recolha de dados no âmbito de uma investigação em curso no Programa Doutoral em Ensino e Divulgação das Ciências, da FCUP. O pré-teste que a seguir se apresenta é anónimo e refere-se a alguns conceitos de Química. Peço que tente responder as todas as questões de acordo com o seu conhecimento, pois a sua colaboração é valiosa.

Agradeço desde já a sua participação neste estudo.

O código ao lado permite apenas a comparação entre o pré e pós-teste.

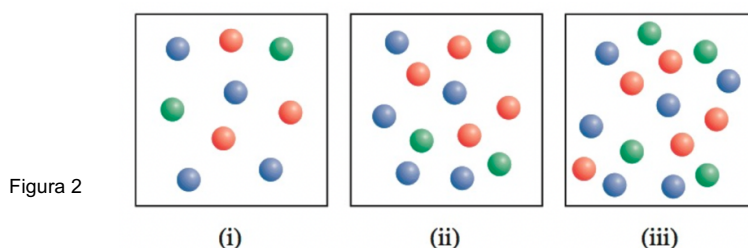
--	--	--	--	--

1. A figura 1 ilustra a lei de Avogadro, na qual está representado um recipiente (I) com uma determinada quantidade de gás. A representação (II) corresponde à retirada de metade do volume de gás ao recipiente (I). As condições de pressão e temperatura mantiveram-se constantes.



De acordo com esta lei, pode-se afirmar que o volume de gás presente numa amostra é _____ proporcional à _____.

- (A) ... diretamente ... quantidade de matéria
 (B) ... inversamente ... quantidade de matéria
 (C) ... diretamente ... massa volúmica
 (D) ... inversamente ... massa volúmica
2. Considere os três recipientes representados na figura 2, com igual volume e igual temperatura, e que contêm, cada um deles, uma mistura de três gases.
- Conclua, justificando, qual dos recipientes tem a menor fração molar do gás A (esferas azuis).



3. O efeito estufa, segundo as teorias mais aceites pela comunidade científica, tem contribuído para a subida da temperatura média do planeta. Esse fenómeno é um processo ...

- (A) ... natural, porém, intensificado pela ação humana.
- (B) ... artificial, ou seja, resultado direto da interferência do Ser Humano sobre o meio ambiente.
- (C) ... artificial, não havendo registos de sua existência em épocas geológicas antigas.
- (D) ... natural, sem relação com as práticas sociais do Ser Humano.

4. O dióxido de carbono, CO_2 , desempenha um papel importante na regulação da temperatura superficial da Terra. O teor médio de CO_2 na troposfera tem aumentado de forma continuada nos últimos 150 anos, apresentando atualmente um valor de cerca de $3,9 \times 10^{-2} \%$, em volume.

4.1. O teor de CO_2 na troposfera, expresso em partes por milhão, em volume (ppmV), pode ser determinado a partir da expressão

- (A) $\frac{10^2 \times 10^6}{3,9 \times 10^{-2}}$ ppmV. (B) $\frac{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}{10^2}$ ppmV. (C) $\frac{3,9 \times 10^{-2}}{10^2 \times 10^6}$ ppmV. (D) $\frac{10^2}{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}$ ppmV.

4.2. Calcule a percentagem, em massa, de carbono numa molécula de CO_2 .

Apresente todas as etapas de resolução.

Dados: $\text{Ar}(\text{C}) = 12,01$ $\text{Ar}(\text{O}) = 16,00$

5. A figura 3 ao lado, mostra um recipiente que contém um composto, no estado líquido, formado por átomos de dois elementos representados por esferas de cor diferente.

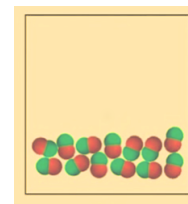
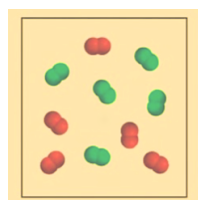
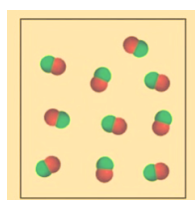


Figura 3



(1)

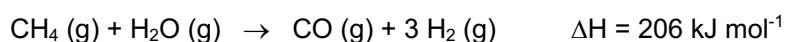


(2)

Analise com atenção os diagramas (1) e (2) e classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) as afirmações seguintes.

- (A) O diagrama (1) corresponde a uma transformação química do composto da figura 3 porque houve alteração das unidades estruturais representadas. ()
- (B) O diagrama (2) corresponde a uma transformação física do composto da figura 3 porque as moléculas são diferentes. ()
- (C) O diagrama (2) pode representar o composto da figura 3 no estado sólido. ()
- (D) O diagrama (1) corresponde a uma transformação física do composto da figura 3 porque as unidades estruturais estão mais afastadas entre si. ()
- (E) A densidade do material no interior do recipiente (1) é igual à densidade do material no interior do recipiente (2). ()

6. O dihidrogénio, H_2 , pode ser produzido industrialmente a partir do gás natural, que é constituído, maioritariamente, por metano. Uma das reações envolvidas nesse processo pode ser traduzida por:



- 6.1. A reação do metano com vapor de água é _____, pelo que a energia envolvida na rutura de ligações químicas nos reagentes é _____ à energia envolvida na formação de ligações químicas nos produtos da reação.

- (A) ... endotérmica ... inferior
(B) ... endotérmica ... superior

- (C) ... exotérmica ... superior
(D) ... exotérmica ... inferior

6.2. Se a reação ocorrer em sistema isolado, a temperatura do sistema _____ e a energia interna _____.

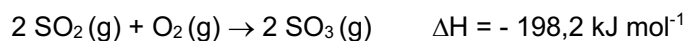
(A) diminui ... aumenta.

(C) aumenta ... mantém-se.

(B) diminui ... mantém-se.

(D) aumenta ... aumenta.

7. Considere a seguinte equação termoquímica:



Calcule a energia libertada quando reage 87,9 g de dióxido de enxofre, SO_2 ($M = 64,07 \text{ g mol}^{-1}$).

8. O diagrama da figura 4 representa o balanço energético numa transformação química.

A partir da análise do diagrama, pode-se concluir que nesta transformação química ...

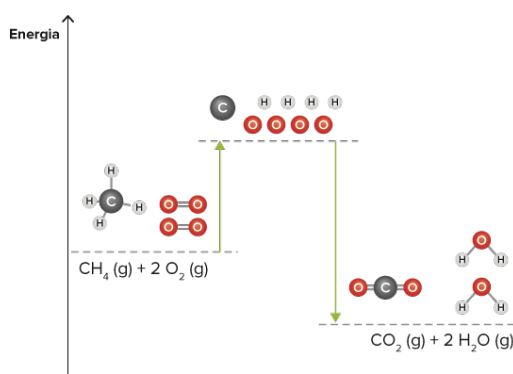


Figura 4

- (A) ... para além dos reagentes, são necessários outros átomos que permitam formar os produtos da reação.
- (B) ... há quebra de ligações nos reagentes e nos produtos da reação.
- (C) ... três substâncias reagentes originam três novas substâncias.
- (D) ... a energia do sistema diminui, quando ocorre em sistema não isolado.

FIM

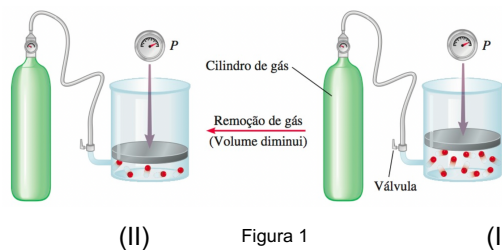
Este pós-teste constitui-se como um instrumento de recolha de dados no âmbito de uma investigação em curso no Programa Doutoral em Ensino e Divulgação das Ciências, da FCUP. O pós-teste que a seguir se apresenta é anónimo e refere-se a alguns conceitos de Química. Peço que tente responder as todas as questões de acordo com o seu conhecimento, pois a sua colaboração é valiosa.

Agradeço desde já a sua participação neste estudo.

O código ao lado permite apenas a comparação entre o pré e pós-teste.

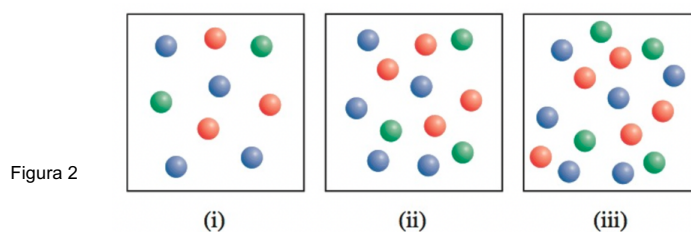
--	--	--	--	--

1. A figura 1 ilustra a lei de Avogadro, na qual está representado um recipiente (I) com uma determinada quantidade de gás. A representação (II) corresponde à retirada de metade do volume de gás ao recipiente (I). As condições de pressão e temperatura mantiveram-se constantes.



De acordo com esta lei, pode-se afirmar que o volume de gás presente numa amostra é _____
proporcional à _____.

- (A) ... diretamente ... quantidade de matéria
(B) ... inversamente ... quantidade de matéria
(C) ... diretamente ... massa volúmica
(D) ... inversamente ... massa volúmica
2. Considere os três recipientes representados na figura 2, com igual volume e igual temperatura, e que contêm, cada um deles, uma mistura de três gases.
- Conclua, justificando, qual dos recipientes tem a menor fração molar do gás A (esferas azuis).



3. O efeito estufa, segundo as teorias mais aceites pela comunidade científica, tem contribuído para a subida da temperatura média do planeta. Esse fenómeno é um processo ...

- (A) ... natural, porém, intensificado pela ação humana.
- (B) ... artificial, ou seja, resultado direto da interferência do Ser Humano sobre o meio ambiente.
- (C) ... artificial, não havendo registos de sua existência em épocas geológicas antigas.
- (D) ... natural, sem relação com as práticas sociais do Ser Humano.

4. O dióxido de carbono, CO_2 , desempenha um papel importante na regulação da temperatura superficial da Terra. O teor médio de CO_2 na troposfera tem aumentado de forma continuada nos últimos 150 anos, apresentando atualmente um valor de cerca de $3,9 \times 10^{-2} \%$, em volume.

4.1. O teor de CO_2 na troposfera, expresso em partes por milhão, em volume (ppmV), pode ser determinado a partir da expressão

- (A) $\frac{10^2 \times 10^6}{3,9 \times 10^{-2}}$ ppmV. (B) $\frac{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}{10^2}$ ppmV. (C) $\frac{3,9 \times 10^{-2}}{10^2 \times 10^6}$ ppmV. (D) $\frac{10^2}{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}$ ppmV.

4.2. Calcule a percentagem, em massa, de carbono numa molécula de CO_2 .

Apresente todas as etapas de resolução.

Dados: $\text{Ar}(\text{C}) = 12,01$ $\text{Ar}(\text{O}) = 16,00$

5. A figura 3 ao lado, mostra um recipiente que contém um composto, no estado líquido, formado por átomos de dois elementos representados por esferas de cor diferente.

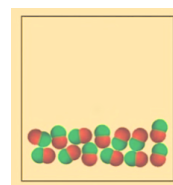
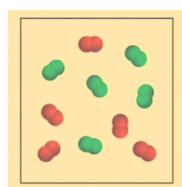
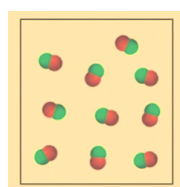


Figura 3



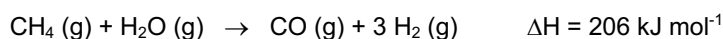
(1)



(2)

Analise com atenção os diagramas (1) e (2) e classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) as afirmações seguintes.

- (A) O diagrama (1) corresponde a uma transformação química do composto da figura 3 porque houve alteração das unidades estruturais representadas. ()
- (B) O diagrama (2) corresponde a uma transformação física do composto da figura 3 porque as moléculas são diferentes. ()
- (C) O diagrama (2) pode representar o composto da figura 3 no estado sólido. ()
- (D) O diagrama (1) corresponde a uma transformação física do composto da figura 3 porque as unidades estruturais estão mais afastadas entre si. ()
- (E) A densidade do material no interior do recipiente (1) é igual à densidade do material no interior do recipiente (2). ()
- i. O dihidrogénio, H_2 , pode ser produzido industrialmente a partir do gás natural, que é constituído, maioritariamente, por metano. Uma das reações envolvidas nesse processo pode ser traduzida por:



- i.1. A reação do metano com vapor de água é _____, pelo que a energia envolvida na rutura de ligações químicas nos reagentes é _____ à energia envolvida na formação de ligações químicas nos produtos da reação.

- (A) ... endotérmica ... inferior
(B) ... endotérmica ... superior

- (C) ... exotérmica ... superior
(D) ... exotérmica ... inferior

6.2. Se a reação ocorrer em sistema isolado, a temperatura do sistema _____ e a energia interna _____.

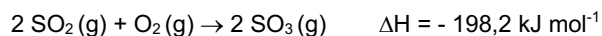
(A) diminui ... aumenta.

(C) aumenta ... mantém-se.

(B) diminui ... mantém-se.

(D) aumenta ... aumenta.

7. Considere a seguinte equação termoquímica:



Calcule a energia libertada quando reage 87,9 g de dióxido de enxofre, SO_2 ($M = 64,07 \text{ g mol}^{-1}$).

8. O diagrama da figura 4 representa o balanço energético numa transformação química.

A partir da análise do diagrama, pode-se concluir que nesta transformação química ...

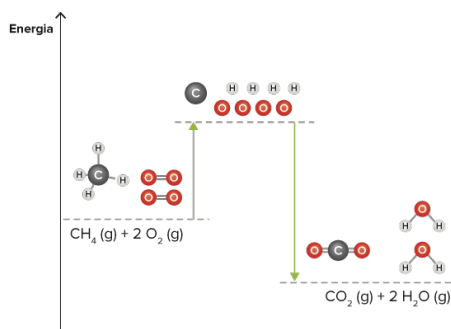


Figura 4

(A) ... para além dos reagentes, são necessários outros átomos que permitam formar os produtos da reação.

(B) ... há quebra de ligações nos reagentes e nos produtos da reação.

(C) ... três substâncias reagentes originam três novas substâncias.

(D) ... a energia do sistema diminui, quando ocorre em sistema não isolado.

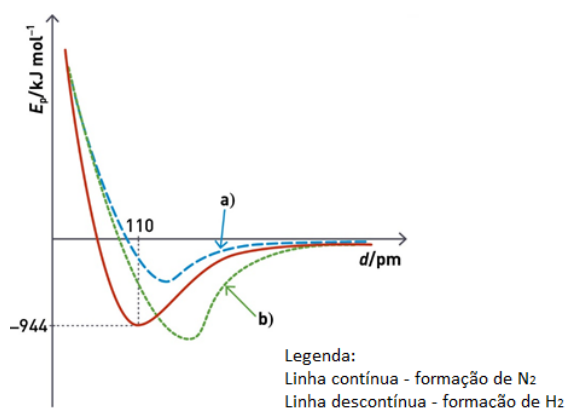
FIM

Atualmente, a troposfera é constituída por espécies maioritárias, como o dinitrogénio, N_2 , o dióxigénio, O_2 e, em muito menor quantidade por árgon, Ar, dióxido de carbono, CO_2 , e outros gases em quantidades vestigiais, como o di-hidrogénio, H_2 e o metano, CH_4 . O vapor de água, H_2O , existe na atmosfera em quantidades variáveis.

1. Selecione a opção que expressa corretamente as frações molares dos gases que constituem o ar da troposfera terrestre, seco e não poluído.

- (A) $x(O_2) = 0,78$; $x(N_2) = 0,21$; $x(\text{outros gases}) = 0,01$
(B) $x(O_2) = 78\%$; $x(N_2) = 21\%$; $x(\text{outros gases}) = 1\%$
(C) $x(O_2) = 21\%$; $x(N_2) = 78\%$; $x(\text{outros gases}) = 1\%$
(D) $x(O_2) = 0,21$; $x(N_2) = 0,78$; $x(\text{outros gases}) = 0,01$

2. O gráfico ao lado apresenta, a linha contínua, a variação da energia potencial associada à ligação química entre os átomos de nitrogénio, na molécula de N_2 , em função da distância internuclear.



2.1. Represente a molécula de dinitrogénio na notação de Lewis.

2.2. A curva _____, linha descontinua no gráfico, corresponde à formação da molécula de di-hidrogénio, H_2 , porque a variação da energia potencial será _____ e a distância internuclear é _____ do que a que retrata a formação de N_2 .

- (A) a) ... maior ... menor
(B) a) ... menor ... maior
(C) b) ... maior ... maior
(D) b) ... menor ... menor

3. A molécula de CO_2 possui geometria _____, enquanto a molécula de H_2O possui geometria _____ devido aos pares de eletrões _____ presentes no átomo central.

3. A molécula de CO_2 possui geometria _____, enquanto a molécula de H_2O possui geometria _____ devido aos pares de eletrões _____ presentes no átomo central.

(A) angular ... linear ... ligantes

(C) linear ... angular ... não ligantes

(B) linear ... angular ... ligantes

(D) angular ... linear ... não ligante

4. Considere que a densidade do CO_2 em determinadas condições de pressão e de temperatura é igual a $1,80 \text{ g dm}^{-3}$.

Calcule o volume ocupado por $9,03 \times 10^{23}$ moléculas de CO_2 nas condições referidas.

Apresente todas as etapas de resolução.

5. A concentração atual de dióxido de carbono (CO_2) em Portugal é de cerca $4,12 \times 10^{-2} \% (V/V)$. Expresse a concentração atual de dióxido de carbono em Portugal em ppmV.

6. Considere duas amostras, uma de CO e outra de CO_2 , que apresentam igual número de átomos de oxigénio nas mesmas condições de pressão e temperatura.

Nestas circunstâncias é possível afirmar que:

(A) $\frac{V_m(\text{CO})}{V_m(\text{CO}_2)} = \frac{2}{3}$.

(C) $\frac{V(\text{CO})}{V(\text{CO}_2)} = 2$.

(B) $n(\text{CO}) = \frac{n(\text{CO}_2)}{2}$.

(D) $N(\text{CO}_2) = 2 \times N(\text{CO})$.

7. O dinitrogénio e o di-hidrogénio podem reagir entre si em determinadas condições e formar amoníaco, NH_3 , que é uma das matérias-primas mais importantes da atualidade.

O amoníaco é miscível em água pois as moléculas são ambas _____ e estabelecem entre si ligações de _____.

(A) apolares ...London

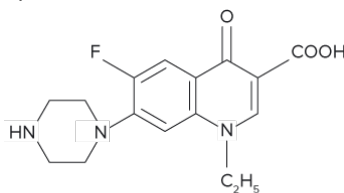
(C) apolares... Hidrogénio

(B) polares... London

(D) polares... Hidrogénio

8. Justifique o facto de o comprimento de ligação ser inferior na molécula de HF , comparativamente ao comprimento de ligação na molécula de HCl .

9. A norfloxacin pertence a uma classe de antibióticos usados no tratamento de um amplo espetro de bactérias, cuja fórmula de estrutura se representa abaixo.



No composto está presente o grupo característico _____ e, quanto ao tipo de ligações entre os átomos de carbono, o composto é _____.

(A) das cetonas ... insaturado

(C) dos álcoois ... insaturado

(B) das cetonas ... saturado

(D) dos álcoois ... saturado

FIM

Item	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7	8	9
Competências	CN	CN	CN	CN	RP	CN	RP	CN	CN	CN
Cotação	8	8	8	8	12	8	8	8	8	8

Anexo 3 – Material de apoio ao Módulo 1 - “Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes? “

- Apresentação aos alunos
- Guião do professor (que inclui as rubricas de avaliação)
- Atividades experimentais
- Avaliação formativa
- Avaliação KWL
- Documento das atividades dos alunos – aula 1 e 2
- Documento das atividades dos alunos – aula 3 a 6
- Checklist de apoio à apresentação oral
- Documentos das atividades experimentais (para os alunos).



SUMÁRIO

Apresentação do trabalho de investigação.

Avaliação dos trabalhos.

Resolução de exercícios.

MÓDULO INQUIRY - GASES E DISPERSÕES

QUESTÃO PROBLEMA:

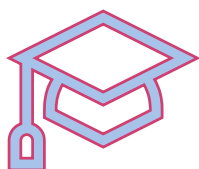
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

APRENDIZAGENS ESSENCIAIS

Pesquisar a composição da troposfera terrestre, identificando os gases poluentes e suas fontes, designadamente os gases que provocam efeitos de estufa e alternativas para minorar as fontes de poluição, comunicando as conclusões.

Resolver problemas envolvendo cálculos numéricos sobre a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas, exprimindo-a nas principais unidades, explicando as estratégias de resolução.

TIPO DE INVESTIGAÇÃO



Este módulo de ensino das ciências baseada em investigação (*Inquiry Based Science Education*, **IBSE**) privilegiou a **abordagem guiada**.

Nível	Tipo	Problema Questão	Procedimento Método	Interpretação dos resultados/Solução
0	Verificação	Dada pelo professor	Dada pelo professor	Dada pelo professor
1	Estruturado	Dada pelo professor	Dada pelo professor	Aberta para o aluno
2	Guiado	Dada pelo professor	Aberta para o aluno	Aberta para o aluno
3	Aberto	Aberta para o aluno	Aberta para o aluno	Aberta para o aluno

CONCEITOS ABORDADOS

Composição da atmosfera terrestre

Dispersões – Soluções, dispersões coloidais e suspensões

Poluição atmosférica

Efeito de estufa

Aquecimento global

Chuvas ácidas

Nevoeiro fotoquímico

Composição quantitativa de soluções gasosas

CALENDÁRIO



09 de fevereiro

Apresentação do tema da investigação.

Visualização de um vídeo.

Pesquisa e seleção de informação.



13 de fevereiro

Realização de uma atividade experimental.

Partilha e discussão com o professor.

Resolução de questionário.



14 de fevereiro

Pesquisa e seleção de informação.

Elaboração do produto final.



16 de fevereiro

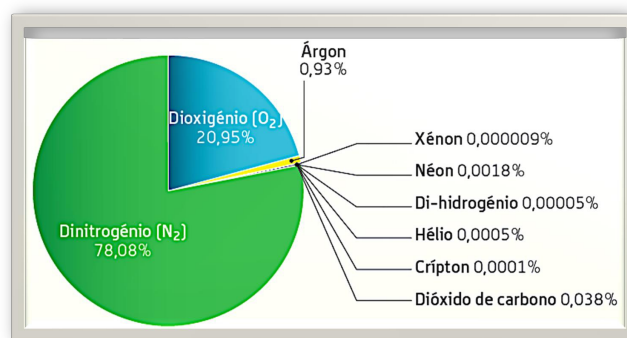
Apresentação da investigação.

Avaliação.

SÍNTESE

Fase	Atividades
Envolvimento	Três questões para despertar o interesse e envolvimento dos alunos pelo tema e identificar concepções prévias. Visualização de um vídeo para familiarizar os alunos com os temas em estudo.
Exploração Explicação	Pesquisa e seleção de informação sobre a composição da troposfera terrestre e o dióxido de carbono, concluindo se se trata de um gás essencial e/ou poluente. Realização de uma atividade experimental para permitir que os alunos construam conhecimento acerca do tema a investigar. Partilha e discussão com o professor.
Ampliação Ativismo Partilha	Pesquisa e seleção de informação para a construção dos produtos que constituirão a exposição final sobre um problema socio-científico diferente, relacionado com o ambiente. Elaboração do documento para a realização da exposição interativa tendo em vista a partilha com a comunidade educativa.
Avaliação	Presente ao longo da concretização do módulo. Avaliação apresentação oral dos trabalhos – auto e heteroavaliação e do produto final para a exposição.

COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE



Percentagem, em volume, dos principais constituintes da troposfera p. 176

O DIÓXIDO DE CARBONO, CO₂

GÁS ESSENCIAL

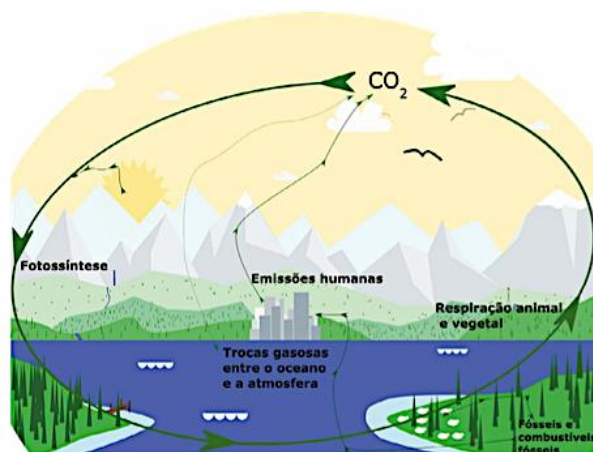
Fotossíntese

Respiração

Efeito de estufa

O CO₂ é um dos principais intervenientes no ciclo de carbono que é constituído pelos vários reservatórios de carbono (rochas, oceanos, solo, atmosfera) e pelos fluxos que existem entre eles.

Estes fluxos ocorrem devido a diferentes processos físicos, químicos, geológicos e biológicos, e quando em equilíbrio ajudam a **manter a temperatura da Terra estável**.



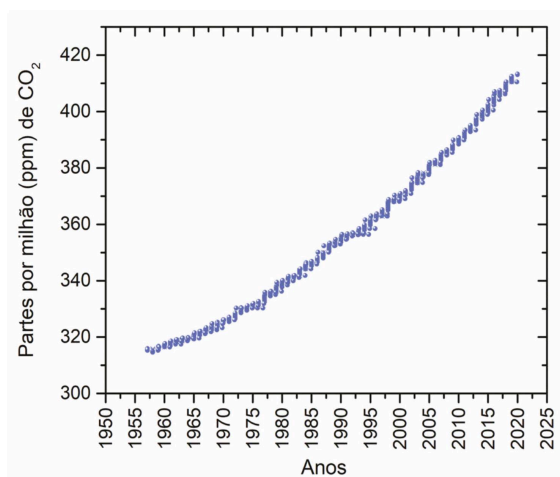
<https://b-quimica.spq.pt/magazines/BSPQuimica/695/article/30002366/pdf>

O DIÓXIDO DE CARBONO - GÁS POLUENTE pp. 176 e 177

Fogos floretais
(fonte natural)

Combustão de
combustíveis
fósseis
(fonte antropogénica)

EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO



Níveis atmosféricos de CO₂ medidos no Observatório de Mauna Loa no Havai
<https://b-quimica.spq.pt/magazines/BSPQuimica/695/article/30002366/pdf>

ALTERNATIVAS
PARA MINORAR AS
EMISSÕES DE GEE

Reduzir os gases com efeito de estufa na atmosfera, reduzindo emissões e aumentando o sequestro de carbono – **mitigação**;

Adaptar o país às mudanças previsíveis para minimizar os efeitos negativos das alterações climáticas nos ecossistemas e na qualidade de vida da população – **adaptação**.

ALTERNATIVAS PARA MINORAR AS EMISSÕES DE GEE

Portugal - alcançar a **neutralidade carbónica até 2050**, ou seja, tornar nulo o balanço entre as emissões e as remoções de carbono e outros GEE da atmosfera ⇒ contribuir para limitar o aquecimento global a 1,5 °C, em relação ao período pré-industrial - **Acordo de Paris**.

<https://apambiente.pt/clima/acao-climatica>



CURIOSIDADE

O Prêmio Nobel de Física de 2021 foi concedido a Syukuro Manabe e Klaus Hasselmann “pela modelagem física do clima da Terra, quantificando a variabilidade e prevendo de forma confiável o aquecimento global”

<https://www.compoundchem.com/2021/10/05/2021nobelphysics/>

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A influência do degelo no nível médio da água do mar

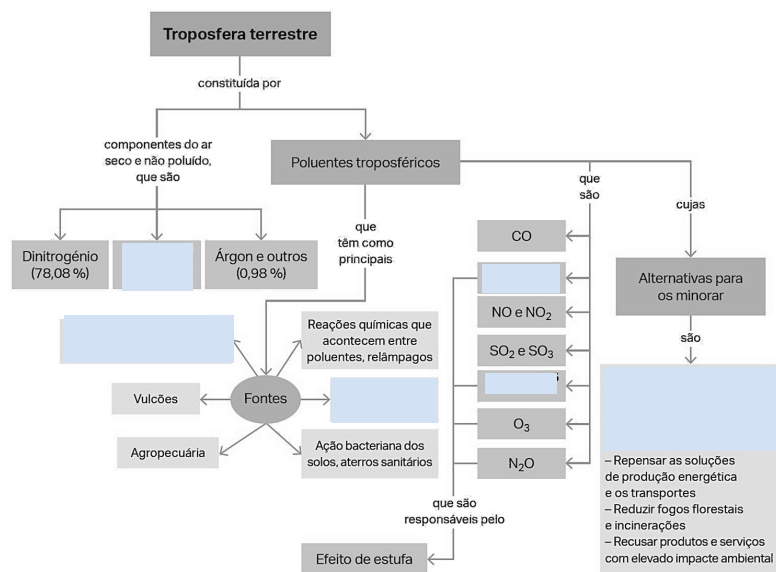
Questão problema: Qual o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares tem no nível médio da água do mar?

Análise dos resultados e reflexão sobre a relação entre a atividade e a concentração de CO₂ na atmosfera.★



<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandereportagens/1447-relatorio-especial-antartida-a-crise-do-gelo>

Diagrama de conteúdos



ATIVIDADE

Cada grupo de trabalho teve que abordar um problema socio-científico diferente, relacionado com o ambiente:

- as chuvas ácidas;
- o nevoeiro fotoquímico;
- buraco na camada de ozono;
- a atmosfera de parques automóveis subterrâneos.

Para o problema selecionado o grupo investigou:

- os principais gases poluentes responsáveis por esse fenómeno e suas fontes de emissão;
- alternativas para minorar as emissões desses gases.

ATIVIDADES



Exercícios e Problemas
p. 178 ex. 6 - 8 do Manual.



+Exercícios
pp. 190 ex. 10 do Manual

GASES E
DISPERSÕES

Obrigada pela vossa colaboração



GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

Aprendizagens essenciais

Pesquisar a composição da troposfera terrestre, identificando os gases poluentes e suas fontes, designadamente os gases que provocam efeitos de estufa e alternativas para minorar as fontes de poluição, comunicando as conclusões.

Resolver problemas envolvendo cálculos numéricos sobre a composição quantitativa de soluções aquosas e gasosas, exprimindo-a nas principais unidades, explicando as estratégias de resolução.

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Aluno à Saída da Escolaridade

Linguagens e textos, Informação e comunicação, Raciocínio e resolução de problemas, Pensamento crítico e pensamento criativo, Relacionamento interpessoal, Desenvolvimento pessoal e autonomia, Bem-estar, saúde e ambiente, Sensibilidade estética e artística, Saber científico, técnico e tecnológico e Consciência e domínio do corpo (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J).

Tipo de investigação

Este módulo de ensino das ciências baseada em investigação (*Inquiry Based Science Education* – IBSE) privilegia a abordagem guiada: o professor propõe uma questão, a seleção das etapas de investigação é determinada pelos alunos. Os alunos trabalham de forma colaborativa, em grupos de 3 ou 4 elementos, projetam o método de recolha de evidências/dados, interpretam os resultados e formulam as conclusões que respondam à questão feita pelo professor.

Duração

7 aulas (350 minutos)

Conceitos abordados

Composição da atmosfera terrestre

Dispersões – Soluções, dispersões coloidais e suspensões

Poluição atmosférica

Efeito de estufa

Aquecimento global

Chuvas ácidas

Nevoeiro fotoquímico

Composição quantitativa de soluções gasosas

Os alunos devem estar familiarizados com os conceitos de classificação das substâncias e sua representação, compreender que a atmosfera é vital para a manutenção da vida e ter algumas noções sobre os fenómenos a estudar – causas e consequências.

Breve descrição do módulo

Este módulo tem como objetivo propor uma investigação sobre “O papel dos diferentes gases na atmosfera da Terra” de modo a promover:

- a seleção de informação pertinente;
- problematizar situações sobre aplicações da ciência e tecnologia e o seu impacto na sociedade e no ambiente;
- proporcionar a análise de textos com diferentes pontos de vista;
- análise de conceitos, de factos e de situações numa perspetiva disciplinar e interdisciplinar.

Assim, são propostas:

- tarefas de registo seletivo, organização da informação e síntese;
- promoção do debate e da comunicação oral e escrita dos resultados da pesquisa, usando vocabulário científico próprio da disciplina, recorrendo a diversos suportes.

Ao propor aos alunos um trabalho de investigação sobre a composição da troposfera terrestre, no qual são identificados os gases essenciais para a existência de vida na Terra e gases poluentes, permite-se aos alunos uma reflexão sobre as consequências destes gases para o planeta Terra e promove-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável.

A exposição final é uma forma de promover nos alunos uma cidadania ativa e participada. Esta exposição pode ser feita num formato já conhecido dos alunos, como por exemplo a elaboração de um poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point.

Fase	Atividades
Envolvimento	Três questões para despertar o interesse e envolvimento dos alunos pelo tema e identificar conceções prévias. Visualização de um vídeo para familiarizar os alunos com os temas em estudo.
Exploração Explicação	Pesquisa e seleção de informação sobre a composição da troposfera terrestre e o dióxido de carbono, CO ₂ , concluindo se se trata de um gás essencial e/ou poluente. Realização de uma atividade experimental para permitir que os alunos construam conhecimento acerca do tema a investigar. Partilha e discussão com o professor.
Ampliação Ativismo Partilha	Pesquisa e seleção de informação para a construção dos produtos que constituirão a exposição final sobre um problema socio-científico diferente, relacionado com o ambiente. Elaboração do documento para a realização da exposição interativa tendo em vista a partilha com a comunidade educativa.
Avaliação	Presente ao longo da concretização do módulo. Avaliação apresentação oral dos trabalhos – auto e heteroavaliação e do documento final para a exposição.

Atividades

Os investigadores em educação científica tentam desenvolver estratégias de ensino centradas no aluno, nomeadamente, recorrendo a ciclos de aprendizagem que permitam aos professores conduzir uma série de atividades significativas para os alunos e os ajude a praticar as suas competências de pensamento crítico.

Na literatura aparecem várias versões dos ciclos de aprendizagem, destacando-se o 5E (Bybee, 1997), e o 7E (Eisenkraft, 2003).

O modelo 5E propõe uma metodologia de ensino de conceitos de ciência com uma abordagem em cinco fases, (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*). O ciclo 7E difere do 5E de duas formas: i) a fase de *engage* no 5E é expandida para *elicit* e *engage*, sendo dada maior ênfase à compreensão prévia e ao conhecimento tácito que pode ser usado como base para que a aprendizagem ocorra; ii) de igual forma, as fases de *elaborate* e *evaluate* são expandidas para as fases de *elaborate, evaluate* e *extend*, reforçando a importância de os alunos praticarem a mobilização dos conhecimentos para novas situações (Eisenkraft, 2003).

Este módulo de ensino das ciências baseada em investigação considera o modelo adaptado por Reis e Marques dos 7E. (Reis & Marques, 2016, pp 25-27)

Fase	Resumo
Envolvimento (<i>Engage</i>)	Esta etapa tem como objetivo despertar o interesse dos alunos – motivando-os para as tarefas subsequentes – e identificar os seus conhecimentos prévios sobre o(s) tópico(s) em estudo. O professor deve recorrer a situações-problema capazes de despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões a investigar.
Exploração (<i>Explore</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos se envolvam no(s) tópico(s) e construam conhecimento acerca dos mesmos - realizando atividades de pesquisa, atividades experimentais, ou outras, em que formulam hipóteses, planeiam e executam investigações preliminares. Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de se envolver diretamente com os fenómenos e materiais relacionados com o(s) tópico(s) de investigação - questionando, analisando dados e refletindo sobre os resultados. O professor deve atuar como um facilitador - fornecendo materiais e ajudando os alunos a manter o foco nos aspetos mais importantes.
Explicação (<i>Explain</i>)	Esta etapa tem como objetivo criar a oportunidade para os alunos partilharem com os pares e/ou com o professor o que aprenderam até então - fazendo uso de uma linguagem científica adequada. Pretende-se que durante este processo os alunos reflitam sobre as suas conceções cientificamente incorretas e sejam capazes de construir novas conceções, cientificamente corretas. Este momento constitui uma oportunidade para o professor introduzir e explorar mais aprofundadamente os conceitos científicos - promovendo uma maior compreensão por parte dos alunos, o que lhes permitirá explicar com maior facilidade e rigor o que aprenderam.
Ampliação (<i>Elaborate</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos mobilizem o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), aplicando-o a novas situações problema. Através deste processo pretende-se que os alunos desenvolvam uma compreensão mais abrangente e aprofundada dos conceitos, relacionando as novas experiências com as experiências anteriores.

Partilha (Exchange)	Esta etapa pressupõe o planeamento e a conceção de uma exposição interativa dos produtos da investigação desenvolvida pelos alunos. Pretende-se que os alunos partilhem com a comunidade os resultados das suas investigações – os produtos podem assumir diferentes formatos (póster, jogo, vídeo, entre outros). Trata-se de uma oportunidade para os alunos comunicarem, para um público mais alargado, o novo conhecimento construído. Esta etapa está em estreita relação com a etapa Ativismo (Empowerment), já que se pretende, através da exposição, consciencializar e sensibilizar os demais para as questões-alvo da investigação.
Ativismo (Empowerment)	Esta etapa desenvolve-se em simultâneo com as restantes; pretende-se envolver os alunos numa ação coletiva, fundamentada em pesquisa e investigação, tendo em vista a resolução de problemas sociocientíficos relacionados com temas científicos atuais. Desde cedo devem ser criadas oportunidades para que os alunos sintam valorizada a sua participação em todas as etapas do processo.
Avaliação (Evaluate)	Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de avaliar os seus conhecimentos e capacidades; o professor tem a possibilidade de avaliar o progresso dos seus alunos relativamente aos objetivos de aprendizagem estabelecidos. O processo avaliativo foca-se, sobretudo, nos alunos e na criação de oportunidades para que estes reflitam sobre o seu desempenho - fazendo uso da autoavaliação – mas também sobre as próprias tarefas realizadas. Esta etapa está presente ao longo da concretização das restantes etapas – é importante que os alunos tenham várias oportunidades para refletirem sobre o seu desempenho, dificuldades e resultados.

Apesar de nesta tabela as fases aparecerem de forma linear, é importante não esquecer o caráter dinâmico e interativo do ciclo de aprendizagem deste modelo. Deste modo, é possível alterar a sequência das fases a seguir, pelo que se optou por proceder à avaliação em fases intermédias, assim como a atividades que resultam da junção de diferentes fases.

ENVOLVIMENTO (Aula 1 - 50 minutos)

Para despertar a curiosidade dos alunos e identificar as conceções prévias, o professor inicia as atividades de aprendizagem com discussão em grande grupo, colocando as seguintes questões: 1. Qual a cidade portuguesa que te parece ter o ar mais poluído? E o país da União Europeia? 2. Indique duas ações individuais que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos?

(R:1. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/european-city-air-quality-viewer>, 2. Exemplo: Andar de transportes públicos, a pé ou de bicicleta, utilizar a energia em casa de forma eficiente, reciclar).

Os alunos deveram registar a resposta à primeira questão numa aplicação que gere uma nuvem de palavras. A resposta à segunda questão deve ser registada no caderno diário.

Após um breve debate/discussão sobre as respostas dadas, pelos alunos, o professor projeta o vídeo disponível no YouTube: [Air pollution 101 \(National Geographic\)](#) para familiarizar os alunos com os temas do efeito de estufa, aquecimento global, chuvas ácidas, nevoeiro fotoquímico (smog) e solicita aos alunos que respondam durante a visualização do vídeo às seguintes questões, fazendo-o no caderno diário:

- Quais são os fenómenos de poluição referidos no vídeo? (R: efeito de estufa, smog e poluição tóxica).

4. Qual a solução proposta para diminuir a poluição do ar? (R: diminuindo o uso de combustíveis fósseis).
5. Quais as vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo? (R: ambiente mais limpo, melhor saúde humana e redução da taxa de aquecimento global).

Análise e discussão das respostas dos alunos.

EXPLORAÇÃO, EXPLICAÇÃO E AVALIAÇÃO (Aulas 2, 3 e 4 – 75 + 50 + 50 minutos)

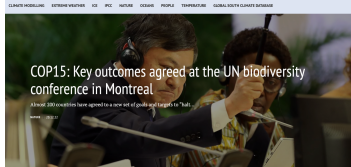
Aula n.º 2

Pesquisa individual e seleção de informação sobre a composição da troposfera terrestre e o dióxido de carbono, CO₂, concluindo se se trata de um gás essencial e/ou poluente, referindo-se à evolução da sua concentração na atmosfera da Terra, e identificando alternativas para minorar a emissão deste gás.

Trabalho em pequeno grupo para a caracterização da molécula de CO₂ (o que já sabem sobre o CO₂), partilha dos conhecimentos adquiridos na pesquisa individual, tratamento da informação recolhida e registo num documento do Google docs disponibilizado pelo professor, a caracterização da molécula e a síntese da informação selecionada.

Para auxiliar os alunos na execução da investigação dando resposta à questão-problema pode sugerir-se a leitura de livros/revistas/manuais escolares, disponibilizados na sala de aula, e a exploração dos conteúdos nos seguintes links:

	https://www.eea.europa.eu/pt/themes/air/intro
	https://www.apambiente.pt/ar-e-ruído/poluicao-do-ar
	https://www.globalcarbonproject.org/
	https://www.ipma.pt/pt/oclima/gases.estufa/

	https://www.pordata.pt/subtema/portugal/poluicao+atmosfera+e+clima-86
	https://rea.apambiente.pt/
	http://qualar.apambiente.pt
	https://www.carbonbrief.org/science/

Aula n.º 3 e 4

Realização da atividade experimental – “A influência do degelo no nível médio da água do mar”. Esta atividade experimental é uma adaptação da atividade “O degelo do gelo marinho e dos glaciares” (Reis & Marques, 2016, pp 36-38) (Anexo 1).

O objetivo desta atividade experimental é estudar o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares situados nos continentes (gelo continental) tem no nível médio do mar.

Os alunos, em grupo, formulam hipóteses para os resultados da atividade experimental, realizam a atividade, analisam os resultados experimentais e refletem sobre a relação entre esta atividade e a concentração de CO₂ na atmosfera. No final, os alunos adicionam ao documento disponibilizado pelo professor os resultados obtidos e as conclusões a que chegaram com a realização da atividade experimental.

Discussão do professor com cada um dos grupos de trabalho sobre os registos efetuados e respetivas conclusões. Neste ponto, o professor tem a oportunidade de dar feedback aos alunos em relação ao desenvolvimento da investigação, corrigir eventuais erros e validar a informação que irá constar do documento final para a exposição à comunidade.

Para verificação das novas aprendizagens realizadas, os alunos respondem, individualmente, a um questionário disponibilizado pelo professor no Google classroom. Esta avaliação formativa permite ao professor regular as aprendizagens, identificando a necessidade de rever e/ou reforçar alguns conceitos e aos alunos a consolidação das ideias-chave da pesquisa efetuada, assim como efetuarem uma autorreflexão sobre a sua evolução (Anexo 2).

AMPLIAÇÃO, PARTILHA E ATIVISMO (Aulas 5 e 6 – 100 minutos)

Após a discussão com o professor sobre a informação tratada nas fases anteriores, e tendo em vista a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos a novas situações análogas, sugere-se a cada grupo de trabalho uma abordagem a um problema socio-científico diferente, relacionado com o ambiente, como por exemplo, as chuvas ácidas, o nevoeiro fotoquímico, a atmosfera de parques automóveis subterrâneos, ou outro sugerido pelos alunos. Para cada problema, indicam-se aos alunos os principais gases poluentes responsáveis por esses fenómenos (óxidos de nitrogénio, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis, ozono, monóxido de carbono, outros gases com efeito de estufa, ...) e solicita-se a identificação das fontes de emissão, a caracterização do impacto ambiental e as alternativas para minorar as emissões desses gases.

Por fim, cada grupo elabora um documento em suporte digital e/ou papel num formato escolhido pelos alunos (poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point, ...), para a realização de uma exposição interativa para partilha com a comunidade educativa.

De acordo com o formato escolhido pelos alunos para a partilha da informação e, sempre que possível, o professor deve promover a utilização de ferramentas digitais partilhadas por todos os elementos do grupo que permitam a edição em simultâneo do documento, como por exemplo, Google docs, Google slides, Google sites, ferramentas office 365, Canva, Genially, entre outros.

AValiação (Aula 7 – 75 minutos)

Ao longo do desenvolvimento do módulo criam-se diferentes momentos de avaliação recorrendo a instrumentos diversificados, sendo privilegiada a avaliação formativa dos alunos:

Avaliação	Instrumento
Análise das respostas dadas pelos alunos no final da fase de envolvimento.	Grelha de avaliação.
Durante o desenvolvimento da investigação.	Feedback oral e escrito.
Avaliação formativa para regular as aprendizagens no final das fases de exploração e explicação;	Ficha K-W-L
Avaliação da apresentação oral dos trabalhos	Questionário no Google forms com feedback imediato.
Avaliação do produto final para a exposição	Rubricas de avaliação para o professor e para os alunos (auto e heteroavaliação).
Avaliação das aprendizagens	Questão de aula

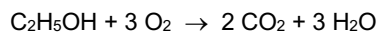
No sentido de permitir aos alunos um melhor desempenho, são-lhes fornecidas, previamente, as rubricas de avaliação relativas à apresentação oral dos trabalhos e do documento final para a exposição (adaptado de Reis & Marques, 2016).

Para consolidação dos conhecimentos, são propostos os exercícios 6, 7 e 8 das páginas 178 e 179 do manual e o exercício 10 da página 190.

TPC.

Dois amigos, no Brasil, estão a planear uma viagem para irem assistir a um concerto da Lady Gaga, e verificaram que irão consumir 50 L de combustível (etanol) para ir e voltar de carro.

A reação de combustão do etanol é traduzida por



Qual a massa de dióxido de carbono emitido para a atmosfera nesta viagem de carro?

Apresente todos os cálculos efetuados.

Dados: $\rho_{\text{etanol}} = 0,789 \text{ g cm}^{-3}$; $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,08 \text{ g mol}^{-1}$; $M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$;

Determina o valor solicitado, percorrendo as etapas seguintes:

- Calcula a massa do etanol correspondente aos 50 L ($m = 50\,000 \times 0,789 = 39450 \text{ g}$)
- Calcula a quantidade de matéria de etanol existem nos 50 L ($n = 39450 / 46,08 = 858 \text{ mol}$)
- Calcula a quantidade de matéria de dióxido de carbono formado (proporção 1:2, $n = 1715 \text{ mol}$)
- Calcula a massa de dióxido de carbono ($m = 1715 \times 44 = 75460 \text{ g} = 75,46 \text{ kg}$)

Rubricas de avaliação

Item	Nível	Descrição
1	2	A resposta apresenta as duas opções corretas.
	1	A resposta apresenta uma das opções corretas.
	0	A resposta não apresenta as opções corretas.
2	2	A resposta apresenta duas ações individuais que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos.
	1	A resposta apresenta uma ação individual que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos.
	0	A resposta não apresenta uma ação individual que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos.
3	3	A resposta apresenta os três fenómenos de poluição referidos no vídeo.
	2	A resposta apresenta dois dos fenómenos de poluição referidos no vídeo.
	1	A resposta apresenta um dos fenómenos de poluição referidos no vídeo.
	0	A resposta não apresenta nenhum dos fenómenos de poluição referidos no vídeo.
4	1	A resposta apresenta a solução proposta para diminuir a poluição do ar.
	0	A resposta não apresenta a solução proposta para diminuir a poluição do ar.
5	3	A resposta apresenta as três vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo.
	2	A resposta apresenta duas das vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo.
	1	A resposta apresenta uma das vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo.
	0	A resposta não apresenta nenhuma das vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo.

Rubrica de avaliação da apresentação oral

Critérios		Níveis de desempenho			
		4	3	2	1
Conhecimento	Correção científica	Apresentação reveladora de um excelente domínio de conceitos e informações	Apresentação sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos ou das informações	Apresentação com algumas incorreções ao nível dos conceitos ou das informações	Apresentação com várias incorreções ao nível dos conceitos ou das informações
	Correção do discurso	Discurso muito bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de utilização correta de linguagem científica	Discurso razoavelmente bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de linguagem científica	Lapsos gramaticais e dificuldades de pronúncia e de linguagem científica	Dificuldade de discurso e incorreções gramaticais, de pronúncia e de linguagem científica
Comunicação	Clareza e objetividade	Exposição clara, objetiva e com evidência dos aspetos fundamentais	Exposição clara, mas com alguns aspetos supérfluos	Exposição clara, mas pouco objetiva; Foram apresentados muitos aspetos supérfluos	Exposição pouco clara, pouco objetiva e sem evidência dos aspetos fundamentais
	Apresentação da informação	A informação é apresentada e não lida	A informação é apresentada mas acompanhada da leitura de algumas notas	A maior parte da informação é lida em vez de ser apresentada	A informação é lida em vez de ser apresentada
	Capacidade de suscitar interesse	Apresentação bem ensaiada, sem percalços e eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência	Apresentação com alguns percalços mas eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência	Apresentação com alguns percalços e nem sempre eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência	Apresentação com percalços e ineficaz na captação da atenção e do interesse da audiência
	Suporte audiovisual	Utiliza elementos audiovisuais de grande qualidade para apoiar ou realçar o conteúdo da apresentação (imagens, esquemas/ gráficos, vídeos)	Utiliza elementos audiovisuais de qualidade mas não os explora adequadamente	Utiliza alguns elementos audiovisuais de fraca qualidade	Não utiliza qualquer elemento audiovisual para apoiar ou realçar o conteúdo da apresentação (imagens, esquemas/ gráficos, vídeos)
	Utilização da voz	Discurso audível durante toda a apresentação, boa articulação de voz com suportes audiovisuais	Discurso audível durante a maior parte da apresentação, com inflexão e expressividade	Discurso com grandes oscilações no volume de voz, mas sem expressividade	Discurso inaudível, com voz monótona, sem inflexões e expressividade
Desenvolvimento pessoal e interpessoal	Articulação entre os elementos do grupo	Excelente articulação entre os vários elementos do grupo; Apresentação lógica e extremamente bem organizada	Boa articulação entre a maioria dos elementos do grupo. Contudo, algum dos elementos não preparou a apresentação com os restantes	Fraca articulação entre os vários elementos do grupo. Torna-se evidente que alguns deles não prepararam a apresentação	Não existe qualquer articulação entre os vários elementos do grupo; Apresentação desorganizada
	Criatividade	Apresentação extremamente criativa tanto ao nível da metodologia como dos materiais utilizados	Apresentação com vários aspetos criativos ao nível da metodologia e dos materiais utilizados	Apresentação pouco criativa ao nível da metodologia e dos materiais utilizados	Apresentação nada criativa tanto ao nível da metodologia como dos materiais utilizados

Rubrica de avaliação do documento final para a exposição

Critérios		Níveis de desempenho			
		4	3	2	1
Conhecimento	Correção científica	Objeto revelador de um excelente domínio de conceitos e informações	Objeto sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos ou das informações	Objeto com algumas incorreções ao nível dos conceitos ou das informações	Objeto com várias incorreções ao nível dos conceitos ou das informações
Comunicação	Mensagem	Mensagem clara, objetiva e com evidência dos aspetos fundamentais	Mensagem clara, mas com alguns aspetos supérfluos	Mensagem clara, mas pouco objetiva; Foram apresentados muitos aspetos supérfluos	Mensagem pouco clara, pouco objetiva, sem evidência dos aspetos fundamentais
	Interatividade*	O objeto é muito interativo	O objeto é moderadamente interativo	O objeto é pouco interativo	O objeto não é interativo
	Aspeto Gráfico	Objeto muito apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto moderadamente apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto pouco apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto nada apelativo do ponto de vista gráfico
Desenvolvimento pessoal e interpessoal	Ativismo**	Muito explícito	Moderadamente explícito	Pouco explícito	Ausente

*capacidade de levantar questões, promover a reflexão individual e coletiva, promover a interação entre visitantes, permitir que o visitante deixe a sua marca.

**capacidade do documento alertar o visitante e motivá-lo para a ação.

Nota: Adaptado de Reis, P. & Marques, A. R. (2016). A investigação e inovação responsáveis em sala de aula. *Módulos de ensino IRRESISTIBLE*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Referências bibliográficas

- Anwar, Y. A. S. (2020). The multilevel inquiry approach to achieving meaningful learning in biochemistry course. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(1), 28-37. <https://doi.org/10.1002/bmb.21309>
- Baharom, M., Atan, N., Rosli, M., Yusof, S., & Abd Hamid, M. (2020). Integration of science learning apps based on Inquiry Based Science Education (IBSE) in enhancing students Science Process Skills (SPS).
- Balta, N., & Sarac, H. (2016). The effect of 7E learning cycle on learning in science teaching: A meta-analysis study. *European Journal of Educational Research*, 5(2), 61-72.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science education*, 94(4), 577-616.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 765-794.
- Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212-219.
- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education*, 29(2), 443-463.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Kunduz, N., & Secken, N. (2013). Development and application of 7E learning model based computer-assisted teaching materials on precipitation titrations. *Journal of Baltic Science Education*, 12(6), 784.
- Lopes, J., & Silva, H. S. (2012). 50 Técnicas de avaliação formativa. *Lisboa: Lidel*.
- Marfilinda, R., Rossa, R., Jendriadi, J., & Apfani, S. (2020). The Effect of 7E Learning Cycle Model toward Students' Learning Outcome of Basic Science Concept. *Journal of teaching and learning in elementary education (JTLEE)*, 3(1), 77-87.
- Reis, P., & Marques, A. R. (2016). A investigação e inovação responsáveis em sala de aula. *Módulos de ensino IRRESISTIBLE. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa*.

Suardana, I. N., Redhana, I. W., Sudiatmika, A. A., & Selamat, I. N. (2018). Students' Critical Thinking Skills in Chemistry Learning Using Local Culture-Based 7E Learning Cycle Model. *International Journal of Instruction*, 11(2), 399-412.

MÓDULO 1
INQUIRY

GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?
ANEXO 1

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Título da atividade - A influência do degelo no nível médio da água do mar.

Esta atividade experimental é uma adaptação da atividade “O degelo do gelo marinho e dos glaciares” (Kähkönen, Lindell & Ratinen in Reis & Marques, 2016, pp 36-38)

Questão problema: Qual o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares tem no nível médio da água do mar?



<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandereportagens/1447-relatorio-especial-antartida-a-crise-do-gelo>

Tempo: A atividade experimental desenvolve-se em cerca de 35 minutos.

Avaliação: Direcionada a avaliar as competências procedimentais dos alunos, devendo focar-se na capacidade de formulação de hipóteses, desenvolvimento das tarefas experimentais e de análise e interpretação dos resultados.

Materiais:

- Água
- Cubos de gelo
- Gobelés
- Pedras de pequenas dimensões
- Pinça
- Papel absorvente

Estratégia:

A turma deve ser dividida em grupos de quatro. Cada grupo recebe um gobelé e será nomeado como grupo do gelo continental (GC) ou do gelo marinho (GM). Cada grupo GC irá trabalhar como par de um grupo GM, com o qual comparará as hipóteses e resultados no final da atividade.

Cada grupo (GC e GM) terá procedimentos específicos para seguir.

Procedimento:

Grupos do Gelo Continental (GC)

O GC corresponde ao gelo que existe sobre os continentes. O GC está presente na Gronelândia e na Antártida. Existe um debate acerca das causas do degelo do GC, havendo quem considere que o mesmo se deve às alterações climáticas. Nesta atividade irão investigar o impacto deste degelo (da fusão do GC) relativamente ao nível médio do mar. Para tal utilizarão uma pedra como modelo de um continente, um cubo de gelo e água da torneira simulando, respetivamente o GC (glaciar) e a água do mar.

1. Discutam, em grupo, o efeito da fusão do GC sobre o nível do mar: será que o degelo afeta o nível do mar, e se sim, como? Partilhem as vossas ideias, i.e., as vossas hipóteses, com o vosso grupo par (um dos grupos GM).
2. Coloquem uma pedra no fundo do gobelé e adicionem água quente até à marca dos 40 ml. Coloquem agora um cubo de gelo sobre a pedra. Através deste dispositivo conseguimos modelar o gelo continental sem que exista um contato direto do gelo com a água do mar e, portanto, sem flutuar sobre ela (certifiquem-se que o gelo não toca na água).
3. Deixem o gelo fundir. Depois do gelo ter fundido, total ou parcialmente, discutam:
 - a) O que aconteceu com o gelo que fundiu?
 - b) Qual seria o seu efeito sobre o oceano?

4. Comparem os vossos resultados com o grupo GM que faz par convosco e discutam, em conjunto, as diferenças verificadas nos resultados obtidos.

Grupos do Gelo Marinho (GM)

O GM corresponde ao gelo que se forma a partir da água do mar quando a temperatura é suficientemente baixa. Este aumenta e diminui a sua espessura de acordo com as estações do ano. Nesta atividade irão investigar o efeito do degelo do GM sobre o nível da água do mar. Um cubo de gelo simulará o GM e a água da torneira simulará a água do mar.

1. Discutam, em grupo, se o degelo do gelo marinho afetará o nível da água do mar, e se sim, como? Partilhem as vossas ideias, i.e., as vossas hipóteses, com o vosso grupo par (um dos grupos GC).
2. Coloquem um cubo de gelo no fundo do gobelé e acrescentem água quente até à marca dos 40 ml.
3. Deixem o gelo fundir. Depois do gelo ter fundido, total ou parcialmente, discutam:
 - a) O que aconteceu com o gelo que fundiu?
 - b) Qual seria o seu efeito sobre o oceano?
4. Comparem os vossos resultados com o grupo GC que faz par convosco e discutam em conjunto as diferenças verificadas nos resultados obtidos.

No final da atividade experimental os alunos devem refletir acerca da relação entre a experiência realizada e o aumento do Efeito de Estufa/Aquecimento Global. O professor deve estimulá-los a expressarem-se e a enfatizarem as observações e resultados da experiência.

GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ANEXO 2

AVALIAÇÃO FORMATIVA (10 minutos)

1. Quais são os dois gases principais que compõem a atmosfera terrestre?
- (A) Dinitrogénio e dióxigénio. (C) Dioxigénio e árgon.
(B) Hidrogénio e dióxido de carbono. (D) Dinitrogénio e árgon.

Resposta

Opção correta: (A).

A atmosfera terrestre é maioritariamente constituída por dinitrogénio ($\approx 78\%$) e dióxigénio ($\approx 21\%$), mas também contém, em muito menor percentagem e em quantidades variáveis, outros gases, como o dióxido de carbono e o árgon (ver p. 176 do manual).

2. O dióxido de carbono, CO_2 , desempenha um papel importante na regulação da temperatura superficial da Terra. Em abril de 2020, a concentração média de CO_2 na atmosfera era de 416 partes por milhão em volume (ppmV), a mais alta desde o início das medições, que começaram em 1958, no Havai. Este teor em percentagem (V/V) é
- (A) $4,16 \times 10^{-2}\%$. (C) $4,16 \times 10^{-6}\%$.
(B) $4,16 \times 10^{-4}\%$. (D) $4,16 \times 10^{-8}\%$.

Resposta

Opção correta: (A).

$$\frac{416 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2}{10^6 \text{ dm}^3 \text{ de ar}} = \frac{x}{100} \Leftrightarrow 4,16 \times 10^{-2} \%$$

3. O efeito estufa pode ser definido como um fenómeno
- (A) natural, que ocorre apenas em grandes centros urbanos, fazendo com que a temperatura nessas regiões seja maior do que em áreas florestais adjacentes.
(B) natural, responsável por manter a temperatura da Terra ao impedir que parte da radiação por ela emitida volte para o espaço.
(C) causado pela poluição atmosférica, pois os gases poluentes concentram-se na atmosfera e diminuem a qualidade do ar.
(D) causado apenas pela poluição atmosférica, devido ao aumento da industrialização e utilização de combustíveis fósseis.

Resposta:

Opção correta: (B).

Na atmosfera terrestre existem gases capazes de impedir que parte da radiação emitida pela Terra passe para o espaço e, assim, se manter a sua temperatura em valores adequados para a manutenção das formas de vida que existem na Terra.

Estima-se que a temperatura média do planeta é de 15 °C. Sem o efeito estufa, a temperatura seria de -18 °C, ou seja, 33 °C abaixo da média atual.

Embora seja um fenómeno natural, o efeito estufa tem sido intensificado nos últimos anos devido ao aumento da concentração de gases com efeito estufa na atmosfera provocado por atividades humanas.

4. A opção que apresenta gases que são responsáveis pelo efeito estufa é
- (A) CO₂, O₂, H₂O_(vapor) e N₂O.
 - (B) CO₂, N₂, CH₄ e H₂O_(vapor).
 - (C) CO₂, CH₄, CFCs e N₂O.
 - (D) CO₂, Ar, N₂ e compostos fluoretados.

Resposta

Opção correta: (C).

São exemplos de gases que contribuem para o efeito estufa:

CO₂: o dióxido de carbono é o principal gás do efeito estufa libertado por atividades que utilizam a queima combustíveis fósseis.

CH₄: o metano é o segundo maior contribuinte do efeito estufa, que pode ser libertado na atmosfera na decomposição de lixo orgânico em aterros sanitários e também de fontes naturais, como na digestão de ruminantes.

CFCs: os clorofluorcarbonetos são exemplos de compostos fluoretados utilizados principalmente em atividades industriais, como em sistemas de refrigeração.

N₂O: o óxido nitroso é libertado para a atmosfera devido ao uso de fertilizantes nitrogenados e por bactérias no solo.

H₂O_(vapor): a interação das moléculas de água na forma de vapor presentes na atmosfera são um dos maiores contribuintes para o efeito estufa natural.

Dinitrogénio (N₂), dióxigénio (O₂) e árgon (Ar) estão presentes na atmosfera, mas não contribuem para o efeito estufa.

5. Analise as afirmações seguintes sobre as consequências da intensificação do efeito estufa.

- I. O aquecimento global é uma consequência do aumento da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera.
- II. Quanto maior for a temperatura média da Terra, haverá o aumento do nível dos mares devido ao degelo do gelo continental.
- III. As mudanças climáticas podem afetar o equilíbrio e aumentarão os casos de desastres naturais, como inundações, furacões e desertificação.
- IV. A segurança alimentar será afetada, pois com a escassez de recursos naturais, a produção de alimentos e a pesca poderão ser comprometidos.

As afirmações que estão corretas são

- (A) I e II.
- (B) I, II e III.
- (C) II, III e IV.
- (D) I, II, III e IV.

Resposta

Opção correta: (D).

Quanto maior a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, maior será a capacidade da atmosfera reter a radiação emitida pela Terra e, consequentemente, potenciar o aquecimento global. Com o aumento da temperatura média da Terra, o equilíbrio natural pode ser perturbado e como consequências podem vir a ocorrer:

- O aumento do nível dos mares devido ao degelo do gelo continental;
- Aumento de desastres naturais, como inundações, furacões, desertificação, extinção de espécies e ondas migratórias;
- Escassez de recursos naturais e comprometimento da produção de alimentos e da pesca.

MÓDULO 1
INQUIRYGASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ATIVIDADE 4

Neste documento deves descrever o que já sabes sobre um assunto - K o que queres saber sobre o assunto - W e o que aprendeste sobre o mesmo - L, fazendo referência à caracterização da molécula de dióxido de carbono e uma síntese da informação recolhida.

K (O que eu sei)	W (O que quero saber)	L (O que aprendi)

MÓDULO 1
INQUIRY

GASES E DISPERSÕES

GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ATIVIDADE 4

Neste documento deves descrever o que já sabes sobre um assunto - K o que queres saber sobre o assunto - W e o que aprendeste sobre o mesmo - L, fazendo referência à caracterização da molécula de dióxido de carbono e uma síntese da informação recolhida.

K (O que eu sei)	W (O que quero saber)	L (O que aprendi)
- O dióxido de carbono, CO₂, é constituído por um átomo de carbono, ¹²₆C, e dois átomos de oxigénio, ¹⁶₈O. - Ambos os elementos têm isótopos e pertencem ao 2.º período da TP, grupo 14 e 16 respetivamente, cujas configurações eletrónicas são: C 1s² 2s² e O 1s² 2s² 2p² - A sua massa molar é 44,01 g mol⁻¹. - É um gás à temperatura ambiente. - Na molécula de CO₂ o C estabelece uma ligação covalente dupla com cada átomo de O, apresentando 8 eletrões ligantes e 8 eletrões não ligantes (p.130). - Estrutura de Lewis  (p.130). - A molécula tem geometria linear, não existem eletrões de valência não ligantes no átomo de carbono (p.136). - A molécula apresenta duas ligações polares C=O no entanto a molécula é apolar (p.139). - As moléculas estabelecem ligações de van de Waals do tipo forças de dispersão de London (pp. 151 e 152). 1 mol de CO₂ nas condições PTN ocupa o volume de 22,4 md³ mol⁻¹ (p.168). - É o um gás de efeito de estufa.	- A composição da troposfera terrestre. - O dióxido de carbono, CO₂, é um gás essencial e/ou poluente. - A evolução da concentração de CO₂ na atmosfera da Terra. - Alternativas para minorar as emissões deste gás. - A influência do degelo no nível médio da água do mar. - A relação entre a atividade experimental (o degelo) e a concentração de CO₂ na atmosfera.	...

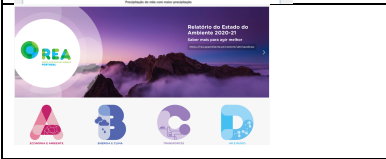
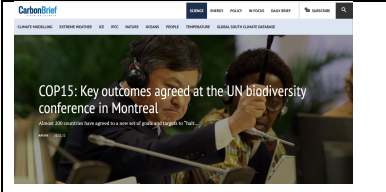
GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ATIVIDADES

1. Após a apresentação do professor da questão de investigação responda às questões que se seguem:
 - 1.1. Qual a cidade portuguesa que te parece ter o ar mais poluído? E o país da União Europeia?
 - 1.2. Indique duas ações individuais que podemos adotar para melhorar o ar que respiramos?

Registe a resposta à primeira questão na nuvem de palavras e à segunda questão no caderno diário.
2. Durante a visualização do vídeo do YouTube: [Air pollution 101 \(National Geographic\)](#) responda às seguintes questões, no caderno diário:
 - 2.1. Quais são os tipos de poluição referidos no vídeo?
 - 2.2. Qual a solução proposta para diminuir a poluição do ar?
 - 2.3. Quais as vantagens da redução da poluição do ar, referidas no vídeo?
3. Agora que já está familiarizado com os tópicos em estudo, pesquise individualmente e selecione informação sobre:
 - a composição da troposfera terrestre;
 - o dióxido de carbono, CO₂, identificando-o como um gás essencial e/ou poluente;
 - a evolução da concentração de CO₂ na atmosfera da Terra;
 - alternativas para minorar as emissões deste gás.
4. Junte-se ao seu grupo de trabalho e de forma colaborativa:
 - caracterizem a molécula de CO₂ (o que já sabem sobre o CO₂);
 - partilhem os conhecimentos adquiridos na pesquisa individual;
 - procedam ao tratamento da informação recolhida;
 - registem no documento do google docs disponibilizado pelo professor, a caracterização da molécula e a síntese da informação recolhida.

Para auxílio na execução da investigação, dando resposta à questão-problema, sugere-se a leitura de livros/revistas/manuais escolares e a exploração dos conteúdos nos seguintes links:

	https://www.eea.europa.eu/pt/themes/air/intro
	https://www.apambiente.pt/ar-e-ruído/poluicao-do-ar
	https://www.globalcarbonproject.org/
	https://www.ipma.pt/pt/oclima/gases.estufa/
	https://www.pordata.pt/subtema/portugal/poluicao+atmosfera+e+clima-86
	https://rea.apambiente.pt/
	http://qualar.apambiente.pt
	https://www.carbonbrief.org/science/

GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

ATIVIDADES

5. Atividade experimental – “A influência do degelo no nível médio da água do mar”:
 - formulem hipóteses para os resultados da atividade experimental;
 - analisem os resultados experimentais;
 - reflitam sobre a relação entre esta atividade com a concentração de CO₂ na atmosfera;
 - adicionem ao documento disponibilizado pelo professor os resultados obtidos e as conclusões a que chegaram com a realização da atividade experimental.
6. Respondam, individualmente, ao questionário disponibilizado no Google classroom, que se destina a uma avaliação formativa das aprendizagens realizadas.
7. Em pequeno grupo de trabalho façam abordagem a um dos problemas socio-científicos relacionados com o ambiente: aquecimento global, nevoeiro fotoquímico, chuvas ácidas, atmosfera de parques automóveis subterrâneos, pesquisando sobre outros gases poluentes e alternativas para minorar as suas emissões.
8. Elaborem um documento em suporte digital e/ou papel (poster, manifesto, notícia, panfleto, brochura, vídeo, entrevista, cartoon, apresentação power-point ...), para apresentação oral na turma e exposição interativa para partilha com a comunidade educativa.

MÓDULO 1
INQUIRY

GASES E DISPERSÕES
GASES NA ATMOSFERA – ESSENCIAIS OU POLUENTES?

CHECKLIST – Estou preparado?

Esta lista de verificação de avaliação permite determinar se está preparado para a sua apresentação oral.

- ☐ Gosto do meu tema e sou um especialista nesta área.
- ☐ Sei quando é a minha vez de apresentar.
- ☐ Pratiquei minha apresentação oral.
- ☐ Cronometrei minha apresentação.
- ☐ Pratiquei o contato visual.
- ☐ Verifiquei todos os equipamentos que preciso de utilizar.
- ☐ Tenho um plano alternativo caso a tecnologia não esteja disponível.
- ☐ Antecipei as perguntas do meu público (colegas e professor).
- ☐ Tenho praticado responder a perguntas.
- ☐ Considerei e adicionei todas as fontes de informação utilizadas.
- ☐ Tenho recursos visuais interessantes, claros e fáceis de ler.
- ☐ Considerei como envolver o público durante a apresentação.
- ☐ Tenho uma conclusão clara e, com a respondo à questão problema.
- ☐ Analisei os critérios de avaliação.

Após a apresentação oral aos seus colegas da turma deve refletir sobre as seguintes questões:

- Que estratégias usei para atrair e manter a atenção do meu público que posso usar novamente?
- O que é que eu faria diferente na minha próxima apresentação?

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

MÓDULO 1
INQUIRY

Grupos do Gelo Continental (GC)

Título da atividade - A influência do degelo no nível médio da água do mar.

Questão problema: Qual o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares tem no nível médio da água do mar?

Materiais:

- Água
- Cubos de gelo
- Gobelés
- Pedras de pequenas dimensões
- Pinça
- Papel absorvente



<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandereportagens/1447-relatorio-especial-antarctica-a-crise-do-gelo>

Procedimento:

O GC corresponde ao gelo que existe sobre os continentes. O GC está presente na Gronelândia e na Antártida. Existe um debate acerca das causas do degelo do GC, havendo quem considere que o mesmo se deve às alterações climáticas. Nesta atividade irão investigar o impacte deste degelo (da fusão do GC) relativamente ao nível médio do mar. Para tal utilizarão uma pedra como modelo de um continente, um cubo de gelo e água da torneira simulando, respetivamente o GC (glaciar) e a água do mar.

1. Discutam, em grupo, o efeito da fusão do GC sobre o nível do mar: será que o degelo afeta o nível do mar, e se sim, como? Partilhem as vossas ideias, i.e., as vossas hipóteses, com o vosso grupo par (um dos grupos GM).
2. Coloquem uma pedra no fundo do gobelé e adicionem água quente até à marca dos 40 ml. Coloquem agora um cubo de gelo sobre a pedra. Através deste dispositivo conseguimos modelar o gelo continental sem que exista um contato direto do gelo com a água do mar e, portanto, sem flutuar sobre ela (certifiquem-se que o gelo não toca na água).
3. Deixem o gelo fundir. Depois do gelo ter fundido, total ou parcialmente, discutam:
 - a) O que aconteceu com o gelo que fundiu?
 - b) Qual seria o seu efeito sobre o oceano?
4. Comparem os vossos resultados com o grupo GM que faz par convosco e discutam, em conjunto, as diferenças verificadas nos resultados obtidos.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Grupos do Gelo Marinho (GM)

Título da atividade - A influência do degelo no nível médio da água do mar.

Questão problema: Qual o efeito que o degelo do gelo marinho e dos glaciares tem no nível médio da água do mar?

Materiais:

- Água
- Cubos de gelo
- Gobelés
- Pinça
- Papel absorvente



<https://nationalgeographic.pt/natureza/grandereportagens/1447-relatorio-especial-antarctica-a-crise-do-gelo>

Procedimento:

O GM corresponde ao gelo que se forma a partir da água do mar quando a temperatura é suficientemente baixa. Este aumenta e diminui a sua espessura de acordo com as estações do ano. Nesta atividade irão investigar o efeito do degelo do GM sobre o nível da água do mar. Um cubo de gelo simulará o GM e a água da torneira simulará a água do mar.

1. Discutam, em grupo, se o degelo do gelo marinho afetará o nível da água do mar, e se sim, como? Partilhem as vossas ideias, i.e., as vossas hipóteses, com o vosso grupo par (um dos grupos GC).
2. Coloquem um cubo de gelo no fundo do gobelé e acrescentem água quente até à marca dos 40 ml.
3. Deixem o gelo fundir. Depois do gelo ter fundido, total ou parcialmente, discutam:
 - a) O que aconteceu com o gelo que fundiu?
 - b) Qual seria o seu efeito sobre o oceano?
4. Comparem os vossos resultados com o grupo GC que faz par convosco e discutam em conjunto as diferenças verificadas nos resultados obtidos.

Anexo 4 – Material de apoio ao Módulo 2 – “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”

- Apresentação aos alunos
- Guião do professor (que inclui as rubricas de avaliação)
- Atividades Laboratoriais
- Atividade Prática de Sala de Aula
- Atividade Prática de Sala de Aula - resolução



SUMÁRIO

Reações químicas.

Energia de ligação.

Trabalho de investigação.

APRENDIZAGENS ESSENCIAIS



Interpretar as reações químicas em termos de quebra e formação de ligações.



Explicar, no contexto de uma reação química, o que é um processo exotérmico e endotérmico.

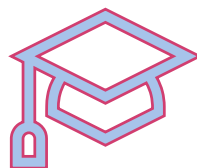


Designar a variação de energia entre reagentes e produtos como entalpia, interpretar o seu sinal e reconhecer que, a pressão constante, a variação de entalpia é igual ao calor trocado com o exterior.



Relacionar a variação de entalpia com as energias de ligação de reagentes e de produtos.

TIPO DE INVESTIGAÇÃO



Este módulo de ensino das ciências baseada em investigação privilegia a **abordagem guiada**.

CONCEITOS ABORDADOS

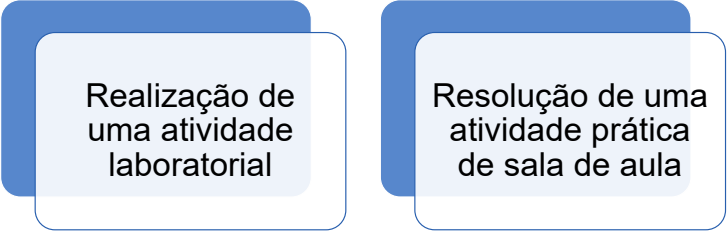
Reação química

Processo endotérmico e exotérmico

Reações endotérmicas e exotérmicas

Variação de entalpia

BREVE DESCRIÇÃO DO MÓDULO



Realização de
uma atividade
laboratorial

Resolução de uma
atividade prática
de sala de aula

BREVE DESCRIÇÃO DO MÓDULO

Elaboração de uma **notícia, infografia, podcast, vídeo**, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

CALENDÁRIO



09 de março

- Apresentação do tema da investigação.
- Realização de uma atividade laboratorial
- Pesquisa e seleção de informação
- Resolução APSA



14 de março

- Conclusão da investigação
- Apresentação dos produtos finais
- Avaliação

ENVOLVIMENTO

tema > Mundo

Europa: depois da crise do gás natural, vem aí a crise do diesel? Entenda

Aumento no valor do combustível deve ser de 40% devido à redução das importações da Rússia e imposição de teto de preços, segundo estimativas da consultoria Kpler

07.06

Principais Ministros | Gabinete | Área de Governo | Constituição | Conselho Público | Portugal

Notícias | Opinião | Economia | Mundo

2022-03-09 15:00

Europa deve superar dependência do gás natural

O Ministério da Economia da Alemanha, Christian Lindner, afirmou que a Europa deve trabalhar na diversificação das fontes de energia e superar a sua dependência do gás natural, especialmente a partir da Rússia, que é o maior produtor mundial de gás natural.

O ministro da Energia da Alemanha, Robert Habeck, afirmou que a Alemanha não pode depender do gás natural da Rússia, pois isso seria uma ameaça à segurança energética do país.

António Costa diz que a Europa deve superar a dependência do gás natural da Rússia, mas que isso não deve ser feito à custa da segurança energética.

Ministro da Economia da Alemanha, Christian Lindner

euronews.

My Europe | Mundo | Economia | Desporto | Green | Tech | Viagens | Cultura | Vídeo | Proj

Home > My Europe > World > Europe > A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito (GNL)

my.europe

A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito (GNL)

07.06

ULTIMOS | VÍDEOS | QUÊ É | POLÍCIA NA TV | Alexandre Reis | COMENTÁRIOS | PRÓXIMO

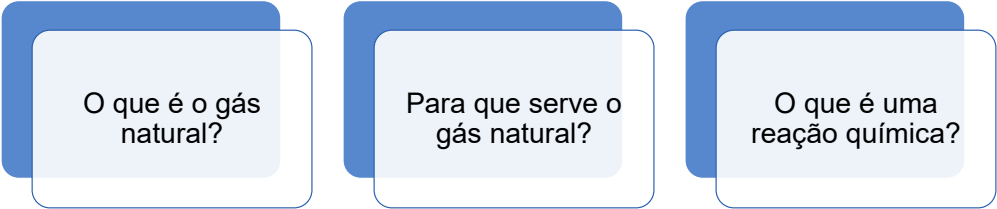
Como pode a Europa fugir à dependência energética do gás natural vindo da Rússia?

ECONOMIA | MERCADOS | EMPRESAS | BANCA | TRABALHO E EMPREGO | CONSULTORIA | FINANÇAS PÚBLICAS | INTERNACIONAL

“Dependência da Europa do gás natural russo é extremamente complicada”

O economista Abel Matos considera que a dependência europeia do gás russo é “um problema gravíssimo”, para o qual não existe “solução no curto, nem no médio prazo”, numa altura em que os preços da energia dispararam na zona euro.

ENVOLVIMENTO



O que é o gás natural?

Para que serve o gás natural?

O que é uma reação química?

QUESTÃO PROBLEMA:

**EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA
ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?**

Para auxiliar a investigação dando resposta à questão-problema devem explorar os conteúdos nos seguintes links:

- <https://www.publico.pt/2022/12/15/azul/noticia/podcast-azul-hidrogenio-verde-2031624>
- <https://www.publico.pt/2023/01/14/azul/perguntaserespostas/serve-hidrogenio-verde-2034140>
- <https://www.publico.pt/2023/02/25/infografia/espera-hidrogenio-verde-745>
- <https://www.publico.pt/2023/01/12/azul/noticia/podcast-azul-desafios-transicao-energetica-dilema-2034749>
- <https://eco.sapo.pt/opiniao/hidrogenio-verde-como-quando-e-a-que-custo/>



TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

Obrigada pela vossa atenção

TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?

Aprendizagens essenciais

Interpretar as reações químicas em termos de quebra e formação de ligações.

Explicar, no contexto de uma reação química, o que é um processo exotérmico e endotérmico.

Designar a variação de energia entre reagentes e produtos como entalpia, interpretar o seu sinal e reconhecer que, a pressão constante, a variação de entalpia é igual ao calor trocado com o exterior.

Relacionar a variação de entalpia com as energias de ligação de reagentes e de produtos.

Áreas de competências inscritas no *Perfil dos Aluno à Saída da Escolaridade*

Linguagens e textos, Informação e comunicação, Raciocínio e resolução de problemas, Pensamento crítico e pensamento criativo, Relacionamento interpessoal, Desenvolvimento pessoal e autonomia, Bem-estar, saúde e ambiente, Sensibilidade estética e artística, Saber científico, técnico e tecnológico e Consciência e domínio do corpo (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J).

Tipo de investigação

Este módulo de ensino das ciências baseada em investigação privilegia a abordagem guiada. Os alunos trabalham de forma colaborativa, em grupos de 3 ou 4 elementos.

Duração

4 aulas (200 minutos)

Conceitos abordados

Reação química

Processo endotérmico e exotérmico

Reações endotérmicas e exotérmicas

Variação de entalpia

Este tema permite mobilizar conhecimentos do 8.º ano (Domínio reações químicas) e das aulas anteriores de 10.º ano, como a energia de ligação para enquadrar e estruturar as novas aprendizagens.

Breve descrição do módulo

Este módulo é uma proposta de um processo de ensino-aprendizagem para o estudo das transformações químicas, nomeadamente, reações químicas e energia de ligação, proporcionando uma participação ativa dos alunos na construção do seu conhecimento, através da sua intervenção direta numa investigação.

Os alunos realizam uma atividade laboratorial e uma atividade prática de sala de aula para, assim, responderem à questão-problema colocada. O módulo procura o desenvolvimento de competências, capacidades e atitudes, centrais no perfil dos alunos, preconizadas no PASEO (Martins et al., 2017).

Inicia-se o módulo com a exploração de notícias e debate sobre a dependência da Europa do gás natural e uma investigação sobre a combustão do metano, promovendo-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável.

No final é proposto aos alunos a elaboração de uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

Atividades

Este módulo considera o modelo adaptado por Reis e Marques dos 7E (Reis & Marques, 2016, pp 25-27).

Fase		Resumo
Envolvimento	Aula 1	Apresentação de títulos de jornais, revistas, notícias online com enfoque na dependência da Europa do gás natural. Em diálogo com os alunos levantar questões “O que é o gás natural?”, “Para que serve o gás natural?”, “O que é uma reação química?”, para identificar os conhecimentos prévios dos alunos relativos às reações químicas e à Lei de Lavoisier já estudados no 3.º ciclo do ensino básico. Apresentar a questão-problema, “Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?”, para despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões parcelares a investigar.
Exploração Explicação	Aula 1 Aula 2	Realizar duas atividades experimentais para identificar reações endotérmicas e exotérmicas. Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de se envolver diretamente com os fenómenos e materiais relacionados com o(s) tópico(s) de investigação - questionando, analisando dados e refletindo sobre os resultados. Realizar uma atividade prática de sala de aula na qual os alunos calculam balanços enérgicos. Promover uma discussão com os pares e com o professor sobre o que aprenderam. Este momento permite ao professor introduzir e explorar mais aprofundadamente os conceitos científicos - promovendo uma maior compreensão por parte dos alunos, o que lhes permitirá explicar com maior facilidade e rigor o que aprenderam.
Ampliação	Aula 2	Estudo da reação de combustão do hidrogénio em termos energéticos. Pesquisa e seleção de informação para determinação do balanço energético da reação direta e inversa, mobilizando assim o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), a novas situações.
Partilha e ativismo	Aula 3 Aula 4	Elaborar uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade educativa.
Avaliação	Aula 4	Presente ao longo da concretização das restantes etapas – feedback oral e escrito. Avaliação dos produtos finais – auto e heteroavaliação.

ENVOLVIMENTO (Aula 1 - 20 minutos)

Home • Mundo

Europa: depois da crise do gás natural, vem aí a crise do diesel? Entenda

Aumento no valor do combustível deve ser de 40% devido à redução das importações da Rússia e imposição de teto de preços, segundo estimativas da consultoria Kpler

REPÚBLICA PORTUGUESA XXIII GOVERNO

Notícias

2022-04-13 às 17h14

Europa deve superar dependência do gás natural

O Ministro da Economia e do Mar, António Costa Silva, afirmou que a Europa deve apostar na diversificação das fontes de energia e superar a sua dependência do gás natural nomeadamente investindo na produção de energias renováveis, «nas quais» exemplo, e reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis.

O Ministro que intervinha no lançamento da segunda edição da Call INNOV-IE no Instituto Pedro Nunes, em Coimbra, disse que «esta iniciativa não podia ter em conta o que se passa na Europa e no mundo», na sequência da intervenção das forças militares russas, pois os seus resultados poderão ajudar o País a reforçar a inovação.

António Costa Silva disse que «é altura de passar do modelo (já desenvolvido) baixos salários, em que o País se tem arrastado, para um modelo assente na transferência de conhecimento, havendo condições para alcançar esse des

euronews.

My Europe Mundo Economia Desporto Green Next Viagens Cultura Vídeo Prog

Home > My Europe > Doçificar a Europa > A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito (GNL)

my.europe DECOFIRAR A EUROPA

A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito (GNL)

CNN PORTUGAL

Mundo Europa E.U.A. Ásia África Brasil Médio Oriente

ULTIMAS VIDEOS GUERRA Ao minuto POLEMICA NA TAP Alexandra Reis COMBUSTIVEIS Preços

Como pode a Europa fugir à dependência energética do gás natural vindo da Rússia?

ENERGIA

“Dependência da Europa do gás natural russo é extremamente complicada”

O economista Abel Mateus considera que a dependência europeia do gás russo é “um problema gravíssimo”, para o qual não antevê “solução no curto, nem no médio prazo”, numa altura em que os preços da energia dispararam na zona euro.

Para despertar a curiosidade dos alunos e identificar as conceções prévias, o professor inicia as atividades de aprendizagem apresentando títulos de jornais, revistas, notícias online com enfoque na dependência da Europa do gás natural e em discussão em grande grupo, vai colocando as seguintes questões:

1. O que é o gás natural?
2. Para que serve o gás natural?
3. O que é uma reação química?

Estas questões permitem identificar os conhecimentos prévios dos alunos relativos às reações químicas e Lei de Lavoisier já estudados no 3.º ciclo do ensino básico.

Apresentar a questão-problema, “**Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?**”, para despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões parcelares a investigar.

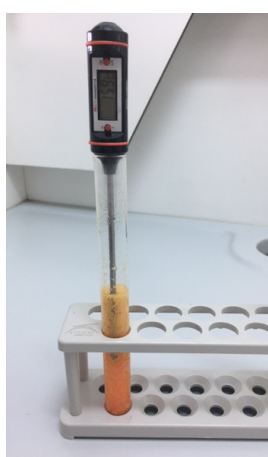
Após um breve debate/discussão sobre as respostas dadas, pelos alunos, o professor projeta o vídeo disponível no YouTube: [A aposta Europeia no Gás Natural Liquefeito \(GNL\)](#) para familiarizar os alunos com alternativas ao gás natural.

EXPLORAÇÃO, EXPLICAÇÃO E AMPLIAÇÃO (Aulas 1 e 2 30 + 50 minutos)

Realização da atividade experimental – O que são reações endotérmicas e exotérmicas? (Anexo 1)

O objetivo desta atividade experimental é os alunos identificarem reações exotérmicas e reações endotérmicas. Esta atividade experimental é uma adaptação da atividade “Exothermic and Endothermic Reactions” https://www.beyondbenign.org/curriculum_topic/hs-thermodynamics/ Acedido em 07-02-2023.

A primeira parte da atividade utiliza a catalase, uma enzima comum encontrada em quase todos os organismos vivos. Quando a catalase é exposta ao oxigênio, ela catalisa a decomposição do peróxido de hidrogénio em água e oxigênio. (Reação exotérmica $T_{\text{final}} > T_{\text{inicial}}$)



Na segunda parte, os alunos vão verificar como a temperatura varia durante o processo de reação do ácido cítrico ou do ácido ascórbico com a água. (Reação endotérmica $T_{\text{final}} < T_{\text{inicial}}$)

Os alunos, em grupo, formulam hipóteses para os resultados da atividade experimental, realizam a atividade, analisam e refletem sobre os resultados experimentais.

No final da atividade experimental o professor deve estimular os alunos a expressarem-se e a enfatizarem as observações e resultados da experiência. Os registos e as respostas às questões devem ser registados no caderno diário.

Neste ponto, o professor tem a oportunidade de dar feedback aos alunos em relação ao desenvolvimento da investigação, corrigir eventuais erros e discutir com eles que nas reações, além da transformação de matéria, podem ocorrer trocas de energia com a vizinhança.

A Avaliação desta atividade experimental é direcionada a avaliar as competências procedimentais dos alunos, devendo focar-se na capacidade de formulação de hipóteses, desenvolvimento das tarefas experimentais e de análise e interpretação dos resultados.

Realização, em grupo, de uma atividade prática de sala de aula, na qual os alunos efetuam balanços energéticos. (Anexo 2)

Os alunos percorrendo as diferentes etapas propostas pelo professor, determinam a variação de entalpia da reação de combustão do metano.

Após a discussão com o professor sobre a informação tratada nesta fase e tendo em vista a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos a novas situações análogas, sugere-se a cada grupo de trabalho o estudo da reação de combustão do hidrogénio em termos energéticos.

Pesquisa e seleção de informação para determinação do balanço energético da reação direta e inversa, mobilizando assim o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), a novas situações.

PARTILHA E ATIVISMO (Aulas 3 e 4 – 90 minutos)

Por fim, cada grupo elabora uma notícia, infografia, podcast, vídeo, com vantagens e desvantagens sobre o hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade educativa.

O professor sempre que possível, deve promover a utilização de ferramentas digitais partilhadas por todos os elementos do grupo que permitam a edição em simultâneo do documento, como por exemplo, Google docs, Google slides, Google sites, ferramentas office 365, Canva, Genially, entre outros.

Para auxiliar os alunos na execução da investigação dando resposta à questão-problema pode sugerir-se a exploração dos conteúdos nos seguintes links:

<https://www.publico.pt/2022/12/15/azul/noticia/podcast-azul-hidrogenio-verde-2031624>
<https://www.publico.pt/2023/01/14/azul/perguntaserepostas/serve-hidrogenio-verde-2034140>
<https://www.publico.pt/2023/02/25/infografia/espera-hidrogenio-verde-745>
<https://www.publico.pt/2023/01/12/azul/noticia/podcast-azul-desafios-transicao-energetica-dilema-2034749>
<https://eco.sapo.pt/opiniao/hidrogenio-verde-como-quando-e-a-que-custo/>

AVALIAÇÃO (Aula 4 – 10 minutos)

Ao longo do desenvolvimento do módulo criam-se diferentes momentos de avaliação recorrendo a instrumentos diversificados, sendo privilegiada a avaliação formativa dos alunos.

No sentido de permitir aos alunos um melhor desempenho, são-lhes fornecidas, previamente, a grelha de avaliação relativa ao produto final para a partilha com a comunidade (adaptado de Reis & Marques, 2016).

Rubricas de avaliação

CRITÉRIOS		Níveis de desempenho			
		4	3	2	1
Conhecimento	Correção científica	Objeto revelador de um excelente domínio de conceitos e informações	Objeto sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos ou das informações	Objeto com algumas incorreções ao nível dos conceitos ou das informações	Objeto com várias incorreções ao nível dos conceitos ou das informações
	Conhecimentos	O produto integra todos conhecimentos desenvolvidos.	O produto integra alguns conhecimentos desenvolvidos.	O produto integra poucos conhecimentos desenvolvidos.	O produto não integra conhecimentos que deveriam ter sido desenvolvidos.
Comunicação	Qualidade da ilustração	Apresenta uma ilustração cuidada, com os elementos essenciais em grande destaque, ajudando a clarificar o tema.	Apresenta uma ilustração cuidada, com alguns dos elementos essenciais e relacionada com o tema.	Apresenta uma ilustração feita de forma pouco cuidada, com alguns elementos relativos aos conteúdos essenciais, mas relacionada com o tema.	Apresenta uma ilustração feita de forma pouco cuidada, com poucos elementos relativos aos conteúdos essenciais, mas relacionada com o tema.
	Aspeto Gráfico	Objeto muito apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto moderadamente apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto pouco apelativo do ponto de vista gráfico	Objeto nada apelativo do ponto de vista gráfico
	Clareza e objetividade	Texto claro, objetivo e com evidenciação dos aspetos fundamentais	Texto claro, mas com alguns aspetos supérfluos	Texto claro, mas pouco objetivo; Foram apresentados muitos aspetos supérfluos	Texto pouco claro, pouco objetivo e sem evidenciação dos aspetos fundamentais

Referências bibliográficas

- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education*, 29(2), 443-463.
- Lopes, J., & Silva, H. S. (2012). 50 Técnicas de avaliação formativa. *Lisboa: Lidel*.
- Marfilinda, R., Rossa, R., Jendriadi, J., & Apfani, S. (2020). The Effect of 7E Learning Cycle Model toward Students' Learning Outcome of Basic Science Concept. *Journal of teaching and learning in elementary education (JTLEE)*, 3(1), 77-87.
- Martins, G. D. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J., Pedroso, J. V., Camilo, J. L. A., Silva, L. M. U., ... & Rodrigues, S. M. C. V. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.

Reis, P., & Marques, A. R. (2016). A investigação e inovação responsáveis em sala de aula. *Módulos de ensino IRRESISTIBLE*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Exothermic and Endothermic Reactions (2017). Acedido em: 07, fevereiro, 2023, https://www.beyondbenign.org/curriculum_topic/hs-thermodynamics/

TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?

ANEXO 1

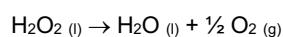
ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Objetivo geral: Identificação reações exotérmicas e reações endotérmicas.

Tempo: A atividade experimental desenvolve-se em cerca de 30 minutos.

Parte I

Questão problema: Como é que varia a temperatura durante o processo de decomposição do peróxido de hidrogénio?

**Materiais e reagentes:**

- | | |
|---|--|
| • 2 pedaços de batata do tamanho de uma ervilha | • Cronómetro |
| • Pipeta volumétrica de 5,00 mL | • H ₂ O ₂ a 3 % (10 volumes) |
| • Pompete ou macrocontrolador | • Suporte de tubos de ensaio |
| • Tubos de ensaio (16 x 125 mm) | • Papel absorvente |
| • Termómetro | |

Segurança:

- | | |
|---------------|---|
| • Usar bata. | • Cuidado ao manusear o peróxido de hidrogénio. |
| • Usar luvas. | • Respeitar as regras gerais de segurança. |

Procedimento:

1. Coloque o tubo de ensaio no suporte de tubos de ensaio.
2. Meça 5 mL de H₂O₂ (água oxigenada) e verta-a no tubo de ensaio.
3. Coloque um termómetro no tubo de ensaio e registe a temperatura inicial na tabela de dados.
4. Adicione os dois pedaços de batata ao tubo de ensaio.
5. Registrar a temperatura a cada 30 segundos na tabela de dados até aos 3 minutos.
6. Limpe e arrume a bancada (os resíduos não são perigosos; os sólidos podem ser despejados no lixo e os líquidos na banca).

Registos de dados:

Instrumento de medida	Incerteza de leitura
Pipeta volumétrica	
Termómetro	
Cronómetro	

Tabelas de dados

			Tempo / s					
	Temperatura inicial / °C	Observação após a adição da batata	30	60	90	120	150	180
Tubo de ensaio H ₂ O ₂								

Questões pós-laboratorial

1. Discutam, em grupo:

Ocorreu uma reação exotérmica ou endotérmica no tubo de ensaio? Porquê?

Parte II

Questão problema: Como é que varia a temperatura durante o processo de reação do ácido ascórbico com a água?

Materiais e reagentes:

- 1 tubo de ensaio
- Suporte de tubos de ensaio
- 2 g de comprimido efervescente (vitamina C)
- Termómetro
- 10 mL de água (temperatura ambiente)
- Proveta de 10 mL
- Cronómetro
- Papel absorvente

Segurança:

- Usar bata.
- Cuidado ao manusear o material.
- Respeitar as regras gerais de segurança.

Procedimento:

1. Coloque o tubo de ensaio no suporte de tubos de ensaio.
2. Meça 10 mL de água e verta-a para o tubo de ensaio.
3. Coloque o termómetro na água e registre a temperatura inicial na tabela de dados.
4. Adicione rapidamente a 2 g do comprimido efervescente. Não é necessário que o comprimido se dissolva totalmente na água.
5. Registe na tabela de dados a temperatura em intervalos de 20 segundos até aos 60 segundos, depois em intervalos de 30 segundos até atingir 180 segundos.
6. Limpe e arrume a bancada (os resíduos não são perigosos; os sólidos podem ser deitados no lixo e os líquidos para o esgoto).

Registos de dados:

Instrumento de medida	Incerteza de leitura
Proveta	
Termómetro	
Cronómetro	

Tabelas de dados

Tempo / s	0	20	40	60	90	120	150	180
Temperatura / °C								

Questões pós-laboratoriais

1. Discutam, em grupo:
A reação que ocorreu no tubo de ensaio é exotérmica ou endotérmica? Porquê?
2. Como se pode explicar a diferente evolução da temperatura do sistema durante a ocorrência das reações químicas.

Conclusão:

Defina reações exotérmicas e endotérmicas e descreva como estas atividades experimentais demonstram um ou ambos os processos.

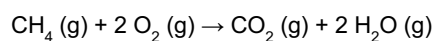
TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS

EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?

ANEXO 2

ATIVIDADE PRÁTICA DE SALA DE AULA

1. Determine a variação de entalpia da reação de combustão do metano, a partir das etapas abaixo apresentadas.



- 1.ª Etapa - Identifique as ligações existentes em cada uma das moléculas presentes na reação química representada.

- 2.ª Etapa – Calcule a energia absorvida na rutura das ligações químicas nos reagentes.

- 3.ª Etapa – Calcule a energia libertada na formação das novas ligações químicas nos produtos.

- 4.ª Etapa – Faça o balanço energético da reação.

$$\Delta H = \sum E_{\text{lig}} (\text{reagentes}) - \sum E_{\text{lig}} (\text{produtos})$$

Conclusão:

Esta reação é _____. A energia _____ para a rutura das ligações químicas dos reagentes é _____ à energia _____ na formação das novas ligações químicas dos produtos. Há libertação de energia do sistema reacional, apresentando uma variação de entalpia _____.

Assim, uma reação química é o resultado de um processo de rutura de ligações químicas nos reagentes e formação de novas ligações químicas nos produtos da reação.

A rutura das ligações químicas nos reagentes implica _____ de energia e o aumento da energia potencial interna ➡ é um processo _____.

A formação das ligações químicas dos produtos implica _____ de energia e diminuição da energia potencial interna ➡ é um processo _____.

2. A combustão do di-hidrogénio, ocorre em veículos a hidrogénio com formação de vapor de água.

- 2.1. Faça o balanço energético e respetivo diagrama de energia desta reação e da reação inversa (a decomposição da água).



- 2.2. Da alínea anterior pode-se concluir que se uma reação for _____, a sua inversa será _____. As variações de energia da reação direta e da reação inversa são _____.

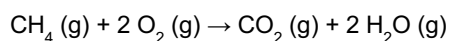
- | | |
|--|---|
| (A) exotérmica ... endotérmica iguais | (C) exotérmica ... exotérmica iguais |
| (B) exotérmica endotérmicas simétricas | (D) endotérmica ... endotérmica simétricas |

TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS
EM QUE MEDIDA O HIDROGÉNIO VERDE PODERÁ SER UMA ALTERNATIVA AO GÁS NATURAL?

ANEXO 2

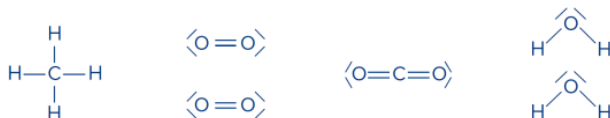
ATIVIDADE PRÁTICA DE SALA DE AULA

1. Determine a variação de entalpia da reação de combustão do metano, a partir das etapas abaixo apresentadas.



- 1.ª Etapa - Identifique as ligações existentes em cada uma das moléculas presentes na reação química representada.

4 ligações C-H, 2 ligações O=O, 2 ligações C=O e 4 ligações O-H.



- 2.ª Etapa – Calcule a energia absorvida na rutura das ligações químicas nos reagentes (p.209).

	Tipo de ligações	Nº de ligações	Energia de ligação / kJ mol ⁻¹	Energia / kJ
Ligações nos reagentes	C-H	4	414	1656
	O=O	2	498	996
	Total			2652

- 3.ª Etapa – Calcule a energia libertada na formação das novas ligações químicas nos produtos.

	Tipo de ligações	Nº de ligações	Energia de ligação / kJ mol ⁻¹	Energia / kJ
Ligações nos produtos	C=O	2	799	1598
	O-H	4	463	1852
	Total			3450

- 4.ª Etapa – Faça o balanço energético da reação.

$$\Delta H = \sum E_{\text{lig}} (\text{reagentes}) - \sum E_{\text{lig}} (\text{produtos})$$

$$\Delta H = 2652 - 3450 = - 798 \text{ kJ}$$

Conclusão:

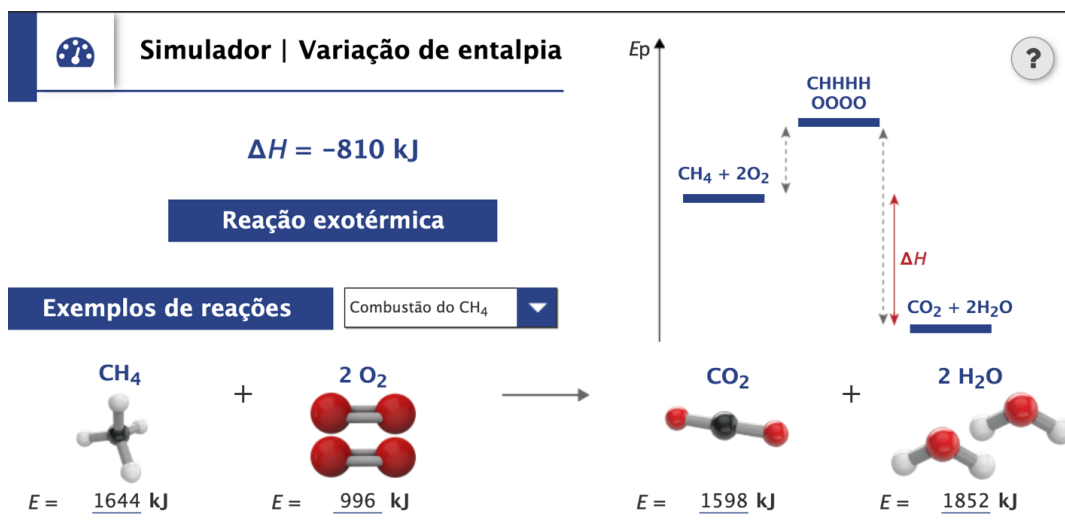
Esta reação é **exotérmica**. A energia **absorvida** para a rutura das ligações químicas dos reagentes é **inferior** à energia **libertada** na formação das novas ligações químicas dos produtos. Há libertação de energia do sistema reacional, apresentando uma variação de entalpia **negativa, $\Delta H < 0$** .

Assim, uma reação química é o resultado de um processo de rutura de ligações químicas nos reagentes e formação de novas ligações químicas nos produtos da reação.

a rutura das ligações químicas nos reagentes implica de energia e o aumento da energia potencial

A rutura das ligações químicas nos reagentes implica **absorção** de energia e o aumento da energia potencial interna $\longrightarrow$ é um processo **endotérmico**.

A formação das ligações químicas dos produtos implica **libertação** de energia e diminuição da energia potencial interna $\longrightarrow$ é um processo **exotérmico**.

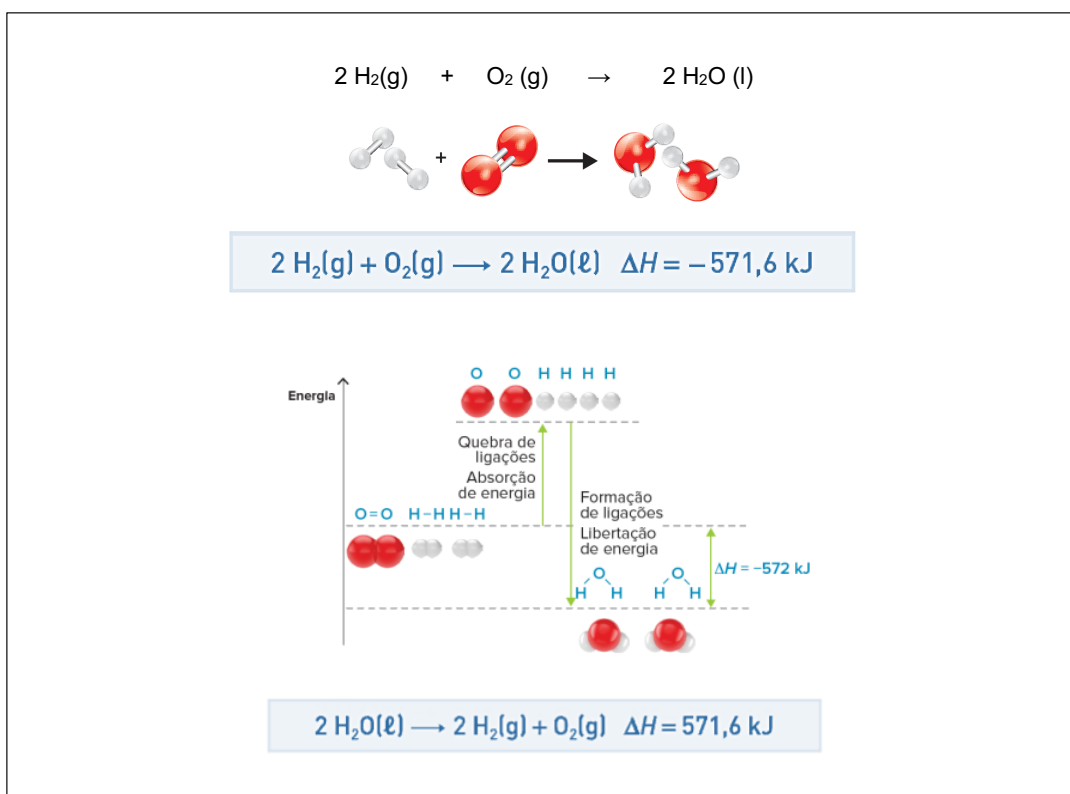


<https://auladigital.leya.com/share/5667bde1-ea3e-4735-a054-8c11041b4641>

<https://auladigital.leya.com/share/5bd6b060-1bb4-4129-aa32-f530e33271dc>

2. A combustão do di-hidrogénio, ocorre em veículos a hidrogénio com formação de vapor de água.

2.1. Faça o balanço energético e respetivo diagrama de energia desta reação e da reação inversa (a decomposição da água) (pp. 203 – 205, 208).



2.2. Da alínea anterior pode-se concluir que se uma reação for _____, a sua inversa será _____. As variações de energia da reação direta e da reação inversa são _____.

(A) exotérmica ... endotérmica iguais

(C) exotérmica ... exotérmica iguais

(B) exotérmica endotérmicas simétricas

(D) endotérmica ... endotérmica simétricas

Anexo 5 – Material de apoio à Atividade 1

- Guião do professor ((que inclui as rubricas de avaliação)
- Guião do aluno (inclui autoavaliação do aluno)

ATIVIDADE DE GRUPO
MASSA E TAMANHO DOS ÁTOMOS

ATIVIDADE 1

Aprendizagens essenciais

Resolver, experimentalmente, problemas de medição de massas e de volumes, selecionando os instrumentos de medição mais adequados, apresentando os resultados atendendo à incerteza de leitura e ao número adequado de algarismos significativos.

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Aluno à Saída da Escolaridade

Linguagens e textos; Informação e comunicação; Raciocínio e resolução de problemas; Pensamento crítico e pensamento criativo; Relacionamento interpessoal; Desenvolvimento pessoal e autonomia e Saber científico, técnico e tecnológico (A, B, C, D, E, F e I).

Competências IBSE

Planear e realizar uma experiência.

Recolher, tratar e analisar dados.

Tirar conclusões.

Atividade

O trabalho é desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos, nas aulas de turno, com momentos previamente definidos para apresentação e discussão em grande grupo.

Duração

2 aulas (100 minutos)

Conceitos abordados

Medição direta e indireta

Incerteza de leitura de uma medida numa medição direta

Algarismos significativos

Erros de medição sistemáticos e aleatórios

Exatidão e precisão de uma medida e erro percentual

Medição de massas e de volumes

Inscrições nos instrumentos de medição

Os alunos devem estar familiarizados com estes conceitos e já ter realizada a AL 1.1. p.42 do manual.

Pré-laboratório

Os alunos são solicitados a fazer uma proposta de planificação de uma AL a partir de um conjunto de materiais e equipamentos apresentados e são informados que não há resposta “certa” ou “errada” para o seu procedimento, registo e tratamento dos dados.

Nota: Esta atividade foi projetada para que os alunos entreguem um “Documento de Resposta”, que é mais fácil de avaliar.

À medida que os alunos planificam a AL, o professor deve andar pela sala e ajudar/orientar os alunos a corrigir quaisquer erros. Se os alunos perguntarem se o que estão a fazer está correto, faça perguntas em vez de os corrigir imediatamente.

Atividade – Conjunto de blocos

Um grupo de alunos encontrou este conjunto de cubos no laboratório da escola.



Questões problema:

Como é que se pode determinar de que material é feito um destes cubos?

Como se deve apresentar corretamente os resultados das medições efetuadas?

Planifique e realize uma atividade laboratorial para dar resposta às questões problema, refletindo sobre as seguintes questões:

- Qual a proposta de procedimento experimental?
- Que medições ou observação são necessárias?
- Qual o material de laboratório e/ou instrumentos de medida mais adequados?
- Como analisar os dados recolhidos e organizá-los?
- Que cálculos devem fazer?
- Como exprimir corretamente os resultados?
- Como identificar o material que constitui o cubo?

MATERIAL E EQUIPAMENTO:

Material e equipamento	Unidades
Balanças de precisões diferentes	2
Proveta de 250 mL	4
Conjunto de cubos	1
Craveira digital	4
Vidro de relógio	4
Esguicho de água	4
Papel absorvente	4

SEGURANÇA

Respeite as regras gerais de segurança do laboratório e as seguintes precauções:

- Usar bata e luvas;
- Manusear o material de vidro com cuidado;
- No final da atividade limpar e arrumar a bancada;
- Lavar as mãos com sabonete e água antes de sair do laboratório.

PROCEDIMENTO:

Poderia recorrer a um instrumento de medição de volumes de líquidos adequado (p. ex. uma proveta na qual o cubo coubesse) e, a partir de um determinado volume de água previamente medido, mergulhar o cubo e verificar a variação de volume ocorrida, que corresponderia ao volume do sólido em estudo. Este procedimento só pode ser aplicado para materiais sólidos cuja densidade seja superior à densidade do líquido utilizado, nesta proposta, a água, caso contrário o sólido flutuaria o que impediria a determinação correta do volume do sólido. Em paralelo seria igualmente necessário medir a massa do sólido para posteriormente se calcular a massa volúmica do material de o constitui.

OU

Medir três arestas do cubo com a craveira e determinar o volume do cubo. Medir a massa do sólido para posteriormente se calcular a massa volúmica do material de o constitui.

Pausa aqui para discussão em sala de aula

Discutir as planificações com os alunos e esclarecer quaisquer equívocos sobre o assunto. É importante chegar a um consenso da turma.

Um membro de cada grupo deve compartilhar a sua planificação enquanto os outros membros do grupo ouvem e criticam as planificações dos outros grupos.

Pode haver a necessidade de questionar o apresentador com uma ou mais perguntas, tais como:

- Como é que o grupo vai recolher os dados? Porquê usar esse método?
- O que é que o grupo pensou para ter certeza de que os dados que vão recolher são confiáveis?
- Como é que o grupo vai registar e analisar os dados, e porque é que decidiram fazer dessa forma?
- Que outras hipóteses o grupo discutiu antes de decidir sobre esta? Porque é que abandonaram essas ideias alternativas?

RECOLHA DE DADOS / TRATAMENTO / INTERPRETAÇÃO:

Material	l – comprimento da aresta / ($\pm 0,05$) cm			m – massa / ($\pm 0,01$) g			VMP – Massa/(g)	V / (cm ³)	ρ / (g cm ⁻³)	Massa Volúmica/ (g cm ⁻³)
aço	1,95	2,00	2,00	62,1079	62,1079	62,1080	62,1079	7,800	7,96	7,2 a 7,9
alumínio	1,90	1,90	1,90	18,8604	18,8601	18,8604	18,8603	6,859	2,75	2,7
chumbo	2,00	1,95	2,00	89,9834	89,9834	89,9834	89,9834	7,800	11,54	11,3
cobre	1,90	1,90	1,87	61,1376	61,1376	61,1376	61,1376	6,751	9,06	8,9
latão	2,00	1,98	1,98	66,2655	66,2655	66,2655	66,2655	7,841	8,45	8,4 a 8,6
madeira	1,95	2,00	2,00	4,0786	4,0786	4,0786	4,0786	7,800	0,52	0,5 a 0,8
pedra	1,97	1,95	2,00	21,5960	21,5960	21,5960	21,5960	7,683	2,81	2,7
plástico	2,00	2,00	2,00	11,6707	11,6707	11,6707	11,6707	8,000	1,46	0,8 a 1,7

Pós-laboratório

Cada grupo deverá:

- organizar uma tabela para registo dos resultados das medições efetuadas com os diferentes instrumentos;
- analisar os resultados obtidos em função dos instrumentos utilizados e das finalidades pretendidas;
- responder às questões problema.

Reflexão

Sugira propostas fundamentadas de melhoria/alterações do protocolo usado de forma a obter resultados mais rigorosos na resposta à primeira questão problema.

Identifique dois possíveis erros sistemáticos que poderão ter influenciado a exatidão da medida.

Consolidação de conhecimentos

Após a conclusão da atividade, os alunos devem resolver as seguintes questões para mostrar a compreensão do tópico. Estas perguntas visam continuar a esclarecer quaisquer equívocos.

Solicitar aos alunos:

- a resolução individual dos exercícios propostos 1, 2 e 4 da pág. 40 do Manual;
- a resolução dos exercícios propostos 5 e 6 da pág. 41 do Manual, promovendo o trabalho colaborativo em pequeno grupo;
- a anotação de eventuais dúvidas ou dificuldades surgidas na realização dos exercícios propostos.

Autoavaliação

Faça agora no seu caderno diário uma reflexão do seu trabalho, indicando para cada item, o número que melhor reflete o seu desempenho.

Critério	Níveis de desempenho			
	1	2	3	4
Planificação	Não consegui planificar corretamente a atividade laboratorial	Senti muitas dificuldades em planificar corretamente a atividade experimental	Senti algumas dificuldades em planificar corretamente a atividade experimental	Planifiquei corretamente a atividade experimental.
Procedimento	Não consegui executar corretamente o procedimento.	Senti muitas dificuldades em executar corretamente o procedimento e respeitar as normas de segurança do trabalho laboratorial	Senti algumas dificuldades em executar corretamente o procedimento e respeitar as normas de segurança do trabalho laboratorial	Executei corretamente o procedimento, respeitando as normas de segurança do trabalho laboratorial
Recolha de dados	Não utilizei corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Senti muitas dificuldades para utilizar corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Senti algumas dificuldades para utilizar corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Utilizei corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.
	Não apresentei corretamente os cálculos.	Senti muitas dificuldades para apresentar corretamente os cálculos e as unidades apropriadas.	Senti algumas dificuldades para apresentar corretamente os cálculos e as unidades apropriadas.	Apresentei corretamente os cálculos e utilizei as unidades apropriadas.
Conclusão	Não consegui tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Senti muitas dificuldades em tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Senti algumas dificuldades em tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Tirei conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema
	Não consegui identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Senti muitas dificuldades em identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Senti algumas dificuldades em identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Identifiquei de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.

Rubricas de avaliação

Critério		Pontos			
Pré-laboratorial	Preparação do material	0	2	3	5
		Os materiais não estão preparados	Alguns dos materiais são preparados	A maioria dos materiais são preparados	Os materiais são completamente preparados
	Procedimento	2	5	10	15
		Os procedimentos são incorretos e desorganizados.	Alguns procedimentos são corretos e organizados.	A maioria dos procedimentos são corretos e organizados.	Os procedimentos são corretos, organizados e bem descritos.
	Tabela de resultados	0	1	3	5
		A tabela de resultados não é apresentada.	A tabela de resultados é apresentada, mas irrelevante.	A tabela de resultado é apresentada.	A tabela de resultados é apresentada e bem construída.
Trabalho Laboratorial	Procedimento	2	5	7	10
		Segue mal o procedimento. Frequentemente requer ajuda dos facilitadores para completar os procedimentos básicos.	Segue bastante o procedimento. Requer alguma ajuda do professor para completar os procedimentos básicos.	Segue cuidadosamente o procedimento. Realize o ajuste necessário ao procedimento mediante instrução do professor.	Segue o procedimento de forma minuciosa e cuidadosa. Executa o ajuste necessário ao procedimento quando necessário.
	Segurança	0	1	3	5
		Precauções de segurança apropriadas são constantemente perdidas. Três ou mais avisos dados pela professora.	As precauções de segurança adequadas são muitas vezes esquecidas. Dois avisos dados pela professora.	Precauções de segurança adequadas são geralmente usadas. Um aviso dado pela professora.	Segue o procedimento de forma minuciosa e cuidadosa. Efetuar o ajuste necessário ao procedimento quando necessário.
	Recolha de dados	2	5	10	15
		Símbolos, unidades e algarismos significativos não são incluídos e as incertezas quando apropriado.	Existem 3 ou mais erros menores usando símbolos, unidades e algarismos significativos e incertezas quando apropriado.	Apenas 2 ou 3 erros menores usando símbolos, unidades e algarismos significativos e incertezas quando apropriado.	Inclui símbolos, unidades, algarismos significativos corretos e incertezas, quando apropriado.
	Arrumação	0	1	3	5
		Procedimentos de limpeza inadequados. Requer lembrança consistente para concluir a limpeza. 3 ou mais materiais/aparelhos deixados na bancada ou mesa não limpa.	Precisa ser lembrado duas vezes para concluir a limpeza usando os procedimentos adequados. 1 ou 2 materiais/aparelhos deixados na bancada ou não limpos.	Procedimentos de limpeza geralmente adequados. Precisa ser lembrado uma vez para concluir a limpeza. Bancada geralmente deixada limpa.	Consistentemente usa procedimentos de limpeza adequados. Bancada limpa e arrumada.
	Tratamento dos dados	2	5	10	15
		Apresentação apenas do resultado final com unidade correta.	Utilização de uma expressão de cálculo incorreta.	Resolução com erros de cálculo do tipo 1 ou mais do que um erro de tipo 2.	Apresentação correta dos cálculos e utilização das unidades apropriadas.
	Interpretação de dados	0	1	3	5
		Tenta interpretar os dados, mas principalmente imprecisos	Algumas das importantes comparações de dados foram interpretadas corretamente	As comparações de dados mais importantes foram interpretadas corretamente	Todas as comparações de dados foram interpretadas corretamente
Pós-laboratorial	Conclusão	2	5	7	10
		A conclusão responde apenas a uma questão-problema, é pouco clara e/ou tem algumas imprecisões científicas.	A conclusão responde apenas a uma questão-problema, está escrita de forma clara e cientificamente correta.	A conclusão responde às questões-problema, é pouco clara e/ou tem algumas imprecisões científicas.	A conclusão responde às questões-problema, está escrita de forma clara e cientificamente correta.
		2	5	7	10

	Reflexão	Não apresenta propostas de melhoria/alterações do protocolo, identifica um possível erro sistemático.	Apresenta propostas pouco fundamentadas de melhoria/alterações do protocolo, identifica apenas um possível erro sistemático.	Apresenta propostas pouco fundamentadas de melhoria/alterações do protocolo e identifica dois erros sistemáticos.	Apresenta propostas fundamentadas de melhoria/alterações do protocolo e identifica dois erros sistemáticos.
--	----------	---	--	---	---

Nota: Rubricas de avaliação para o trabalho de grupo (adaptada Wan yusof, 2021, pp.11, 13 – 15)

Nos cálculos são erros de tipo 1 – erros de cálculo numérico e conversão incorreta de unidades, desde que coerentes com a grandeza calculada, erros de tipo 2 – erros de cálculo analítico, ausência de conversão de unidades, ausência de unidades no resultado final, apresentação de unidades incorretas no resultado final e outros erros que não possam ser considerados de tipo 1.

Referências bibliográficas

- Barbosa, S. M., & dos Santos Souza, N. (2021). Investigação orientada por argumentos no ensino de química de nível médio: uma proposta em cinética. *Química Nova Escola*, 43(1), 74-85.
doi:10.21577/0104-8899.20160230
- Cheung, D. (2006). *Inquiry-based laboratory work in chemistry: Teacher's guide*. Department of Curriculum and Instruction, The Chinese University of Hong Kong.
- Lou, Y., Blanchard, P., & Kennedy, E. (2015). Development and validation of a science inquiry skills assessment. *Journal of Geoscience Education*, 63(1), 73-85. doi:10.5408/14-028.1
- Rodrigues, C., Santos, C., Miguelote, L. & Santos, P. (2021). Rumo à Química 10. Porto. Areal Editores.
- Stewart, A. F., Williams, A. L., Lofgreen, J. E., Edgar, L. J., Hoch, L. B., & Dicks, A. P. (2016). Chemistry writing instruction and training: Implementing a comprehensive approach to improving student communication skills. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 86-92.
- Vilardo, D. A., MacKenzie, A. H., & Yezierski, E. J. (2017). Using Students' Conceptions of Air To Evaluate a Guided-Inquiry Activity Classifying Matter Using Particulate Models. *Journal of Chemical Education*, 94(2), 206-210. doi: 10.1021/acs.jchemed.5b01011.
- Wan Yusof, W. R., Kimi, M., Wan Zulkiplee, W. S. H., Zailani, M. A., Shahabudin, M., Ismail, A. A. H., ... & Raja Gopal, D. J. (2021). Assessment of Practical and Scientific Writing Skills for Pre-University Students through Project-Based Learning. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 715-722.

ATIVIDADE DE GRUPO

ATIVIDADE 1

A importância da densidade

O acumular de plásticos na natureza leva a impactos ambientais negativos, tanto em ambientes terrestres como aquáticos. Uma das formas de minimizar esse problema é recorrer à reciclagem, na qual se procede a uma triagem que permite a separação dos diferentes tipos de plásticos.

Um dos processos de separação de misturas utilizados na reciclagem de plásticos é realizado num tanque cheio de água onde são despejados os materiais que se quer separar. Nessa separação, os materiais que têm densidade menor que 1 g cm^{-3} , como o polipropileno (PP) e os polietilenos (PE) flutuam sobre a água, enquanto os materiais que têm maior densidade, como o ABS e as poliamidas, afundam.

A adição de álcool etílico à água fará com que mais materiais afundem, pois a densidade da solução será reduzida, enquanto que a adição de cloreto de sódio, NaCl, terá o efeito inverso, a solução fica mais densa e mais materiais flutuarão. Assim é possível separar uma grande variedade de polímeros.



Equipamento para lavagem e separação de PE e PP

Adaptado <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/lavagem.asp>

Um grupo de alunos encontrou este conjunto de cubos no laboratório da escola.

**Questões problema:**

Como é que se pode determinar de que material é feito um destes cubos?

Como se deve apresentar corretamente os resultados das medições efetuadas?

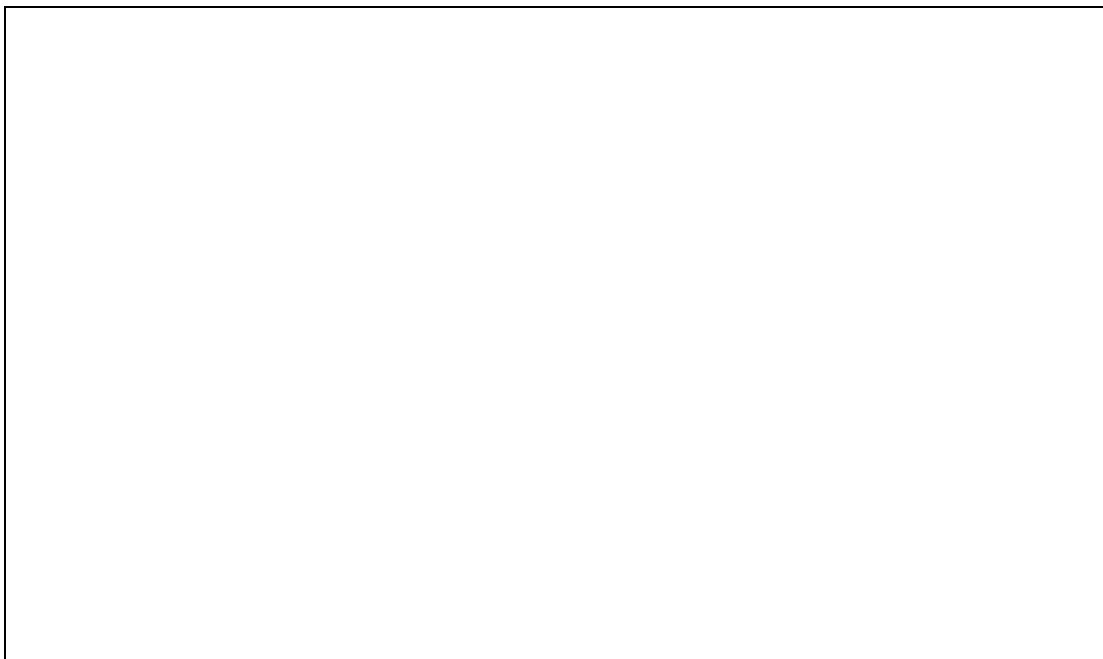
A partir de um dos conjuntos de materiais e equipamentos que a seguir se apresentam, planifique uma atividade experimental que permita responder às questões problema.

Conjunto 1 – craveira, vidro de relógio e balança digital.

Conjunto 2 – proveta 250 mL, água, vidro de relógio e balança digital.

Planificação da experiência

Procedimento:



Pausa para discussão em grande grupo

Execute o protocolo experimental, depois de aprovado pela professora.

Recolha e trate os dados e discuta com os seus colegas de grupo os resultados obtidos.

Recolha de dados / tratamento / interpretação:



Comunique os resultados obtidos e apresente a conclusão.

Faça uma avaliação dos resultados e do procedimento para detetar possíveis erros, limitações ou dificuldades (conceituais e/ou processual) que possam ter ocorrido durante a atividade.

Conclusão/Análise crítica

--

Autoavaliação

Faça agora no seu caderno diário uma reflexão do seu trabalho, indicando para cada item, o número que melhor reflete o seu desempenho.

Critério	1	2	3	4
Planificação	Não consegui planificar corretamente a atividade laboratorial	Senti muitas dificuldades em planificar corretamente a atividade experimental	Senti algumas dificuldades em planificar corretamente a atividade experimental	Planifiquei corretamente a atividade experimental.
Procedimento	Não consegui executar corretamente o procedimento.	Senti muitas dificuldades em executar corretamente o procedimento e respeitar as normas de segurança do trabalho laboratorial	Senti algumas dificuldades em executar corretamente o procedimento e respeitar as normas de segurança do trabalho laboratorial	Executei corretamente o procedimento, respeitando as normas de segurança do trabalho laboratorial
Recolha de dados	Não utilizei corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Senti muitas dificuldades para utilizar corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Senti algumas dificuldades para utilizar corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.	Utilizei corretamente os conceitos de algarismos significativos no registo das medições efetuadas.
	Não apresentei corretamente os cálculos.	Senti muitas dificuldades para apresentar corretamente os cálculos e as unidades apropriadas.	Senti algumas dificuldades para apresentar corretamente os cálculos e as unidades apropriadas.	Apresentei corretamente os cálculos e utilizei as unidades apropriadas.
Conclusão	Não consegui tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Senti muitas dificuldades em tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Senti algumas dificuldades em tirar conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema.	Tirei conclusões que me permitiram dar resposta às questões problema
	Não consegui identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Senti muitas dificuldades em identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Senti algumas dificuldades em identificar de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.	Identifiquei de forma correta o tipo de erros possíveis de acontecer nas medições efetuadas.

Anexo 6 – Material de apoio à Atividade 2

- Guião do professor
- Documento para as respostas dos alunos

ATIVIDADE DE GRUPO
ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

ATIVIDADE 2

Aprendizagens essenciais

Desenvolver hábitos e competências inerentes ao trabalho científico: observação, pesquisa de informação (selecionar, analisar, interpretar e avaliar criticamente informação relativa a situações concretas), experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados, utilizando formas variadas.

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Aluno à Saída da Escolaridade

Linguagens e textos; Informação e comunicação; Raciocínio e resolução de problemas; Pensamento crítico e pensamento criativo; Relacionamento interpessoal; Desenvolvimento pessoal e autonomia e Saber científico, técnico e tecnológico (A, B, C, D, E e I).

Competências IBSE

Argumentar / comunicar

Atividade

O trabalho é desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos.

Duração

2 aulas (100 minutos)

Conceitos abordados

Constituição da matéria
Representações esquemáticas
Lei de Lavoisier
Dissolução
Solução
Solvente
Solutos

Os alunos devem estar familiarizados com estes conceitos.

A aula inicia com os alunos a visualizarem o vídeo “Açúcar e água”

<https://www.youtube.com/watch?v=ZmWYG7qh0QA>

Parte 1

Dois alunos deitaram uns grãos de açúcar num copo de água quente e mexeram até o açúcar ficar todo dissolvido.



1. Porque é que não vemos o açúcar? Não vemos o açúcar porque...

2. A figura 1 ilustra as partículas de açúcar e da água antes de serem misturadas.

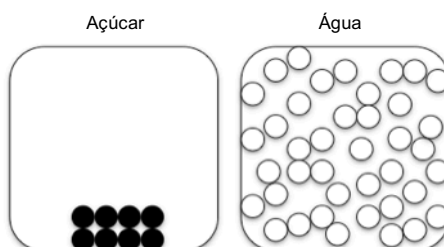
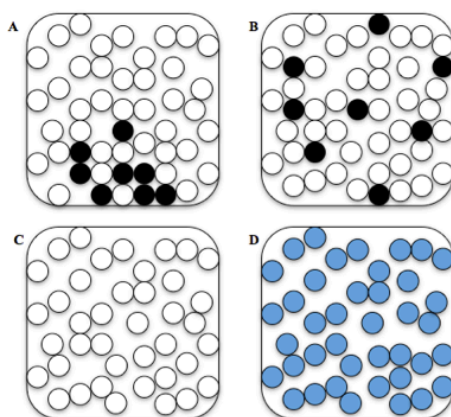


Figura 1

- 2.1. Selecione a opção que melhor representa as partículas de água e açúcar depois de terem sido misturadas. _____



- 2.2. Justifique a opção selecionada.

3. Dois alunos discutem o que pensam ter acontecido ao sólido e fizeram as seguintes afirmações:

Ana diz: Na minha opinião o açúcar acabou.

Miguel diz: Eu considero que o açúcar ainda está presente na solução.

Para tentar chegar a um consenso, a Ana e o Miguel provaram a água e ambos concordam que a água tem um gosto doce.

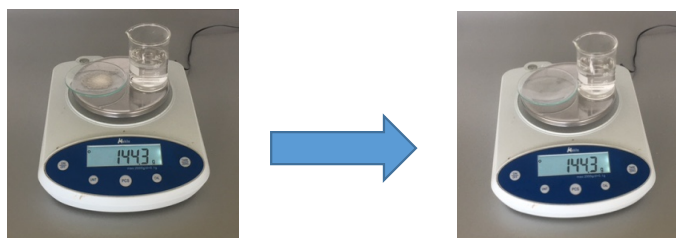
- 3.1. Esta evidência suporta qual opinião?

(A) Da Ana (B) Do Miguel (C) De ambos (D) De nenhum

- 3.2. Justifique a opção seleccionada.

Parte 2

Os dois alunos mediram agora a massa do açúcar e da água quente e verificaram que a massa do açúcar, da água e do copo de vidro antes do açúcar ser adicionado à água e após a mistura é o mesmo.



Após a demonstração realizada pelos dois alunos, responde, às questões seguintes.

4. No final da aula, o Miguel apresenta o seguinte argumento:

O açúcar ainda está lá. A massa total permanece a mesma. Se o açúcar desaparecesse, a massa teria mudado.

Qual é a evidência no argumento do Miguel?

A evidência no argumento de Miguel é ...

5. Das seguintes evidências, qual a frase que melhor suporta a resposta ao item 2.1.?
- (A) Depois de mexer, cada aluno prova a água. Ambos concordam que a água tem um gosto doce.
 - (B) A massa do copo com água e do açúcar antes de ser adicionado à água é a mesma da massa do copo da água depois do açúcar ter sido dissolvido na água.
 - (C) A matéria não pode ser criada ou destruída.
 - (D) Às vezes uma substância separa-se em pedaços muito pequenos quando misturada com outra substância.

Explique como essa evidência suporta a sua resposta.

6. No item 2.1. selecionou uma opção que considerou correta. Selecione uma das outras opções e, usando as evidências abaixo e/ou o seu conhecimento sobre misturar açúcar e água, explique porque é esta opção não é correta.
- (A) Depois de mexer, cada aluno prova a água. Ambos concordam que a água tem um gosto doce.
 - (B) A massa do copo com água e do açúcar antes de ser adicionado à água é a mesma da massa do copo da água depois do açúcar ter sido dissolvido na água.
 - (C) A matéria não pode ser criada ou destruída.
 - (D) Às vezes uma substância separa-se em pedaços muito pequenos quando misturada com outra substância.

7. Agora que viu algumas evidências e ideias de outros alunos, voltemos à pergunta original.
- Dois alunos deitam uns grãos de açúcar num copo de água quente e mexem até o açúcar ficar todo dissolvido.*
- Por que não podemos ver o açúcar? Não podemos mais ver o açúcar porque...

Referências bibliográficas

- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *science*, 328(5977), 463-466.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. doi:10.1002/tea.21316
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.

Grelha de avaliação (adaptado de Osborne et al., 2016)

Item	Nível	Descrição
1	3	A resposta diz explicitamente que as substâncias não se combinaram molecularmente, é estruturada e apresenta linguagem científica adequada.
	2	A resposta apresenta a definição de dissolução com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica.
	1	A resposta apresenta os elementos o sal dissolveu-se ou misturou-se, mas não explica o seu significado. Pode haver alguma imprecisão de conteúdo.
	0	Resposta com explicações cientificamente imprecisas, informações irrelevantes ou fora de contexto.
2.1	1	Opção B.
	0	Opção A, C ou D.
2.2	3	Opção B e explica como as substâncias são misturadas. Resposta coerente.
	2	Opção B. Resposta parcialmente coerente.
	1	Opção B, mas uma explicação cientificamente incorreta ou irrelevante.
	0	Não responde B e fornece explicação cientificamente imprecisa.
3.1. e 3.2.	2	Seleciona Miguel e explica corretamente.
	1	Seleciona o Miguel, mas não explica como a evidência apoia a afirmação.
	0	Não seleciona Miguel.
4	1	A resposta identifica a evidência (a massa total permanece a mesma) ou diz "conservação da massa".
	0	A resposta não identifica a evidência.
5	2	A resposta apresenta um raciocínio válido para a escolha, explicando como a evidência apoia a afirmação.
	1	A resposta reafirma a alegação e/ou evidência.
	0	A resposta apresenta um raciocínio que não é válido. A resposta não apresenta um raciocínio explícito e não reafirma a afirmação ou evidência. Resposta sem sentido.
6	2	A resposta identifica uma falha e apresenta uma explicação lógica.
	1	A resposta identifica uma falha. A resposta apresenta uma explicação (evidência fornecida anteriormente no item) sem dizer a falha.
	0	A resposta não identifica uma falha ou identifica uma falha que é inconsistente com a representação escolhida.
7	3	A resposta diz explicitamente que as substâncias não se combinaram molecularmente, é estruturada e apresenta linguagem científica adequada.
	2	A resposta apresenta a definição de dissolução com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica.
	1	A resposta apresenta os elementos o sal dissolveu-se ou misturou-se, mas não explica o seu significado. Pode haver alguma imprecisão de conteúdo.
	0	Resposta com explicações cientificamente imprecisas, informações irrelevantes ou fora de contexto.

ATIVIDADE DE GRUPO
ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

ATIVIDADE 2

Após a visualização do vídeo, responde, em grupo, às questões que se seguem.

Parte 1

Dois alunos deitaram uns grãos de açúcar num copo de água quente e mexeram até o açúcar ficar todo dissolvido.

1. Porque é que não vemos o açúcar? Não vemos o açúcar porque...

2. A figura 1 ilustra as partículas de açúcar e da água antes de serem misturadas.

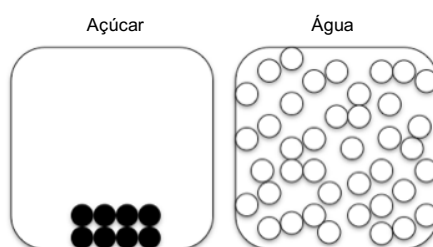
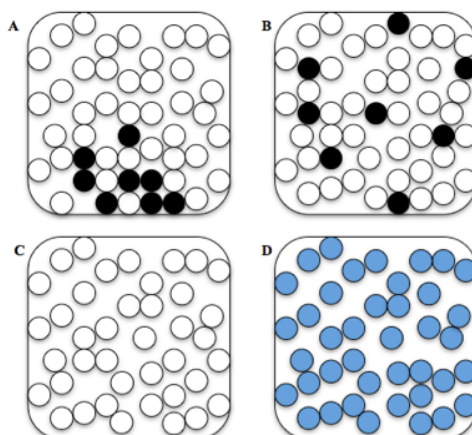


Figura 1

- 2.1. Selecione a opção que melhor representa as partículas de água e açúcar depois de terem sido misturadas. _____



2.2. Justifique a opção selecionada.

3. Dois alunos discutem o que pensam ter acontecido ao sólido e fizeram as seguintes afirmações:

Ana diz: Na minha opinião o açúcar acabou.

Miguel diz: Eu considero que o açúcar ainda está presente na solução.

Para tentar chegar a um consenso, a Ana e o Miguel provaram a água e ambos concordam que a água tem um gosto doce.

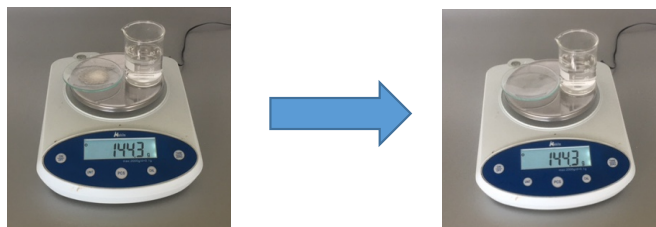
3.1. Esta evidência suporta qual opinião?

(A) Da Ana (B) Do Miguel (C) De ambos (D) De nenhum

3.2. Justifique a opção selecionada.

Parte 2

Os dois alunos mediram agora a massa do açúcar e da água quente e verificaram que a massa do açúcar, da água e do copo de vidro antes do açúcar ser adicionado à água e após a mistura é o mesmo.



Após a demonstração realizada pelos dois alunos, responde, às questões seguintes.

4. No final da aula, o Miguel apresenta o seguinte argumento:
O açúcar ainda está lá. A massa total permanece a mesma. Se o açúcar desaparecesse, a massa teria mudado.

Qual é a evidência no argumento do Miguel?

A evidência no argumento de Miguel é ...

5. Das seguintes evidências, qual a frase que melhor suporta a resposta ao item 2.1.?
- (A) Depois de mexer, cada aluno prova a água. Ambos concordam que a água tem um gosto doce.
- (B) A massa do copo com água e do açúcar antes de ser adicionado à água é a mesma da massa do copo da água depois do açúcar ter sido dissolvido na água.
- (C) A matéria não pode ser criada ou destruída.
- (D) Às vezes uma substância separa-se em pedaços muito pequenos quando misturada com outra substância.

Explique como essa evidência suporta a sua resposta.

6. No item 2.1. selecionou uma opção que considerou correta. Selecione uma das outras opções e, usando as evidências abaixo e/ou o seu conhecimento sobre misturar açúcar e água, explique porque é esta opção não é correta.

- (A) Depois de mexer, cada aluno prova a água. Ambos concordam que a água tem um gosto doce.
- (B) A massa do copo com água e do açúcar antes de ser adicionado à água é a mesma da massa do copo da água depois do açúcar ter sido dissolvido na água.
- (C) A matéria não pode ser criada ou destruída.
- (D) Às vezes uma substância separa-se em pedaços muito pequenos quando misturada com outra substância.

7. Agora que viu algumas evidências e ideias de outros alunos, voltemos à pergunta original.
- Dois alunos deitam uns grãos de açúcar num copo de água quente e mexem até o açúcar ficar todo dissolvido.*

Por que não podemos ver o açúcar? Não podemos mais ver o açúcar porque...

Obrigada pela sua participação

Anexo 7 – Material de apoio à Atividade 3

- Guião do professor
- Documento para as respostas dos alunos

ATIVIDADE 3

ATIVIDADE DE GRUPO
QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Aprendizagens essenciais

Desenvolver hábitos e competências inerentes ao trabalho científico: observação, pesquisa de informação (selecionar, analisar, interpretar e avaliar criticamente informação relativa a situações concretas), experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados, utilizando formas variadas;

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Aluno à Saída da Escolaridade

Linguagens e textos; Informação e comunicação; Raciocínio e resolução de problemas; Pensamento crítico e pensamento criativo; Relacionamento interpessoal; Desenvolvimento pessoal e autonomia; Bem-estar, saúde e ambiente e Saber científico, técnico e tecnológico (A, B, C, D, E, F, G e I).

Competências IBSE

Formular hipóteses

Argumentar / comunicar

Atividade

O trabalho é desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos.

Duração

3 aulas (150 minutos)

Conceitos abordados

Tipos de ligações químicas

Regra do octeto

Ligação iónica

Ligação covalente

Estruturas de Lewis

Com esta atividade pretende-se mobilizar conhecimentos do 3.º ciclo para enquadrar as novas aprendizagens. Iniciar a abordagem dos conceitos/conteúdos com a visualização e análise do vídeo “A química do sal”, <https://www.youtube.com/watch?v=LdPQTGTuPHU>, numa primeira parte e a análise de texto informativo contextualizando o tema para a segunda parte.

Parte 1

Durante a visualização do vídeo “A química do sal” responda individualmente, no caderno diário, às seguintes questões:

1. Diga o que entendes pelo processo de osmose referido no vídeo.
2. A dissolução do “sal” que iões origina? Escreve a equação química que representa este processo de dissolução.

Após a visualização do vídeo “A química do sal” responde, em grupo, às questões que se seguem.

1. Que diferença existe no tipo de ligações que se estabelecem na água, H_2O , e no sal, $NaCl$?

2. Represente com base na regra do octeto, a fórmula de estrutura de Lewis da molécula de água.

3. Considere que um saleiro de vidro se partiu. É possível recuperar o sal? (ou num acampamento o um pacote de sal rebentou e espalhou-se na areia. Será possível recuperar o sal?)

Planifique uma atividade laboratorial para dar resposta à questão problema. Comece por formular hipóteses.

- 3.1. Hipóteses e Discussão/ Previsão dos resultados

- 3.2. Planificação da experiência: Procedimento/Material

Parte 2

Lê com atenção o texto que se segue:

O jornal *Público* de 03 de outubro de 2022 noticiou **“Seca no Algarve coloca abastecimento em risco: a água pode faltar nas torneiras”**. As campanhas de sensibilização para redução dos consumos de pouco ou nada valeram. No mês de Agosto gastou-se mais 2,2 % de água do que em 2019 — o ano de referência, em termos turísticos...”

Procurando dar resposta ao problema noticiado, um munícipe lembrou-se de que o recurso à água do oceano pode ajudar a superar a escassez de água no Algarve. No entanto, a água do mar é salgada e não pode ser bebida, pelo que é necessário remover o sal da água do oceano com um processo chamado dessalinização. Assim, muita água do oceano, que não potável, poderia ser usada para ajudar a mitigar a escassez de água.

Após efetuar uma pesquisa para averiguar as vantagens e desvantagens da dessalinização, verificou que existem atualmente, muitas tecnologias usadas na dessalinização de água. Geralmente essas tecnologias são divididas em duas áreas, processos térmicos e processos de membrana:

1. aquecer a água do oceano para que ela se transforme em vapor de água, o que minimiza a mineralização da água. Posteriormente, o vapor de água passa sobre um objeto frio, obtendo-se a água líquida por condensação. Este método designa-se evaporação e apresenta como maior desvantagem o elevado consumo de energia.
2. recorrer a um processo de osmose inversa que consiste em fazer com que a água do oceano passe através de uma membrana semipermeável, que é uma folha com pequenos orifícios. Apenas as partículas de água passam pela membrana, retraindo os iões. No entanto, produz um resíduo designado por salmoura, com elevada concentração de sais minerais, que pode ser prejudicial à fauna e flora, caso seja despejada no oceano.

Em fevereiro, o mesmo jornal, já tinha publicado um artigo sobre este tema **“Central de dessalinização no Algarve? Sim, mas não no meu concelho”**.

No artigo pode-se ler que a construção de uma central de dessalinização vai custar 45 milhões de euros, mas só garante 10% do consumo da região. Todos os municípios desejam a dessalinização da água do mar, desde que a central fique instalada no concelho vizinho e não tenham de lidar com a salmoura tóxica. O Algarve sofre secas cíclicas, de grande severidade, desde 1943/45, mas quando o Inverno é generoso, rapidamente se esquece as condições do clima mediterrânico.

“Há indícios por demais evidentes de que a água vai deixando de ser suficiente para todas as situações de consumo, que continuam a ser crescentes”, diz o investigador da Universidade do Algarve, Nuno Loureiro, deixando um alerta: “Basta ter uma visão integrada para perceber o aumento de salinidade da água dos rios como o Guadiana e o Arade”.

A construção de uma unidade de dessalinização é o assunto do momento. O investimento é justificado pela necessidade de complementar as fontes de abastecimento tradicionais – barragens e furos artesianos. A seca que se faz sentir em todo o país causa preocupações acrescidas no Algarve. “Ano após ano, os valores médios anuais da água armazenada vão baixando”, afirma Nuno Loureiro, lembrando o “agravamento de episódios de seca de grande severidade” nos anos 1943/1945, 1980/1983 e 2004/2006.

Além dos elevados níveis de sal, o processo de converter água do mar em potável tem associado alguns produtos químicos tóxicos que prejudicam o ambiente.

O presidente das Águas do Algarve prevê que só para o final de 2025 é que a central dessalinizadora estará pronta, reconhecendo existirem “algumas condicionantes ambientais” a ultrapassar. A primeira dificuldade, destaca, diz respeito à escolha do sítio onde irá ser feita captação da água salgada, que não deverá ser muito longe da costa para não fazer disparar os custos.

A equipa de projetistas começou por identificar sete possíveis locais para instalar o equipamento na faixa entre Tavira e Portimão. Porém, a zona do Sotavento, por causa do Parque Natural da Ria Formosa (sedeado na Quinta do Marim, Olhão), ficou fora dos estudos preliminares.

1. Qual é a principal reivindicação feita pelo município?

Para cada questão, 2, 3 e 4, na coluna da esquerda, escreva a letra correspondente, a, b, c, d e e, da coluna da direita.

Questão	Resposta
2. Qual pode ser a razão pela qual o município acha que a dessalinização pode ajudar na escassez de água?	a) O método de evaporação requer muita energia para aquecer a água do oceano. O aumento do consumo de energia pode ser caro.
3. Algumas pessoas indicaram ao município que o método de evaporação é melhor. Qual seria a razão que eles poderiam usar no seu argumento?	b) Um município declarou que remover o sal da água do oceano pode ajudar na escassez de água no Algarve.
4. Algumas pessoas indicaram ao município que o método da membrana é melhor. Qual seria a razão que eles poderiam usar no seu argumento?	c) Há muita água no oceano e a dessalinização pode tornar a água do oceano potável.
	d) O método da membrana produz um resíduo chamado salmoura. A salmoura pode ser prejudicial aos animais oceânicos quando despejada de volta ao oceano.
	e) O município foi informado de dois métodos de dessalinização.

5. Qual é o método de dessalinização que recomendaria? Compare os dois métodos e escolha qual é o melhor.

6. Considere que lhe pedem para elaborar um relatório em que decida sobre a eventual implantação da central de dessalinização em Portimão. Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada, em que justifique os motivos do seu parecer ser favorável, ou contra, a implantação da central. Tente explicar com dados e garantias que sejam confiáveis.

Grelha de avaliação parte 1

Item	Nível	Descrição
1	3	A resposta apresenta os dois elementos, é estruturada e apresenta linguagem científica adequada.
	2	A resposta apresenta os dois elementos, com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica.
	1	A resposta apresenta apenas um dos elementos, é estruturada e apresenta linguagem científica adequada.
	0	A resposta apresenta apenas um dos elementos, com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica.
2	1	A resposta apresenta a fórmula de estrutura correta.
	0	A resposta não apresenta a fórmula de estrutura correta.
3.1	2	Hipótese baseada no conhecimento científico. Conhecimento científico adequado.
	1	Hipótese baseada no conhecimento cotidiano ou experimental. Conhecimento científico parcialmente adequado.
	0	Conhecimento científico inadequado.
3.2.	2	Os procedimentos são descritos com detalhes suficientes para que outro aluno possa repetir a experiência. Os materiais são incorporados no procedimento.
	1	Resume as principais etapas do protocolo, mas faltam alguns detalhes importantes. Os materiais são incorporados no procedimento. Pode conter detalhes desnecessários.
	0	Explicação insuficiente fornecida para entender o trabalho experimental, ou para outro aluno repetir o experimento. A descrição dos materiais é insuficiente.

Grelha de avaliação parte 2 (adaptado de Osborne et al., 2016)

Item	Nível	Descrição
1	2	A resposta apresenta algo referente à falta de água como um problema que precisa ser resolvido E algo sobre a remoção de sal da água do oceano (desalinização) como uma possível solução.
	1	A resposta refere-se a algo sobre a falta de água como um problema que precisa ser resolvido OU algo sobre a remoção de sal da água do oceano (dessalinização) como uma possível solução, mas não ambas.
	0	A resposta não se refere a nem algo sobre a falta de água como um problema que precisa ser resolvido nem algo sobre a remoção de sal da água do oceano (dessalinização) como uma possível solução.
2	1	Opção c.
	0	Opção a, b, d ou e.
3	1	Opção d.
	0	Opção a, b, c ou e.
4	1	Opção a.
	0	Opção b, c, d ou e.
5	2	A resposta apresenta uma razão viável para um dos métodos ser melhor (não importa qual método que escolheram, desde que apresentem a razão pela qual fizeram a sua seleção) e apresenta o motivo da outra opção ser pior.
	1	A resposta apresenta uma razão viável para um dos métodos ser melhor (não importa qual método que escolheram, desde que apresentem uma razão pela qual fizeram sua seleção), mas não apresenta uma explicação viável, pela qual o outro método eles não

		recomendam. (os alunos se concentram no consumo de energia ou desperdício, mas não em ambos)
	0	A resposta não apresenta uma razão viável para o método de evaporação ou o método de membrana ser melhor. (os alunos não se concentram no consumo ou desperdício de energia)

Grelha de avaliação da qualidade da argumentação (adaptado Erduran et al., 2004, p.928)

Nível 1	Argumentos que são uma afirmação simples versus uma contra-alegação (conclusão).
Nível 2	Argumentos que consistem numa afirmação versus uma afirmação com dados, garantias ou apoios, mas não contém refutações.
Nível 3	Argumentos com uma série de alegações ou contra-alegações com dados, garantias ou com a refutação fraca ou ocasional.
Nível 4	Argumentos com uma afirmação com uma refutação claramente identificável. Tal argumento pode ter várias alegações e contra-alegações.
Nível 5	Argumentos com mais do que uma refutação.

Referências bibliográficas

- Dansereau, D., Carmichael, L. E., & Hotson, B. (2020). Building first-year science writing skills with an embedded writing instruction program. *Journal of College Science Teaching*, 49(3), 66-75.
- Oliveira, F. S., Cruz, M. C. P., & Silva, A. C. T. (2021). Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoelétrica em Sergipe. *Química nova na escola*, 43(1), 105-118.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *science*, 328(5977), 463-466.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. doi:10.1002/tea.21316
- Reves, I. (2022). Central de dessalinização no Algarve? Sim, mas não no meu concelho <https://www.publico.pt/2022/02/17/local/noticia/central-dessalinizacao-algarve-sim-nao-concelho-1995525>
- Reves, I. (2022). Seca no Algarve coloca abastecimento em risco: a água pode faltar nas torneiras <https://www.publico.pt/2022/10/03/azul/noticia/seca-algarve-coloca-abastecimento-risco-agua-faltar-torneiras-2022703>
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.

ATIVIDADE DE GRUPO

ATIVIDADE 3

QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Parte 1

Após a visualização do vídeo “A química do sal” responde, em grupo, às questões que se seguem.

1. Que diferença existe no tipo de ligações que se estabelecem na água, H_2O , e no sal, NaCl ?

2. Represente com base na regra do octeto, a fórmula de estrutura de Lewis da molécula de água.

3. Considere que um saleiro de vidro se partiu. É possível recuperar o sal? (ou num acampamento o um pacote de sal rebentou e espalhou-se na areia. Será possível recuperar o sal?)

Planifique uma atividade laboratorial para dar resposta à questão problema. Comece por formular hipóteses.

3.1. Hipóteses e Discussão/ Previsão dos resultados

3.2. Planificação da experiência: Procedimento/Material

Parte 2

Lê com atenção o texto que se segue:

O jornal *Público* de 03 de outubro de 2022 noticiou **“Seca no Algarve coloca abastecimento em risco: a água pode faltar nas torneiras”**. As campanhas de sensibilização para redução dos consumos de pouco ou nada valeram. No mês de Agosto gastou-se mais 2,2 % de água do que em 2019 — o ano de referência, em termos turísticos...”

Procurando dar resposta ao problema noticiado, um município lembrou-se de que o recurso à água do oceano pode ajudar a superar a escassez de água no Algarve. No entanto, a água do mar é salgada e não pode ser bebida, pelo que é necessário remover o sal da água do oceano com um processo chamado dessalinização. Assim, muita água do oceano, que não potável, poderia ser usada para ajudar a mitigar a escassez de água.

Após efetuar uma pesquisa para averiguar as vantagens e desvantagens da dessalinização, verificou que existem atualmente, muitas tecnologias usadas na dessalinização de água. Geralmente essas tecnologias são divididas em duas áreas, processos térmicos e processos de membrana:

1. aquecer a água do oceano para que ela se transforme em vapor de água, o que minimiza a mineralização da água. Posteriormente, o vapor de água passa sobre um objeto frio, obtendo-se a água líquida por condensação. Este método designa-se evaporação e apresenta como maior desvantagem o elevado consumo de energia.
2. recorrer a um processo de osmose inversa que consiste em fazer com que a água do oceano passe através de uma membrana semipermeável, que é uma folha com pequenos orifícios. Apenas as partículas de água passam pela membrana, retraindo os iões. No entanto, produz um resíduo designado por salmoura, com elevada concentração de sais minerais, que pode ser prejudicial à fauna e flora, caso seja despejada no oceano.

Em fevereiro, o mesmo jornal, já tinha publicado um artigo sobre este tema **“Central de dessalinização no Algarve? Sim, mas não no meu concelho”**.

No artigo pode-se ler que a construção de uma central de dessalinização vai custar 45 milhões de euros, mas só garante 10% do consumo da região. Todos os municípios desejam a dessalinização da água do mar, desde que a central fique instalada no concelho vizinho e não tenham de lidar com a salmoura tóxica. O Algarve sofre secas cíclicas, de grande severidade, desde 1943/45, mas quando o Inverno é generoso, rapidamente se esquece as condições do clima mediterrânico.

“Há indícios por demais evidentes de que a água vai deixando de ser suficiente para todas as situações de consumo, que continuam a ser crescentes”, diz o investigador da Universidade do Algarve, Nuno Loureiro, deixando um alerta: “Basta ter uma visão integrada para perceber o aumento de salinidade da água dos rios como o Guadiana e o Arade”.

A construção de uma unidade de dessalinização é o assunto do momento. O investimento é justificado pela necessidade de complementar as fontes de abastecimento tradicionais – barragens e furos

artesianos. A seca que se faz sentir em todo o país causa preocupações acrescidas no Algarve. “Ano após ano, os valores médios anuais da água armazenada vão baixando”, afirma Nuno Loureiro, lembrando o “agravamento de episódios de seca de grande severidade” nos anos 1943/1945, 1980/1983 e 2004/2006.

Além dos elevados níveis de sal, o processo de converter água do mar em potável tem associado alguns produtos químicos tóxicos que prejudicam o ambiente.

O presidente das Águas do Algarve prevê que só para o final de 2025 é que a central dessalinizadora estará pronta, reconhecendo existirem “algumas condicionantes ambientais” a ultrapassar. A primeira dificuldade, destaca, diz respeito à escolha do sítio onde irá ser feita captação da água salgada, que não deverá ser muito longe da costa para não fazer disparar os custos.

A equipa de projetistas identificou sete locais para instalar o equipamento na faixa entre Tavira e Portimão. A zona do Sotavento, por causa do Parque Natural da Ria Formosa ficou fora dos estudos preliminares.

- Qual é a principal reivindicação feita pelo município?

Para cada questão, 2, 3 e 4, na coluna da esquerda, escreva a letra correspondente, a, b, c, d e e, da coluna da direita.

Questão	Resposta
2. Qual pode ser a razão pela qual o município acha que a dessalinização pode ajudar na escassez de água?	a) O método de evaporação requer muita energia para aquecer a água do oceano. O aumento do consumo de energia pode ser caro.
3. Algumas pessoas indicaram ao município que o método de evaporação é melhor. Qual seria a razão que eles poderiam usar no seu argumento?	b) Um município declarou que remover o sal da água do oceano pode ajudar na escassez de água no Algarve.
4. Algumas pessoas indicaram ao município que o método da membrana é melhor. Qual seria a razão que eles poderiam usar no seu argumento?	c) Há muita água no oceano e a dessalinização pode tornar a água do oceano potável.
	d) O método da membrana produz um resíduo chamado salmoura. A salmoura pode ser prejudicial aos animais oceânicos quando despejada de volta ao oceano.
	e) O município foi informado de dois métodos de dessalinização.

5. Qual é o método de dessalinização que recomendaria? Compare os dois métodos e escolha qual é o melhor.

6. Considere que lhe pedem para elaborar um relatório em que decida sobre a eventual implantação da central de dessalinização em Portimão. Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada, em que justifique os motivos do seu parecer ser favorável, ou contra, a implantação da central. Tente explicar com dados e garantias que sejam confiáveis.

Obrigada pela sua participação

Anexo 8 – Material de apoio à Atividade 4

- Guião do professor
- Guião do aluno
- Textos de apoio aos alunos

ATIVIDADE 4

ATIVIDADE DE GRUPO
QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Aprendizagens essenciais

Fomentar o interesse pela importância do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual e uma tomada de decisões fundamentada procurando sempre um maior bem-estar social.

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade

Linguagens e textos; Informação e comunicação; Pensamento crítico e pensamento criativo; Relacionamento interpessoal; Desenvolvimento pessoal e autonomia; Bem-estar, saúde e ambiente e Saber científico, técnico e tecnológico (A, B, D, E, G e I).

Competências IBSE

Argumentar / comunicar

Atividade

O trabalho é desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos.

Duração

1 aula (50 minutos)

Com esta atividade pretende-se a partir da análise de várias notícias, responder à questão **“Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?”** argumentando de forma fundamentada o seu ponto de vista com dados/evidências recolhidas nas notícias disponibilizadas.

Breve descrição

Esta atividade consiste na realização de uma discussão em pequeno grupo sobre a produção de abacate na região do Algarve. Esta questão envolve várias dimensões: nutricional, ecológica (ambas científicas), ética, socioeconómica e cultural. O objetivo da atividade é observar os processos de negociação sobre a escolha do grupo de aumentar, ou não, a produção de abacate e sobre as evidências e justificações apresentadas para fundamentar a decisão tomada.

Esta atividade é uma oportunidade para os alunos aprenderem que uma negociação se inicia, de um modo geral, com diferentes alternativas que possuem prós e contras, que, depois de discutidas, passa por uma série de concessões mútuas que permitem chegar a um desejável consenso.

Os alunos resolvem a questão em pequenos grupos e apresentam oralmente ao grande grupo a solução escolhida fundamentando suas decisões.

Este tipo de abordagem permite desenvolver conhecimentos e competências necessários ao exercício de uma cidadania ativa, fundamentada e crítica.

Tarefa

São muitas as notícias sobre o abacate e o Algarve. Lê e analisa com atenção as diferentes notícias que se seguem e em conjunto com os teus colegas de grupo, elabora um argumento sobre a questão **“Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?”**

Esta tarefa consiste em produzir uma argumentação sobre o dilema proposto trabalhando em pequenos grupos. O objetivo é chegar a um consenso dentro do grupo sobre qual a melhor escolha (conclusão). As imagens e notícias (recortes de jornais, revistas e informações online) e conhecimentos prévios podem ajudar a relacionar dados e evidências.

- Este dilema envolve diferentes dimensões (científica, cultural-pessoal, ecológica, ética, nutricional, socioeconómica). Assim, em grupo, podem estudar os dados disponíveis e discutir separadamente questões parciais como: O que é melhor para o meio ambiente? O que é melhor para a economia e para a sociedade? O que é melhor do ponto de vista ético? O que é melhor para saúde e nutrição? As respostas a estas questões (conclusões parciais) podem funcionar como diferentes linhas de raciocínio que deverão ser integradas numa conclusão final.

Critérios para argumentos fortes:

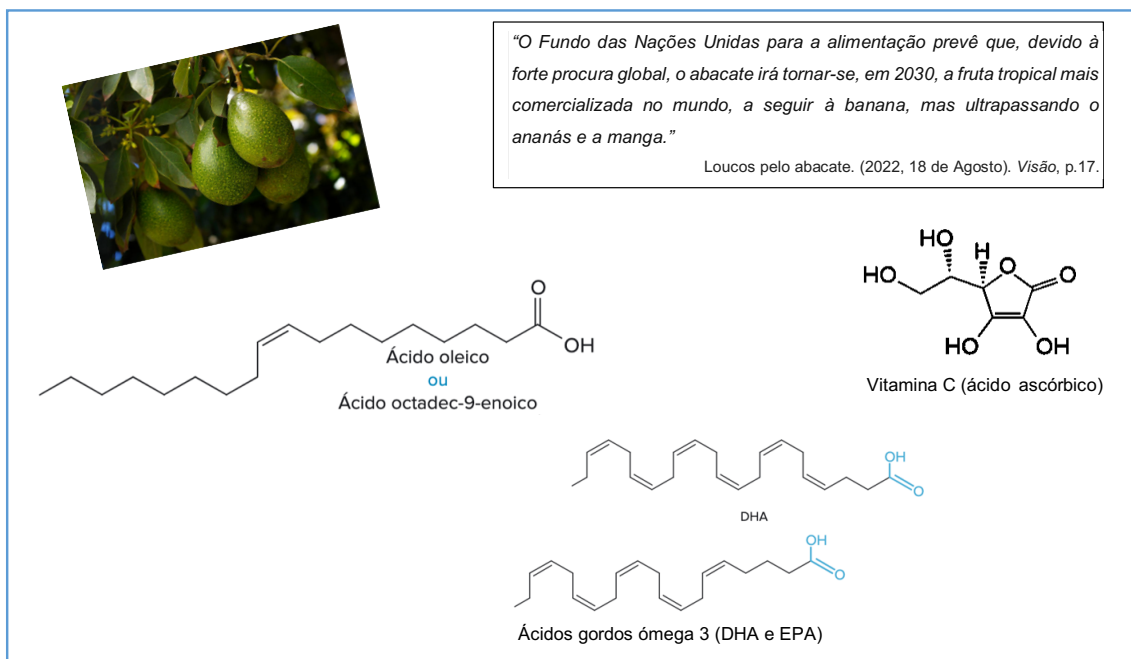
- ✓ Ter em consideração as evidências disponíveis (dados, informações).
- ✓ Afirmar a conclusão de forma clara, relacionando dados e conclusões
- ✓ Especificar quais evidências sustentam a conclusão e quais refutam ou criticam as escolhas rejeitadas.
- ✓ Integrar o maior número possível de dimensões no argumento.
- ✓ Escrever um argumento persuasivo: uma vez alcançado o consenso, devem escrever o argumento para persuadir, por exemplo, outro aluno de que a vossa escolha é a melhor.

Texto 1

Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável

É o exemplo perfeito de um alimento exótico que se tornou na norma, com consequências muito negativas: a insustentabilidade dos abacates, desde o consumo de água às emissões do transporte, está a fazer reconsiderar o seu uso.

O abacate é a fruta da moda. É amada por muitos pelo seu sabor leve e cremoso, pela sua versatilidade, pode ser usado em molhos, em tostas, em sobremesas e até em máscaras faciais e outros tratamentos de beleza, e por ser, altamente *instagramável*. E também tem inúmeros benefícios para a saúde: os abacates são uma fonte de proteínas vegetais e de gorduras boas, contém vitamina C, ómega 3 e um alto teor de fibras. No entanto, o fruto, que viu um *boom* na sua popularidade e consumo nos últimos anos, esconde um problema de sustentabilidade.



O abacate é das colheitas com uma maior pegada de carbono, além de necessitar de grandes quantidades de água para a sua produção. Nos países latino-americanos como o México e o Chile, dois dos maiores exportadores de abacate a nível global, o clima pode ser quente e seco, aumentando ainda mais o gasto de água com estas colheitas. Nestas regiões, produzir um único abacate pode requerer até 320 litros de água. Em comparação, a produção de um tomate ou uma laranja requer, em média, 5 e 22 litros e água, respetivamente. O fruto é indígena das regiões da América Central e do Sul, onde é consumido há milhares de anos. Apesar de ser produzido hoje noutros locais do mundo, ainda é na América Central e do Sul que se encontram os principais países produtores do fruto.

O abacateiro, no entanto, precisa de condições meteorológicas específicas para crescer, e é altamente sensível a alterações e eventos meteorológicos, como chuvas ou ventos fortes – o que o torna uma colheita especialmente ameaçada pelas alterações climáticas.

Uma pegada gigante

Por um lado, o abacate é uma vítima das alterações climáticas, que estão a tornar ainda mais difíceis as condições da sua produção. Por outro, o transporte do fruto acaba por piorar o problema. Devido às grandes distâncias que os abacates importados têm de percorrer até chegarem aos supermercados na Europa e outras regiões do mundo, têm uma pegada de carbono muito elevada. A consultora ambiental Carbon Footprint estima que uma embalagem com dois abacates pequenos tenha uma pegada de carbono de 846,36 gramas – quase o dobro da de um quilograma de bananas.

Além do mais, o comércio do abacate tende a ser negativo para as comunidades de países como o México, onde a produção intensiva do fruto tem um impacto a nível da segurança alimentar local. A crescente procura a nível global provoca um aumento dos preços, o que impossibilita as comunidades locais de

adquirirem um produto fortemente associado à sua cultura e que tem sido desde sempre uma parte fundamental das suas dietas.

A produção intensiva de abacate também tem recebido críticas por acelerar o processo de desflorestação – são abatidas grandes áreas de floresta para dar espaço a estas plantações. Nas produções industriais de abacate são ainda frequentemente utilizados químicos agrícolas em excesso, que degradam a qualidade dos solos.

Adaptado de Carvalho, R. (2021). Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável. *Visão Verde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: https://visao.sapo.pt/visao_verde/cop26/2021-11-07-como-a-popularidade-do-abacate-esta-a-torna-lo-insustentavel/

Texto 2

Comer abacate reduz o risco de doenças cardiovasculares, revela estudo feito ao longo de 30 anos que indica quantidade ideal.

O alto teor de fibra e a gordura insaturada presente no abacate, determinantes no controlo dos níveis de colesterol, já tinha sido observado em ensaios clínicos anteriores. O estudo publicado pelo *Journal of the American Heart Association* reforça que comer abacate ajuda a reduzir o risco de doenças cardiovasculares.

Ao longo de três décadas, a investigação acompanhou mais de cem mil pessoas, 68 786 mulheres e 41 701 homens. Nesse período, foram detetados 9 185 casos de doença coronária e 5 290 de acidentes vasculares cerebrais (AVC).

Tendo em conta os vários fatores de risco cardiovascular e a dieta dos participantes, os autores do trabalho, liderados por Lorena Pacheco, do departamento de nutrição da Escola de Saúde Pública de Harvard T.H. Chan, calcularam que comer porções equivalentes a meio abacate duas vezes por semana reduziu em 16% o risco de sofrer dessas doenças, em comparação com aqueles que nunca comem o fruto.

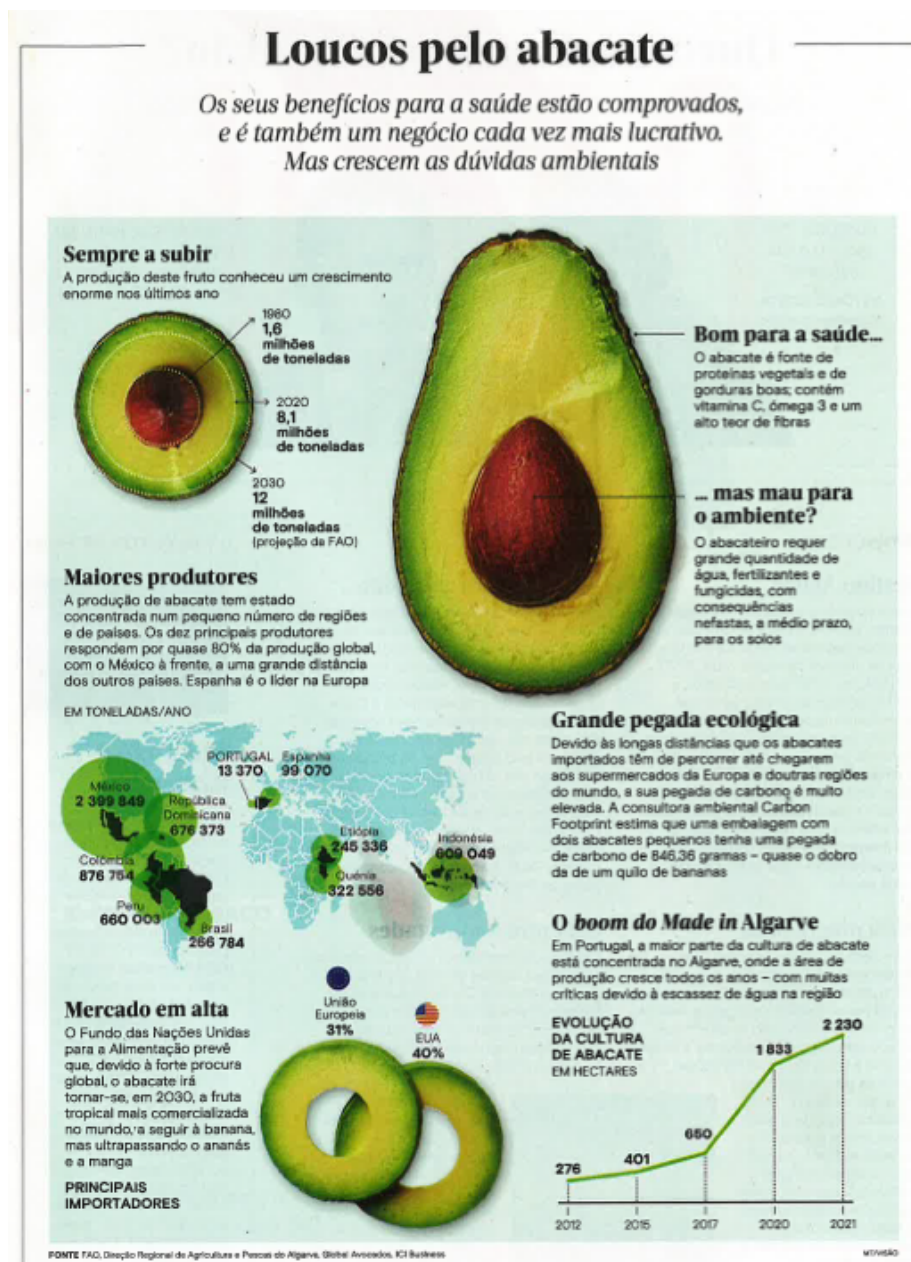
“O principal ácido gordo monoinsaturado encontrado no abacate é o ácido oleico [Omega 9], uma gordura saudável que acreditamos ajudar a reduzir a pressão arterial alta, a inflamação e a sensibilidade à insulina”, explica a investigadora. “Além disso, os abacates contêm esteróis vegetais e fibras solúveis, o que pode levar a níveis mais baixos de mau colesterol [LDL]”, acrescenta.

É interessante pensar no abacate como um substituto de outros tipos de alimentos com gorduras saturadas (manteiga ou bacon), por ser uma fruta bem aceite. O que poderá fazer mal na sua ingestão calórica, tantas vezes em forma de guacamole, será a combinação com outros alimentos cheios de gordura e sal, como tiras de milho ou batatas fritas.

Os autores do estudo concluíram que os abacates têm um efeito na redução do risco de doenças cardiovasculares semelhante ao do consumo de nozes ou azeite, dois tipos de alimentos também ricos em ácido oleico.

Adaptado de “Comer abacate reduz o risco de doenças cardiovasculares, revela estudo feito ao longo de 30 anos que indica quantidade ideal”. (2022). *Visão Saúde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://visao.sapo.pt/visaosaude/2022-06-12-comer-abacate-reduz-o-risco-de-doencas-cardiovasculares-revela-estudo-feito-ao-longo-de-30-anos-que-indica-quantidade-ideal/>

Texto 3



Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). *Visão*, p.17.

Texto 4

Abacate: uma moda que desertifica o Algarve

No Algarve, a agricultura intensiva de abacate tem vindo a substituir as culturas regionais por culturas tropicais de regadio intenso, prática que está a assolar a paisagem algarvia, paulatinamente. Estas novas práticas estão a provocar a transformação do horizonte português num horizonte tropical de monoculturas, o que causou um movimento de protesto na população contra a produção intensiva deste fruto.

As plantações de abacates dispararam nos últimos anos na Europa devido ao recente aumento da procura e consumo do abacate por ser associado a grandes benefícios para a saúde humana. As culturas de abacateiro, que já se fixaram no Algarve, ocupam cerca de 7% da área frutícola da zona, com alterações às típicas paisagens locais. Em 2019, a região algarvia estava a ser assolada pela seca e a plantação deste fruto tropical triplicou, começando a levantar dúvidas em relação à escassez da água e à possibilidade de não existirem recursos hídricos locais para poder sustentar esta monocultura e a população. Consequentemente, esta nova cultura, apesar de ser considerada mais rentável para a economia, está a ser alvo de discussões devido à pressão exercida nos aquíferos, segundo as declarações da AgroGes-Sociedade de Estudos e Projetos, Lda., “é usado, em média, 6.500 m³/ha por ano”, ou seja, a mesma quantidade média gasta pelas culturas dominantes.

O Ministério da Agricultura divulgou, em nota à população, que “não há grande diferença nas necessidades hídricas entre os citrinos e os abacateiros”. Apesar desta certeza dada pelo ministério, em 2020, o especialista Pedro Cunha Serra afirmou que é “uma situação preocupante nas albufeiras do Algarve e nos aquíferos que já davam sinais de estar esgotados, devido em parte à explosão do regadio no Algarve”. O facto da cultura não exigir tratamentos químicos, ser muito rentável e de não implicar o aumento da pegada ecológica, são argumentos usados em defesa pelos produtores de abacate. “Porque gasta água? Bom, nós temos de ter a intenção de saber qual é o rendimento efetivo do abacate e realmente, quais os seus efeitos secundários, mas o que constatamos é que não há nenhuma produção agrícola do Algarve mais rentável que o abacate” remata José Vitorino, da associação AlgFUTURO – União Empresarial do Algarve.

Adaptado de Martins, L. (2022). Abacate: uma moda que desertifica o Algarve. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://jra.abae.pt/plataforma/artigo/abacate-uma-moda-que-desertifica-o-algarve/>

Texto 5

“O abacate é um disparate! Não tem pés nem cabeça”

“O abacate é um disparate! Não consigo dizer de outra forma. Eu não consigo entender como é que se apostou, e não sei se subsidiou, na cultura de uma fruta tropical num sítio onde há pouquíssima água, o Algarve. Não tem pés nem cabeça!” É a resposta do ministro do Ambiente, João Pedro Matos Fernandes, em entrevista à CNN Portugal.

Mas então porque é que não acaba o ministro com esta produção em Portugal? “O abacate não tem licenciamento ambiental e muitas vezes nem tem licenciamento agrícola. Eu também o percebo, mal de

nós se quem planta couves e agora vai plantar batatas tivesse de pedir licença a alguém. O licenciamento existe agora sim para as grandes extensões (...) e isso acabou. Continua a existir liberdade para que algumas dessas plantações possam vir a ser feitas se forem de pequena dimensão.”

O abacate é só um exemplo. “Qual é o sector de atividade económica que do ponto de vista da preservação dos valores ambientais mais me preocupa em Portugal? Não tenho dúvidas nenhuma: não é a indústria, não é a mobilidade, não é a produção de energia – é a agricultura.” Porque a agricultura “cada vez mais usa água” e “mais artificializa o solo com fertilizantes”, o que faz como que esta seja “a única atividade económica em Portugal em que as emissões estão a crescer”.

Guerreiro, S. P. (2021). “O abacate é um disparate! Não tem pés nem cabeça”. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://cnnportugal.iol.pt/ambiente/agua/o-abacate-e-um-disparate-nao-tem-pes-nemcabeça/20221230/61ccf04c0cf2cc58e7da144b>

Grelha de avaliação da qualidade da argumentação (adaptado Erduran et al., 2004, p.928)

Nível 1	Argumentos que são uma afirmação simples versus uma contra-alegação (conclusão).
Nível 2	Argumentos que consistem numa afirmação versus uma afirmação com dados, garantias ou apoios, mas não contém refutações.
Nível 3	Argumentos com uma série de alegações ou contra-alegações com dados, garantias ou com a refutação fraca ou ocasional.
Nível 4	Argumentos com uma afirmação com uma refutação claramente identificável. Tal argumento pode ter várias alegações e contra-alegações.
Nível 5	Argumentos com mais do que uma refutação.

Referências bibliográficas

- Carvalho, R. (2021). Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável. *Visão Verde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: https://visao.sapo.pt/visao_verde/cop26/2021-11-07-como-a-popularidade-do-abacate-esta-a-torna-lo-insustentavel/
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education*, 88(6), 915-933. doi: 10.1002/sce.20012
- Erduran, S. (2007). Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In *Argumentation in science education* (pp. 47-69). Springer Netherlands.

- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. *Perspectives from classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- Guerreiro, S. P. (2021). "O abacate é um disparate! Não tem pés nem cabeça". Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://cnnportugal.iol.pt/ambiente/agua/o-abacate-e-um-disparate-nao-tem-pes-nemcabeça/20221230/61ccf04c0cf2cc58e7da144b>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Brocos, P. (2015). Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17, 139-159.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Brocos, P. (2017). Processes of negotiation in socio-scientific argumentation about vegetarianism in teacher education. In *Interpersonal argumentation in educational and professional contexts* (pp. 117-139). Springer, Cham.
- Katchevich, D., Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2013). Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in Science Education*, 43(1), 317-345. doi: 10.1007/s11165-011-9267-9
- Martins, L. (2022). Abacate: uma moda que desertifica o Algarve. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://jra.abae.pt/plataforma/artigo/abacate-uma-moda-que-desertifica-o-algarve/>
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *science*, 328(5977), 463-466.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Comer abacate reduz o risco de doenças cardiovasculares, revela estudo feito ao longo de 30 anos que indica quantidade ideal. (2022). *Visão Saúde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://visao.sapo.pt/visaosaude/2022-06-12-comer-abacate-reduz-o-risco-de-doencas-cardiovasculares-revela-estudo-feito-ao-longo-de-30-anos-que-indica-quantidade-ideal/>
- Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). *Visão*, p.17.

ATIVIDADE DE GRUPO
QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Aprendizagens essenciais

Fomentar o interesse pela importância do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual e uma tomada de decisões fundamentada procurando sempre um maior bem-estar social.

Áreas de competências inscritas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade

A, B, D, E, G e I.

Atividade

O trabalho é desenvolvido em grupos de 3 ou 4 alunos.

Duração

1 aula (50 minutos)

Tarefa

São muitas as notícias sobre o abacate e o Algarve. Lê e analisa com atenção as diferentes notícias que se seguem e em conjunto com os teus colegas de grupo, elabora um argumento sobre a questão **“Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?”**

Esta tarefa consiste em produzir uma argumentação sobre o dilema proposto trabalhando em pequenos grupos. O objetivo é chegar a um consenso dentro do grupo sobre qual a melhor escolha (conclusão). As imagens e notícias (recortes de jornais, revistas e informações online) e conhecimentos prévios podem ajudar a relacionar dados e evidências.

- Este dilema envolve diferentes dimensões (científica, cultural-pessoal, ecológica, ética, nutricional, socioeconómica). Assim, em grupo, podem estudar os dados disponíveis e discutir separadamente questões parciais como: O que é melhor para o meio ambiente? O que é melhor para a economia e para a sociedade? O que é melhor do ponto de vista ético? O que é melhor para saúde e nutrição? As respostas a estas questões (conclusões parciais) podem funcionar como diferentes linhas de raciocínio que deverão ser integradas numa conclusão final.

Critérios para argumentos fortes:

- ✓ Ter em consideração as evidências disponíveis (dados, informações).
- ✓ Afirmar a conclusão de forma clara, relacionando dados e conclusões
- ✓ Especificar quais evidências sustentam a conclusão e quais refutam ou criticam as escolhas rejeitadas.
- ✓ Integrar o maior número possível de dimensões no argumento.
- ✓ Escrever um argumento persuasivo: uma vez alcançado o consenso, devem escrever o argumento para persuadir, por exemplo, outro aluno de que a vossa escolha é a melhor.

Escreva um argumento estruturado, utilizando linguagem científica adequada, em que apresente a sua conclusão e os motivos do seu parecer ser favorável, ou contra, o aumento da produção de abacate no Algarve. Fundamente o seu ponto de vista com dados/evidências recolhidas nas notícias disponibilizadas.

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the paper.

AG4 – Alunos Página 2 de 2

ATIVIDADE 4

ATIVIDADE DE GRUPO

QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA E ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Texto 1

Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável

É o exemplo perfeito de um alimento exótico que se tornou na norma, com consequências muito negativas: a insustentabilidade dos abacates, desde o consumo de água às emissões do transporte, está a fazer reconsiderar o seu uso.

O abacate é a fruta da moda. É amada por muitos pelo seu sabor leve e cremoso, pela sua versatilidade, pode ser usado em molhos, em tostas, em sobremesas e até em máscaras faciais e outros tratamentos de beleza, e por ser, altamente *instagramável*. E também tem inúmeros benefícios para a saúde: os abacates são uma fonte de proteínas vegetais e de gorduras boas, contém vitamina C, ômega 3 e um alto teor de fibras. No entanto, o fruto, que viu um *boom* na sua popularidade e consumo nos últimos anos, esconde um problema de sustentabilidade.



“O Fundo das Nações Unidas para a alimentação prevê que, devido à forte procura global, o abacate irá tornar-se, em 2030, a fruta tropical mais comercializada no mundo, a seguir à banana, mas ultrapassando o ananás e a manga.”

Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). *Visão*, p.17.

CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)O
 Ácido oleico
 ou
 Ácido octadec-9-enoico

OCC(O)[C@H]1O[C@@H](O)C(=O)O1
 Vitamina C (ácido ascórbico)

CCCC=CCCC=CCCC=CCCC=CCCC(=O)O
 DHA

CCCC=CCCC=CCCC=CCCC=CCCC(=O)O
 Ácidos gordos ômega 3 (DHA e EPA)

O abacate é das colheitas com uma maior pegada de carbono, além de necessitar de grandes quantidades de água para a sua produção. Nos países latino-americanos como o México e o Chile, dois dos maiores exportadores de abacate a nível global, o clima pode ser quente e seco, aumentando ainda mais o gasto de água com estas colheitas. Nestas regiões, produzir um único abacate pode requerer até 320 litros de água. Em comparação, a produção de um tomate ou uma laranja requer, em média, 5 e 22 litros e água,

respetivamente. O fruto é indígena das regiões da América Central e do Sul, onde é consumido há milhares de anos. Apesar de ser produzido hoje noutros locais do mundo, ainda é na América Central e do Sul que se encontram os principais países produtores do fruto.

O abacateiro, no entanto, precisa de condições meteorológicas específicas para crescer, e é altamente sensível a alterações e eventos meteorológicos, como chuvas ou ventos fortes – o que o torna uma colheita especialmente ameaçada pelas alterações climáticas.

Uma pegada gigante

Por um lado, o abacate é uma vítima das alterações climáticas, que estão a tornar ainda mais difíceis as condições da sua produção. Por outro, o transporte do fruto acaba por piorar o problema. Devido às grandes distâncias que os abacates importados têm de percorrer até chegarem aos supermercados na Europa e outras regiões do mundo, têm uma pegada de carbono muito elevada. A consultora ambiental Carbon Footprint estima que uma embalagem com dois abacates pequenos tenha uma pegada de carbono de 846,36 gramas – quase o dobro da de um quilograma de bananas.

Além do mais, o comércio do abacate tende a ser negativo para as comunidades de países como o México, onde a produção intensiva do fruto tem um impacto a nível da segurança alimentar local. A crescente procura a nível global provoca um aumento dos preços, o que impossibilita as comunidades locais de adquirirem um produto fortemente associado à sua cultura e que tem sido desde sempre uma parte fundamental das suas dietas.

A produção intensiva de abacate também tem recebido críticas por acelerar o processo de deflorestação – são abatidas grandes áreas de floresta para dar espaço a estas plantações. Nas produções industriais de abacate são ainda frequentemente utilizados químicos agrícolas em excesso, que degradam a qualidade dos solos.

Adaptado de Carvalho, R. (2021). Como a popularidade do abacate está a torná-lo insustentável. *Visão Verde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: https://visao.sapo.pt/visao_verde/cop26/2021-11-07-como-a-popularidade-do-abacate-esta-a-toma-lo-insustentavel/

Texto 2

Comer abacate reduz o risco de doenças cardiovasculares, revela estudo feito ao longo de 30 anos que indica quantidade ideal.

O alto teor de fibra e a gordura insaturada presente no abacate, determinantes no controlo dos níveis de colesterol, já tinha sido observado em ensaios clínicos anteriores. O estudo publicado pelo *Journal of the American Heart Association* reforça que comer abacate ajuda a reduzir o risco de doenças cardiovasculares.

Ao longo de três décadas, a investigação acompanhou mais de cem mil pessoas, 68 786 mulheres e 41 701 homens. Nesse período, foram detetados 9 185 casos de doença coronária e 5 290 de acidentes vasculares cerebrais (AVC).

Tendo em conta os vários fatores de risco cardiovascular e a dieta dos participantes, os autores do trabalho, liderados por Lorena Pacheco, do departamento de nutrição da Escola de Saúde Pública de Harvard T.H. Chan, calcularam que comer porções equivalentes a meio abacate duas vezes por semana reduziu em 16% o risco de sofrer dessas doenças, em comparação com aqueles que nunca comem o fruto.

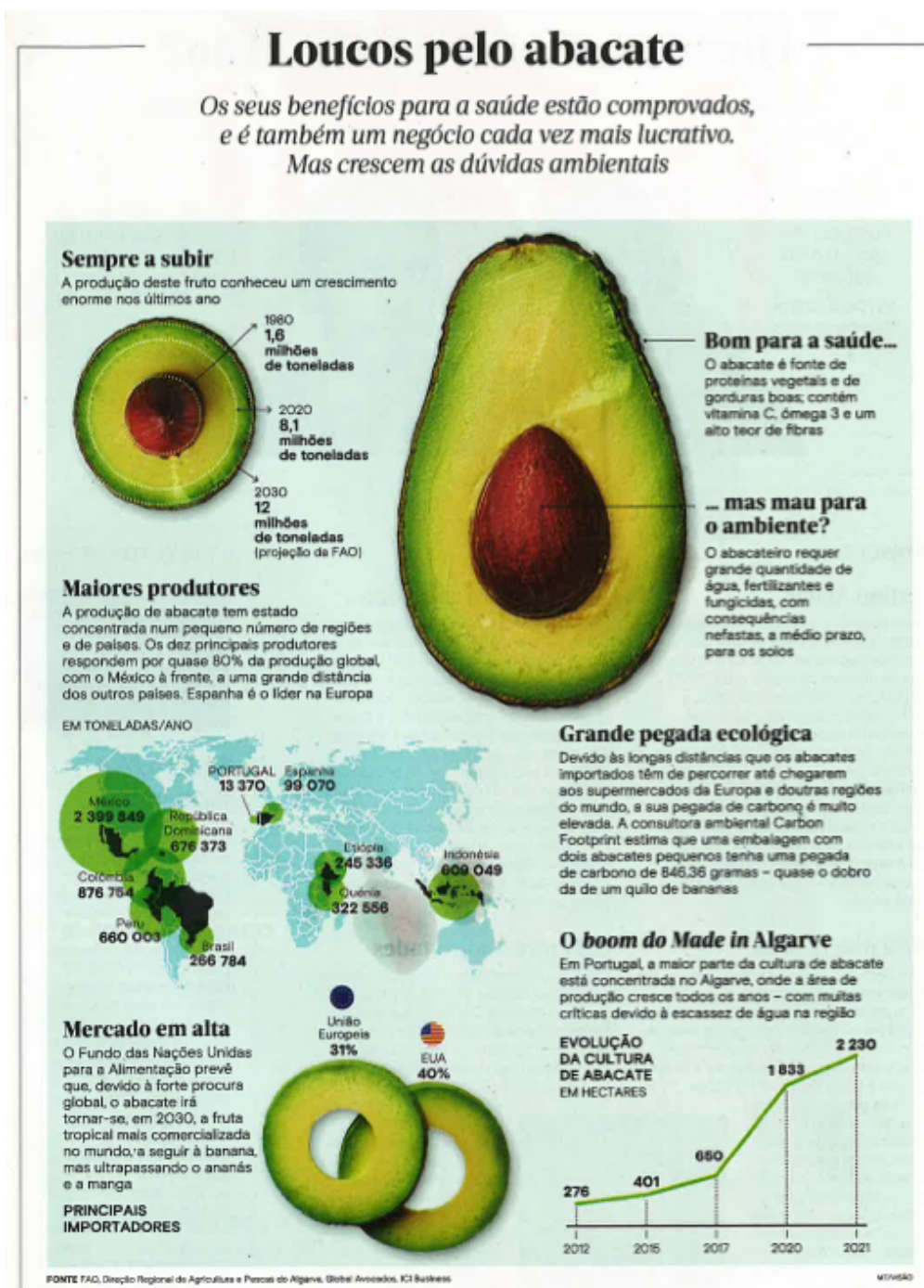
“O principal ácido gordo monoinsaturado encontrado no abacate é o ácido oleico [Omega 9], uma gordura saudável que acreditamos ajudar a reduzir a pressão arterial alta, a inflamação e a sensibilidade à insulina”, explica a investigadora. “Além disso, os abacates contêm esteróis vegetais e fibras solúveis, o que pode levar a níveis mais baixos de mau colesterol [LDL]”, acrescenta.

É interessante pensar no abacate como um substituto de outros tipos de alimentos com gorduras saturadas (manteiga ou bacon), por ser uma fruta bem aceite. O que poderá fazer mal na sua ingestão calórica, tantas vezes em forma de guacamole, será a combinação com outros alimentos cheios de gordura e sal, como tiras de milho ou batatas fritas.

Os autores do estudo concluíram que os abacates têm um efeito na redução do risco de doenças cardiovasculares semelhante ao do consumo de nozes ou azeite, dois tipos de alimentos também ricos em ácido oleico.

Adaptado de “Comer abacate reduz o risco de doenças cardiovasculares, revela estudo feito ao longo de 30 anos que indica quantidade ideal”. (2022). *Visão Saúde*. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://visao.sapo.pt/visaosaude/2022-06-12-comer-abacate-reduz-o-risco-de-doencas-cardiovasculares-revela-estudo-feito-ao-longo-de-30-anos-que-indica-quantidade-ideal/>

Texto 3



Loucos pelo abacate. (2022, 18 de Agosto). *Visão*, p.17.

Texto 4

Abacate: uma moda que desertifica o Algarve

No Algarve, a agricultura intensiva de abacate tem vindo a substituir as culturas regionais por culturas tropicais de regadio intenso, prática que está a assolar a paisagem algarvia, paulatinamente. Estas novas práticas estão a provocar a transformação do horizonte português num horizonte tropical de monoculturas, o que causou um movimento de protesto na população contra a produção intensiva deste fruto.

As plantações de abacates dispararam nos últimos anos na Europa devido ao recente aumento da procura e consumo do abacate por ser associado a grandes benefícios para a saúde humana. As culturas de abacateiro, que já se fixaram no Algarve, ocupam cerca de 7% da área frutícola da zona, com alterações às típicas paisagens locais. Em 2019, a região algarvia estava a ser assolada pela seca e a plantação deste fruto tropical triplicou, começando a levantar dúvidas em relação à escassez da água e à possibilidade de não existirem recursos hídricos locais para poder sustentar esta monocultura e a população. Consequentemente, esta nova cultura, apesar de ser considerada mais rentável para a economia, está a ser alvo de discussões devido à pressão exercida nos aquíferos, segundo as declarações da AgroGes-Sociedade de Estudos e Projetos, Lda., “é usado, em média, 6.500 m³/ha por ano”, ou seja, a mesma quantidade média gasta pelas culturas dominantes.

O Ministério da Agricultura divulgou, em nota à população, que “não há grande diferença nas necessidades hídricas entre os citrinos e os abacateiros”. Apesar desta certeza dada pelo ministério, em 2020, o especialista Pedro Cunha Serra afirmou que é “uma situação preocupante nas albufeiras do Algarve e nos aquíferos que já davam sinais de estar esgotados, devido em parte à explosão do regadio no Algarve”. O facto da cultura não exigir tratamentos químicos, ser muito rentável e de não implicar o aumento da pegada ecológica, são argumentos usados em defesa pelos produtores de abacate. “Porque gasta água? Bom, nós temos de ter a intenção de saber qual é o rendimento efetivo do abacate e realmente, quais os seus efeitos secundários, mas o que constatamos é que não há nenhuma produção agrícola do Algarve mais rentável que o abacate” remata José Vitorino, da associação AlgFUTURO – União Empresarial do Algarve.

Adaptado de Martins, L. (2022). Abacate: uma moda que desertifica o Algarve. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://jra.abae.pt/plataforma/artigo/abacate-uma-moda-que-desertifica-o-algarve/>

Texto 5

“O abacate é um disparate! Não tem pés nem cabeça”

“O abacate é um disparate! Não consigo dizer de outra forma. Eu não consigo entender como é que se apostou, e não sei se subsidiou, na cultura de uma fruta tropical num sítio onde há pouquíssima água, o Algarve. Não tem pés nem cabeça!” É a resposta do ministro do Ambiente, João Pedro Matos Fernandes, em entrevista à CNN Portugal.

Mas então porque é que não acaba o ministro com esta produção em Portugal? “O abacate não tem licenciamento ambiental e muitas vezes nem tem licenciamento agrícola. Eu também o percebo, mal de nós se quem planta couves e agora vai plantar batatas tivesse de pedir licença a alguém. O licenciamento existe agora sim para as grandes extensões (...) e isso acabou. Continua a existir liberdade para que algumas dessas plantações possam vir a ser feitas se forem de pequena dimensão.”

O abacate é só um exemplo. “Qual é o sector de atividade económica que do ponto de vista da preservação dos valores ambientais mais me preocupa em Portugal? Não tenho dúvidas nenhuma: não é a indústria, não é a mobilidade, não é a produção de energia – é a agricultura.” Porque a agricultura “cada vez mais usa água” e “mais artificializa o solo com fertilizantes”, o que faz como que esta seja “a única atividade económica em Portugal em que as emissões estão a crescer”.

Guerreiro, S. P. (2021). “O abacate é um disparate! Não tem pés nem cabeça”. Acedido em: 17, fevereiro, 2022, em: <https://cnnportugal.iol.pt/ambiente/agua/o-abacate-e-um-disparate-nao-tem-pes-nemcabeça/20221230/61ccf04c0cf2cc58e7da144b>

Anexo 9 – Inquérito por entrevista

- Guião de entrevista dos alunos
- Guião de entrevista dos professores

GUIÃO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA PARA ALUNOS

Considerações iniciais:

- A entrevista terá início com o agradecimento aos alunos pela sua disponibilidade para conceder a entrevista.
- Os alunos serão informados, que tal como previsto no consentimento informado, a entrevista será alvo de gravação áudio, para esses dados serem posteriormente analisados no âmbito da investigação em curso.
- A professora/investigadora fará uma breve evocação das aulas em que foram utilizados os módulos IBSE e, sempre que necessário, mostrará imagens dos recursos utilizados.

Neste ano letivo, durante o estudo da componente de química, foram desenvolvidos dois módulos de ensino das ciências baseada em investigação (IBSE). Em cada um desses módulos foi apresentada uma questão-problema para a qual, em grupos de trabalho, os alunos desenvolveram uma investigação para lhe dar resposta.

No módulo inquiry 1, que se desenrolou no subdomínio gases e dispersões, a questão proposta foi ***Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes?*** e no módulo inquiry 2 a questão relacionava-se com o subdomínio transformações químicas, tendo a questão sido a seguinte:

Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?

O módulo 1 iniciou-se com três questões para despertar o interesse e envolvimento dos alunos pelo tema e a visualização de um vídeo sobre a poluição do ar para familiarizar os alunos com os temas em estudo. A investigação desenvolvida foi sobre a composição da troposfera terrestre, identificando os gases essenciais para a existência de vida na Terra e os gases poluentes, evidenciando as principais fontes e alternativas para minorar as suas emissões. Os alunos realizaram uma atividade laboratorial, apresentaram oralmente os trabalhos desenvolvidos e elaboraram um documento para a exposição interativa.

O módulo 2, iniciou-se com a exploração de notícias e debate sobre a dependência da Europa do gás natural e uma investigação sobre a combustão do metano, promovendo-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável. De seguida, os alunos realizaram uma atividade laboratorial e uma atividade prática de sala de aula para, assim, responderem à questão-problema colocada. No final, foi proposto aos alunos a elaboração de uma notícia, infografia, podcast ou vídeo, com vantagens e

desvantagens sobre o recurso ao hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

Questões:

1. Considera que aprendeu mais com este tipo de ensino? Porquê? Consegue dar um exemplo? *(Se necessário, explicar aos alunos que o sentido de “aprender mais” se refere a ter conseguido construir mais conhecimento e ter desenvolvido mais competências científicas)*
2. Considera que aprendeu melhor com este tipo de ensino? Porquê? Consegue dar um exemplo? *(Se necessário, explicar aos alunos que o sentido de “aprender melhor” se refere ao processo e às metodologias de ensino usadas para a potenciação da aprendizagem e do desenvolvimento de competências científicas)*
3. Considera que a abordagem de ensino das ciências baseado na investigação (IBSE) motiva os alunos a fazer perguntas sobre o que estão a aprender? Se considera que sim, dê um exemplo. Se considera que não, justifique.
4. Qual foi a importância para o desenvolvimento das suas competências científicas ter feito atividades nas quais teve de planear, realizar, recolher, tratar e analisar dados, para a compreensão dos novos conceitos de química? (GE)
(Se necessário, recordar aos alunos os seguintes exemplos: “Densidade de metais” e “Dissolução do cloreto de sódio em água”)
5. Qual foi a importância para o desenvolvimento das suas competências científicas ter feito atividades nas quais teve de argumentar e comunicar, para o desenvolvimento dos trabalhos de investigação? (GE) *(Se necessário, recordar aos alunos algumas das atividades realizadas: “Dissolução do açúcar em água”, “Dissolução do cloreto de sódio em água” e “Aumentar a produção de abacate no Algarve: sim ou não?”)*
6. O trabalho que realizou com os módulos 1 e 2 contribuiu para alterar a sua opinião sobre a aplicação e relevância da química no nosso quotidiano? Pode justificar a sua resposta?
7. Quais foram as dificuldades sentidas durante o desenvolvimento do trabalho proposto nos módulos? *(Consoante as respostas dos alunos, podem usar-se algumas das seguintes possibilidades para aprofundar a reflexão: falta de tempo, seleção da informação, pesquisa da informação, falta de apoio/preparação, utilização das TIC, apresentação oral do trabalho, difícil relação com os colegas)*
8. No próximo ano, gostaria de voltar a ter este tipo de ensino das ciências baseado na investigação? Porquê?

GUIÃO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA PARA PROFESSORES

Considerações iniciais:

- A entrevista terá início com o agradecimento aos professores pela sua disponibilidade para conceder a entrevista e a colaboração na implementação dos módulos.
- Os professores serão informados, que a entrevista será alvo de gravação áudio, para os dados serem posteriormente analisados no âmbito da investigação em curso.
- A professora/investigadora fará uma breve evocação das aulas em que foram utilizados os módulos IBSE.

Neste ano letivo, durante o estudo da componente de química, foram desenvolvidos dois módulos de ensino das ciências baseada em investigação (IBSE). Em cada um desses módulos foi apresentada uma questão-problema para a qual, em grupos de trabalho, os alunos desenvolveram uma investigação para lhe dar resposta.

No módulo inquiry 1, que se desenrolou no subdomínio gases e dispersões, a questão proposta foi ***Gases na atmosfera – essenciais ou poluentes?*** e no módulo inquiry 2 a questão relacionava-se com o subdomínio transformações químicas, tendo a questão sido a seguinte: ***Em que medida o hidrogénio verde poderá ser uma alternativa ao gás natural?***

O módulo 1 iniciou-se com três questões para despertar o interesse e envolvimento dos alunos pelo tema e a visualização de um vídeo sobre a poluição do ar para familiarizar os alunos com os temas em estudo. A investigação desenvolvida foi sobre a composição da troposfera terrestre, identificando os gases essenciais para a existência de vida na Terra e os gases poluentes, evidenciando as principais fontes e alternativas para minorar as suas emissões. Os alunos realizaram uma atividade laboratorial, apresentaram oralmente os trabalhos desenvolvidos e elaboraram um documento para a exposição interativa.

O módulo 2, iniciou-se com a exploração de notícias e debate sobre a dependência da Europa do gás natural e uma investigação sobre a combustão do metano, promovendo-se a consciencialização e responsabilidade ambiental e social, com vista à construção de um futuro sustentável. De seguida, os alunos realizaram uma atividade laboratorial e uma atividade prática de sala de aula para, assim, responderem à questão-problema colocada. No final, foi proposto aos alunos a elaboração de uma notícia, infografia, podcast ou vídeo, com vantagens e

desvantagens sobre o recurso ao hidrogénio verde como substituinte do gás natural, para partilha com a comunidade.

Questões:

1. Considera que os alunos aprenderam mais e melhor com este tipo de ensino? Porquê? Consegue dar um exemplo?
2. Considera que a abordagem de ensino das ciências baseado na investigação (IBSE) motiva os alunos a fazer perguntas sobre o que estão a aprender? Se considera que sim, dê um exemplo. Se considera que não, justifique.
3. Os módulos 1 e 2 contribuíram para alterar a opinião dos alunos sobre a aplicação e relevância da química no nosso quotidiano? Pode justificar a sua resposta?
4. Quais considera terem sido as maiores dificuldades sentidas pelos alunos durante o desenvolvimento do trabalho proposto nos módulos?
5. Quais considera terem sido as maiores dificuldades por si sentidas durante o desenvolvimento dos módulos?
6. No próximo ano, gostaria de voltar a implementar este tipo de ensino das ciências baseado na investigação? Porquê?