

Feedback assistido por inteligência artificial e autorregulação da aprendizagem em Química: um estudo exploratório com alunos do 10º ano.

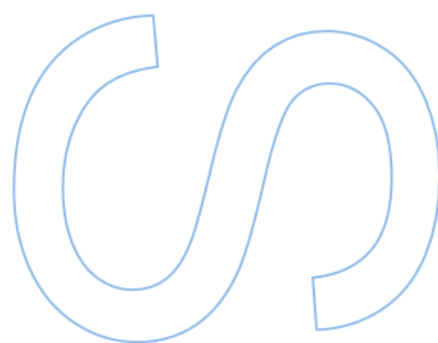
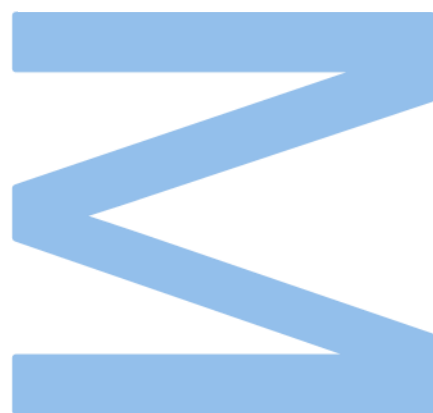
Daniel Filipe Teixeira Pereira

Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3ºCiclo do
Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2025/ 2026



Feedback assistido por inteligência artificial e autorregulação da aprendizagem em Química: um estudo exploratório com alunos do 10º ano.

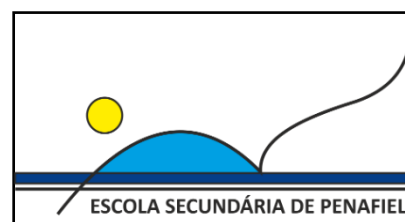
Daniel Filipe Teixeira Pereira

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3ºCiclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências
2025/ 2026

Orientador

Professor Doutor João Paiva, Prof. Associado c/ Agregação, FCUP



*Dedico este trabalho ao professor João Gilberto, à professora Laura Silva
e ao Chefe Jorge Reigada Vaz.*

Sem eles nunca saberia o verdadeiro significado de ser um educador.

Agradecimentos

A concretização deste relatório representa o conjunto de um percurso marcado por desafios, aprendizagens e crescimento pessoal e profissional. Por esse motivo, não poderia deixar de expressar o meu profundo agradecimento a todos aqueles que, de diferentes formas, contribuíram para esta etapa da minha vida. Ao professor Paulo Simeão, pelo acompanhamento, disponibilidade e orientação ao longo destes dois anos; à professora Carla Morais, pelo exemplo constante de dedicação, rigor, conhecimento e equilíbrio, tendo se revelado uma profissional de excelência e uma referência de grande admiração minha. A clareza com que ensina, a qualidade do seu trabalho e o compromisso que demonstra com a educação constituem uma inspiração para a minha futura prática docente. Ao professor João Paiva, meu orientador, pela sensatez, conhecimento e capacidade de reflexão que tão generosamente partilhou ao longo deste percurso. A profundidade do seu conhecimento e a forma ponderada como encara os desafios da educação constituem um exemplo que levarei comigo para o futuro.

À minha família, pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha formação. Aos meus padrinhos, pelo carinho e incentivo constantes. Tendo atenção especial aos meus avós, por me terem ensinado desde cedo o valor do conhecimento, da curiosidade e da procura constante de crescimento pessoal; à minha tia Marta, por ter despertado em mim a curiosidade pelo mundo. Aos meus padrinhos por serem um pilar fundamental durante todo este tempo, sendo valores de rigor, cuidado e humildade. Aos meus pais, os meus maiores professores, por todos os ensinamentos, valores e exemplos que me transmitiram ao longo da vida, tudo aquilo que sou hoje deve-se, em grande parte, ao amor, ao esforço e à dedicação que sempre colocaram na minha educação. À minha irmã, por tornar estes anos mais leves, mais felizes e mais espontâneos, com a sua presença, energia e capacidade de trazer alegria aos momentos mais exigentes foram um apoio constante ao longo deste percurso. À Telma, por ser um pilar indispensável em todos estes anos, pela compreensão, pelo incentivo, pela paciência e por permanecer presente nos momentos mais difíceis e também nos mais felizes. Gostaria também de agradecer à professora Carina Moreira, sem os seus ensinamentos nada disto teria sido possível, o rigor, paciência, dedicação e paixão pelo seu trabalho fazem dela uma profissional exemplar, obrigado por toda o seu trabalho e presença durante este último ano.

Por fim, ao Chefe Jorge Regada Vaz, a quem devo um agradecimento muito especial. , embora não seja professor de profissão, foi uma das pessoas que mais me ensinou ao longo da vida. Através do seu exemplo, da sua forma de pensar, de agir e de encarar o mundo, mostrou-me que a aprendizagem vai muito além das salas de aula e dos livros. Ensinou-me diferentes formas de olhar para o conhecimento, de questionar, de crescer e de procurar constantemente ser melhor. Sem a sua influência, dificilmente teria compreendido a verdadeira vocação que me trouxe até este percurso académico, pela inspiração, pela confiança e pelos ensinamentos que levarei para toda a vida, o meu mais sincero obrigado.

A todos, o meu profundo agradecimento.

Resumo

A crescente integração da *Inteligência Artificial* (IA) em contextos educativos tem criado novas oportunidades que podem dar apoio à aprendizagem dos alunos, nomeadamente através da disponibilização de feedback personalizado. No entanto, permanece limitada a evidência relativamente à utilização destas ferramentas para promover uma autorregulação da aprendizagem no ensino secundário, mais especificamente na Química.

Perante este cenário, foi desenvolvido e implementado um modelo pedagógico (*Anexo A*) que articula a ideia de “*Bilhetes à entrada*” e “*Bilhetes à saída*” (pequenos questionários diagnósticos realizados no início e no final de cada sessão), feedback assistido por IA, planeamento do estudo, ação orientada, reavaliação e feedback de consolidação. A intervenção decorreu ao longo de aproximadamente dois meses numa turma de 28 alunos do 10º ano da disciplina de *Física e Química A*, incidindo especialmente sobre a temática de “**Gases e Dispersões**” e “**Transformações Químicas**”, selecionada por serem exigentes na mobilização articulada de conceitos científicos bem como de competências de comunicação científica. Neste estudo foi adotada uma abordagem mista, recorrendo à aplicação do *Online Self-Regulated Learning Questionnaire* (OSLQ) antes e após a intervenção, à análise de bilhetes à entrada e à saída respondidos pelos alunos, através de rúbricas de resolução de problemas e comunicação científica, e à realização de entrevistas semiestruturadas.

Os resultados evidenciaram uma estabilidade global das dimensões de autorregulação avaliadas, destacando-se uma melhoria na gestão do tempo. As entrevistas revelaram uma perceção globalmente positiva do feedback recebido, considerado útil para a identificação de dificuldades, para a orientação do estudo e para a reflexão sobre a aprendizagem. Foram igualmente identificados fatores que condicionaram a utilização do feedback, nomeadamente o recurso a explicações em ambiente externo à escola e outras formas de apoio ao estudo. Este estudo fornece indícios de que o modelo implementado apresenta potencial como estratégia de integração pedagógica da IA em práticas de avaliação formativa, contribuindo para apoiar não só a reflexão dos alunos sobre as suas aprendizagens como também para promover processos associados à autorregulação do estudo.

Palavras-chave: inteligência artificial, avaliação formativa, feedback, autorregulação da aprendizagem, ensino da Química, ensino secundário.

Abstract

The growing integration of *Artificial Intelligence* (AI) into educational contexts has created new opportunities to support student learning, particularly through the provision of personalised feedback. However, evidence regarding the use of these tools to promote self-regulated learning in secondary education, especially in Chemistry, remains limited.

In response to this context, a pedagogical intervention model (*Appendix A*) was developed and implemented, combining entry tickets and exit tickets (short diagnostic questionnaires administered at the beginning and end of each session), AI-assisted feedback, study planning, guided action, reassessment, and consolidation feedback. The intervention was conducted over approximately two months with a class of 28 tenth-grade students enrolled in the Physics and Chemistry course. It focused on the topics of “**Gases and Dispersions**” and “**Chemical Transformations**”, selected due to the demands they place on the integrated mobilization of scientific concepts and scientific communication skills. A mixed-methods approach was adopted, involving the administration of the Online Self-Regulated Learning Questionnaire (OSLQ) before and after the intervention, the analysis of students’ entry and exit tickets using problem-solving and scientific communication rubrics, and the conduction of semi-structured interviews.

The results revealed overall stability across the self-regulated learning dimensions assessed, with a notable improvement in time management. Interview data indicated a positive perception of the feedback received, which students considered useful for recognizing learning difficulties, supporting study preparation, and encouraging reflection on their learning processes. Factors influencing the use of feedback were also identified, including participation in private tutoring and the use of other external sources of academic support. The findings provide preliminary evidence that the proposed intervention model has potential as a pedagogical strategy for integrating AI into formative assessment practices, supporting students’ reflection on their learning and fostering processes associated with self-regulated study.

Keywords: artificial intelligence; feedback; formative assessment; self-regulated learning; chemistry education; secondary education.

Índice

Resumo	ii
Lista de Abreviaturas	vi
Lista de Tabelas	vi
1.Introdução.....	1
2.Dossier de estágio: apresentação sintética	3
3. Enquadramento Teórico	4
3.1 Autorregulação da aprendizagem e feedback formativo	4
3.2 Inteligência Artificial como suporte ao feedback educativo	5
3.3 Feedback e aprendizagem da Química	6
4 – Enquadramento didático-curricular	7
5. Prática em Terreno Escolar e Ensaio de investigação	8
5.1 Contexto de intervenção.....	8
5.2 Questão de investigação e objetivos	9
5.3 Desenho da intervenção.....	9
5.4 Instrumentos e recolha de dados	11
5.4.1 Online Self-Regulated Learning Questionnaire (OSLQ)	11
5.4.2 Bilhetes à entrada	11
5.4.3 Feedback assistido por inteligência artificial.....	12
5.4.4 Bilhete à saída	12
5.4.5 Entrevistas semiestruturadas	13
5.4.6 Rubricas de avaliação.....	13
5.4.7 Declaração Ética.....	14
5.5 Procedimentos de análise dos dados	14
5.5.1 Análise dos dados do OSLQ.....	14
5.5.2 Análise do desempenho académico.....	14
5.5.3 Análise das entrevistas	15
5.5.4 Triangulação dos dados.....	15
6. Resultados.....	16
6.1. Autorregulação da aprendizagem.....	16

6.1.1 Resultados globais do OSLQ	16
6.1.2 Resultados por dimensão	16
6.1.3 Discussão dos resultados do OSLQ	17
6.2 Desempenho académico	17
6.2.1 Resultados globais	17
6.2.2 Resultados por domínio de avaliação	18
6.2.3 Discussão dos resultados académicos	18
6.3 Resultados das entrevistas	19
6.3.1 Utilidade percebida do feedback	19
6.3.2 Influência nas estratégias de estudo	19
6.3.3 Barreiras à utilização do feedback	20
6.3.4 Influência de outras fontes de apoio	20
6.3.5 Perceção da utilização da inteligência artificial	21
6.4 Discussão integrada dos resultados	21
7. Conclusões	22
8. Reflexão Autocrítica	23
Referências Bibliográficas	27
Anexos	27
Anexo A - Representação conceptual do modelo	29
Anexo B – Aprendizagens essenciais referentes aos conteúdos de “Gases e Dispersões” e de “Transformações Químicas”	30
Anexo C – Questionário OSLQ	31
Anexo D – Rubricas de avaliação utilizadas para feedback	2
Anexo E – Guião das entrevistas	4
Anexo F – 1º Bilhete à entrada e respetivos critérios de correção	7
Anexo G – 2º Bilhete à entrada e respetivos critérios de correção	10
Anexo H – Prompt utilizado para obter Feedback Individual	13
Anexo I – Exemplo de Feedback Individual	14
Anexo J – Bilhete à Saída e respetivos critérios de correção	20
Anexo K – Tabelas	30
Anexo L – Parecer da Comissão de Ética	35

Anexo M – Consentimento para os pais dos respetivos alunos	37
Anexo N – Assentimento para os alunos participantes	38

Lista de Abreviaturas

DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tabela-resumo dos instrumentos	30
Tabela 2 - Valores globais do OSLQ antes e após a intervenção	30
Tabela 3 - Valores do 2º teste (antes da intervenção) e 3º teste (após a intervenção) e respetiva variação.....	30
Tabela 4 - Resultados médios por dimensão do OSLQ	31
Tabela 5 - Respostas das entrevistas	31
Tabela 6 - Síntese das categorias relativas à utilidade do feedback	32
Tabela 7 - Influência nas estratégias de estudo	33
Tabela 8 - Barreiras à utilização do feedback	33
Tabela 9 - Influências de outras fontes de apoio.....	33
Tabela 10 – Perceção da utilização da IA.....	34
Tabela 11 - Síntese global das entrevistas	34

1.Introdução

Atualmente, o ensino das ciências enfrenta o desafio de promover aprendizagens que ultrapassem a simples memorização de conceitos, privilegiando o desenvolvimento de competências que capacitam os alunos para compreender, aplicar e comunicar o conhecimento científico de forma autónoma. No contexto da disciplina de *Física e Química A*, esta necessidade torna-se particularmente evidente quando os alunos são confrontados com conteúdos que exigem deles uma articulação de múltiplos conceitos, a interpretação de informação científica e a explicitação do raciocínio utilizado na resolução de problemas.

O feedback tem sido amplamente reconhecido como um dos elementos com maior potencial para apoiar o progresso dos alunos pois quando adequadamente concebido, pode fornecer aos alunos informação relevante sobre o seu desempenho, apoiando a tomada de decisões relativamente às aprendizagens futuras e favorecendo uma participação mais ativa no processo de aprendizagem. No entanto, em contexto escolar, a disponibilização de um feedback individualizado constitui frequentemente um desafio em virtude do elevado número de alunos, da heterogeneidade das suas necessidades e das limitações de tempo inerentes à prática docente.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de ferramentas de *Inteligência Artificial* (IA) tem vindo a abrir novas possibilidades para apoiar processos educativos, nomeadamente através da geração de feedback personalizado. Estas ferramentas apresentam potencial para complementar práticas de avaliação formativa já existentes, permitindo disponibilizar aos alunos orientações mais frequentes e individualizadas. Apesar das expectativas geradas, permanece a necessidade de compreender de que forma a sua integração influencia efetivamente a aprendizagem dos alunos em contextos reais de sala de aula.

Neste enquadramento, foi desenvolvido especificamente para o presente estudo um modelo pedagógico original (*Anexo A*), concebido pelo investigador a partir da integração de contributos da literatura sobre autorregulação da aprendizagem, feedback formativo e inteligência artificial em educação. Embora inspirado em modelos teóricos previamente publicados, o modelo apresentado constitui uma proposta conceptual própria, desenvolvida para responder aos objetivos desta investigação e ao contexto específico da disciplina de Física e Química A. Este modelo foi concebido para articular: momentos de diagnóstico, feedback assistido por IA, planeamento do estudo, ação orientada, reavaliação e consolidação das aprendizagens. A intervenção foi

implementada numa turma do 10º ano da disciplina de Física e Química A do curso de Ciências e Tecnologias, incidindo sobre as temáticas de **“Gases e Dispersões”** e **“Transformações Químicas”**, duas unidades curriculares que exigem dos alunos a mobilização articulada de conceitos científicos e competências de comunicação científica. O modelo conceptual apresentado no Anexo A constitui uma das contribuições originais deste estudo.

Com este estudo pretende-se explorar a utilização de feedback assistido IA em contexto de Física e Química A, analisando a sua relação com processos de autorregulação da aprendizagem e com as percepções dos alunos relativamente à utilização do feedback.

O presente relatório encontra-se organizado em oito secções principais. Após esta introdução, apresenta-se uma síntese do dossier de estágio, seguindo-se o enquadramento teórico e o enquadramento didático-curricular. Posteriormente, descreve-se a prática desenvolvida em contexto escolar e o ensaio investigativo realizado, sendo apresentados e discutidos os principais resultados obtidos. O relatório termina com as conclusões, reflexão autocrítica e referências bibliográficas.

2.Dossier de estágio: apresentação sintética

O dossier de estágio poderá ser encontrado no link seguinte:

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=727470&pv_cod=01aOaaBWpaSa

3. Enquadramento Teórico

3.1 Autorregulação da aprendizagem e feedback formativo

A autorregulação da aprendizagem refere-se à capacidade dos alunos para gerir ativamente o seu processo de aprendizagem através da definição de objetivos, monitorização do progresso e avaliação dos resultados obtidos (Zimmerman, 2000). Neste contexto, os alunos assumem um papel ativo na construção do conhecimento, selecionando estratégias de estudo, acompanhando o seu desempenho e ajustando as suas ações em função das dificuldades identificadas.

Entre os modelos mais influentes neste domínio destaca-se o modelo cíclico de Zimmerman (2002), que organiza a autorregulação em três fases interligadas: antecipação, desempenho e autorreflexão. Na fase de *antecipação* são definidos objetivos e planeadas estratégias de ação; durante a fase de *desempenho* ocorre a implementação dessas estratégias e a monitorização da aprendizagem; por fim, na fase de *autorreflexão* os alunos avaliam os resultados alcançados e identificam possíveis ajustes para situações futuras. Este processo é dinâmico e contínuo, permitindo uma adaptação progressiva às exigências das tarefas de aprendizagem.

A investigação tem demonstrado que alunos com níveis mais elevados de autorregulação tendem a apresentar uma maior autonomia, persistência e capacidade para lidar com desafios académicos (Panadero, 2017; Tinajero et al., 2024). Por este motivo, a promoção de competências autorregulatórias tem assumido crescente relevância nos contextos educativos, sendo considerada um fator importante para o sucesso académico e para a aprendizagem ao longo da vida.

Segundo Hattie e Timperley (2007), o feedback constitui um mecanismo que permite aos alunos comparar o seu desempenho atual com os objetivos pretendidos, favorecendo processos de monitorização e ajustamento da aprendizagem. De forma semelhante, Sadler (1989) defende que o feedback só contribui para a aprendizagem quando possibilita aos alunos reconhecer a discrepância entre o desempenho atual e o desempenho desejado, fornecendo orientações que permitam reduzir essa diferença.

Desta forma, o feedback pode apoiar diferentes dimensões da autorregulação, nomeadamente a definição de objetivos, a monitorização do progresso e a reflexão

sobre a aprendizagem. Neste estudo, estas dimensões foram analisadas através do *Online Self-Regulated Learning Questionnaire* (OSLQ) (Barnard-Brak et al., 2010), instrumento que avalia aspetos relacionados com o estabelecimento de objetivos, a gestão do tempo, as estratégias de aprendizagem, a procura de ajuda e a autoavaliação. Embora tenha sido originalmente desenvolvido para contextos de aprendizagem online, o instrumento foi selecionado devido à correspondência das suas dimensões com os principais processos de autorregulação descritos na literatura.

3.2 Inteligência Artificial como suporte ao feedback educativo

O desenvolvimento recente da IA, em particular dos modelos generativos baseados em linguagem natural, tem criado novas possibilidades para apoiar processos de ensino e aprendizagem. Estas ferramentas são capazes de gerar explicações, responder a questões, produzir exemplos e fornecer feedback adaptado às necessidades dos utilizadores, permitindo níveis de personalização dificilmente alcançáveis em contextos educativos tradicionais (Kasneci et al., 2023; UNESCO, 2023).

No contexto educativo, a literatura tem identificado potencialidades associadas à utilização da IA na promoção da aprendizagem autónoma, no esclarecimento de dúvidas e na disponibilização de feedback imediato aos alunos (Tlili et al., 2023). A capacidade de fornecer orientações individualizadas assume particular relevância em contextos de avaliação formativa, onde o feedback desempenha um papel fundamental não só no reconhecimento de fragilidades, como também na orientação de estratégias de melhoria.

Revisões recentes da literatura sugerem que a utilização de ferramentas de IA pode contribuir para aumentar o envolvimento dos alunos, apoiar processos de estudo e facilitar o acesso a apoio personalizado fora do contexto da sala de aula (Garzón et al., 2025; Hon, 2025). Estas potencialidades apresentam especial interesse quando articuladas com modelos de autorregulação da aprendizagem, uma vez que permitem disponibilizar aos alunos informação frequente e individualizada ao longo do processo de aprendizagem. Apesar destes benefícios, a utilização da IA em educação levanta igualmente desafios importantes. Entre as principais limitações identificadas destacam-se a possibilidade de produção de informação incorreta, a dependência excessiva destas ferramentas e a necessidade de supervisão humana na validação das respostas geradas (Kasneci et al., 2023; UNESCO, 2023). Por este motivo, diversos autores

defendem que a IA deve ser entendida como uma ferramenta complementar ao trabalho docente e não como um substituto do professor.

Importa ainda reconhecer que a utilização da IA em contextos educativos constitui um campo de investigação recente e em rápida evolução. Consequentemente, apesar do crescente número de estudos publicados, permanece limitada a evidência empírica relativa à sua utilização em contextos reais de sala de aula, particularmente ao nível da promoção da autorregulação da aprendizagem através de processos de feedback. Esta lacuna justifica o desenvolvimento de estudos exploratórios que permitam compreender de que forma estas ferramentas podem ser integradas em práticas pedagógicas concretas.

3.3 Feedback e aprendizagem da Química

A aprendizagem da *Química* apresenta desafios específicos decorrentes da necessidade de relacionar diferentes níveis de representação dos fenómenos químicos. Segundo Johnstone (1991), a compreensão destes fenómenos exige a articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, o que constitui uma dificuldade frequente para muitos alunos.

No caso particular dos conteúdos de “**Gases e Dispersões**”, a compreensão dos fenómenos estudados exige a articulação entre observações macroscópicas e modelos explicativos de natureza corpuscular. Embora o ensino secundário aborde estes conteúdos sobretudo numa perspetiva introdutória, a literatura em educação química evidencia que muitas dificuldades dos alunos resultam da interpretação inadequada das relações entre partículas, movimento molecular e propriedades observáveis dos sistemas materiais (Taber, 2002). A construção destes modelos explicativos constitui um dos desafios centrais da aprendizagem da Química, uma vez que envolve entidades que não são diretamente observáveis e cuja compreensão exige elevados níveis de abstração. No domínio das “**Transformações Químicas**”, a compreensão dos mecanismos subjacentes às reações químicas exige igualmente a articulação entre representações simbólicas, observações experimentais e interpretações ao nível submicroscópico. Em particular, a compreensão de fenómenos fotoquímicos implica reconhecer que a energia luminosa pode promover alterações eletrónicas nas espécies químicas, desencadeando processos de transformação da matéria. Estas relações entre energia, estrutura da matéria e transformação química constituem exemplos da complexidade conceptual frequentemente associada à aprendizagem da Química.

Para além da compreensão conceptual, a aprendizagem da Química envolve igualmente a interpretação de informação científica, a resolução de problemas e a utilização adequada da linguagem científica. Diversos estudos têm demonstrado que os alunos tendem a privilegiar procedimentos algorítmicos em detrimento da compreensão conceptual dos fenómenos químicos, o que pode comprometer a transferência e aplicação do conhecimento a novas situações (Cooper et al., 2016; Sevian & Talanquer, 2014; Cooper & Stowe, 2018).

Neste contexto, a disponibilização de informação específica sobre as respostas produzidas pelos alunos pode contribuir para uma compreensão mais rigorosa dos conceitos científicos e para o aperfeiçoamento da comunicação em Química (Evans, 2013; Wisniewski, Zierer & Hattie, 2020). Para além disso, o feedback pode contribuir para o desenvolvimento da comunicação científica, ao apoiar a utilização de terminologia adequada, a justificação de raciocínios e a construção de explicações mais rigorosas (Osborne, 2010).

4 – Enquadramento didático-curricular

A disciplina de Física e Química A integra o plano curricular dos cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias e de Ciências Socioeconómicas do Ensino Secundário, assumindo um papel fundamental na promoção da literacia científica dos alunos. Para além da aquisição de conhecimentos específicos das áreas da Física e da Química, a disciplina visa o desenvolvimento de competências associadas à interpretação de fenómenos naturais, à resolução de problemas, ao pensamento crítico, à comunicação científica e à tomada de decisões fundamentadas.

As *Aprendizagens Essenciais* da disciplina encontram-se alinhadas com os princípios definidos no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, promovendo uma abordagem centrada no desenvolvimento integrado de conhecimentos, capacidades, atitudes e valores. Assume, assim, particular relevância, o desenvolvimento de competências relacionadas com a autonomia, a reflexão crítica, a comunicação e a capacidade de aprender ao longo da vida. A intervenção desenvolvida no âmbito deste trabalho procurou enquadrar-se nestes princípios orientadores, promovendo estratégias de estudo e utilização de feedback que favorecessem uma participação mais ativa dos alunos no seu processo de aprendizagem. A intervenção foi implementada durante o estudo das temáticas “**Gases**

e **Dispersões**” e **“Transformações Químicas”**, conteúdos integrados nas Aprendizagens Essenciais do 10.º ano de escolaridade (*Anexo B*). A seleção destes conteúdos resultou da sua relevância curricular e da diversidade de competências. Estas temáticas caracterizam-se por exigir a mobilização simultânea de conhecimentos conceptuais, competências de comunicação científica e capacidades de resolução de problemas, constituindo por isso um contexto particularmente adequado para a implementação de estratégias de feedback orientadas para a melhoria das aprendizagens.

A avaliação das aprendizagens dos alunos foi realizada de acordo com os critérios de avaliação definidos pelo grupo disciplinar de Física e Química da escola, organizados em quatro domínios principais: *Conhecimento* (D1), *Comunicação Científica* (D2), *Resolução de Problemas* (D3) e *Atividades Laboratoriais* (D4). O domínio *Conhecimento* incide sobre a compreensão e aplicação de conceitos científicos, leis, princípios e teorias. O domínio *Comunicação Científica* valoriza a utilização adequada da linguagem científica e a capacidade de comunicar informação de forma clara e rigorosa. O domínio *Resolução de Problemas* contempla a interpretação de situações, a seleção de estratégias e a aplicação de conhecimentos em contextos diversificados. Por fim, o domínio *Atividades Laboratoriais* relaciona-se com a realização, interpretação e análise de atividades experimentais. A utilização destes domínios permitiu enquadrar a análise do desempenho académico dos alunos ao longo da intervenção, assegurando a articulação entre os objetivos da investigação e os referenciais de avaliação adotados pela escola.

5. Prática em Terreno Escolar e Ensaio de investigação

5.1 Contexto de intervenção

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito da *Prática de Ensino Supervisionada do Mestrado em Ensino de Física e Química*, numa turma do 10º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária de Penafiel.

A turma era constituída por 28 alunos e apresentava características heterogéneas ao nível do desempenho académico, coexistindo alunos com elevado

potencial académico e outros que evidenciavam dificuldades persistentes em diferentes domínios da disciplina. A observação realizada ao longo do estágio permitiu identificar dificuldades relacionadas com a interpretação de enunciados, a mobilização de conhecimentos em novas situações, a resolução de problemas e a clarificação do raciocínio científico. Foram igualmente observadas diferenças significativas ao nível dos hábitos de estudo e da autonomia dos alunos na preparação das atividades de avaliação.

5.2 Questão de investigação e objetivos

Este estudo procurou explorar o potencial do feedback assistido por IA como uma estratégia de apoio à aprendizagem em contexto de ensino secundário. Partindo da relevância atribuída ao feedback na promoção da autorregulação da aprendizagem, pretende-se compreender de que forma os alunos interpretaram, utilizaram e valorizaram o feedback recebido ao longo da intervenção. Neste sentido, foi definida a seguinte questão de investigação:

“De que forma a utilização de feedback assistido por IA contribui para apoiar processos de autorregulação da aprendizagem em alunos do 10º ano da disciplina de Física e Química A?”

De forma a responder a esta questão foram estabelecidos os seguintes objetivos: como objetivo geral definiu-se a exploração do potencial do feedback assistido por IA enquanto estratégia de apoio à autorregulação da aprendizagem em alunos do ensino secundário. Como objetivos específicos definiram-se também os seguintes: analisar possíveis alterações nos níveis de autorregulação da aprendizagem dos alunos ao longo da intervenção; analisar a evolução do desempenho dos alunos nos instrumentos de avaliação utilizados; compreender a forma como os alunos interpretaram e utilizaram o feedback recebido, identificar fatores que facilitaram ou dificultaram a utilização do feedback e explorar a relação entre feedback recebido e as estratégias de estudo adotadas pelos alunos.

5.3 Desenho da intervenção

A intervenção foi implementada entre os dias 13 de janeiro e 23 de fevereiro de 2026. O estudo seguiu uma abordagem de métodos mistos, combinando recolha e análise de dados quantitativos e qualitativos de forma a obter uma compreensão mais abrangente do fenómeno em estudo. O modelo representado no Anexo A foi concebido especificamente para este trabalho. A sua estrutura resulta da adaptação e articulação de diferentes referenciais teóricos sobre aprendizagem autorregulada, avaliação

formativa e utilização pedagógica da inteligência artificial, sendo posteriormente operacionalizado para o contexto da disciplina de Física e Química A. A organização do modelo procurou acompanhar o ciclo de autorregulação descrito por Zimmerman (2002). Os bilhetes à entrada correspondem à fase de monitorização inicial; o feedback apoia a identificação da discrepância entre o desempenho atual e o esperado (Sadler, 1989; Hattie & Timperley, 2007); o planeamento do estudo corresponde à fase de antecipação; e os bilhetes à saída permitem promover processos de autorreflexão. Numa fase inicial, os alunos responderam ao *Online Self-Regulated Learning Questionnaire (OSLQ)*, (Anexo C), instrumento utilizado para avaliar os seus processos de autorregulação da aprendizagem antes da implementação da intervenção. Posteriormente foram desenvolvidos dois ciclos sucessivos de avaliação formativa, sendo que a organização geral do modelo pedagógico implementado se encontra representada no *Anexo A*, onde são ilustradas as diferentes fases do ciclo de autorregulação da aprendizagem que orientou a intervenção. Cada ciclo iniciou-se com a realização de uma atividade diagnóstica designada por “*bilhete à entrada*”, correspondente a uma ficha de trabalho relativa aos conteúdos em estudo. Após a análise das respostas, foi produzido feedback individualizado assistido por IA (Anexo H), com base numa rubrica previamente definida e alinhada com os critérios de avaliação da disciplina (Anexo D); este consistia num conjunto de comentários individualizados elaborados a partir das respostas produzidas pelos alunos e dos critérios de avaliação previamente definidos. Todas as atividades de avaliação utilizadas como bilhetes à entrada e bilhete à saída foram realizadas em condições controladas de sala de aula, equivalentes às de uma prova escrita, sem recurso a materiais de consulta.

Após a realização dos dois ciclos de feedback, os alunos realizaram uma avaliação escrita de carácter sumativo, utilizada como “*bilhete à saída*”. Esta avaliação permitiu recolher informação sobre o desempenho dos alunos após a implementação da intervenção. Concluída a fase de aplicação do modelo, os alunos voltaram a responder ao OSLQ, permitindo analisar possíveis alterações nas dimensões de autorregulação avaliadas pelo instrumento. Dos 28 alunos da turma, 24 responderam quer ao questionário inicial quer ao questionário final, constituindo a amostra utilizada na análise comparativa. Por fim foram realizadas entrevistas semiestruturadas (Anexo E) a alunos participantes, com o objetivo de compreender a forma como estes percecionaram o feedback recebido, a utilidade que lhe atribuíram e o modo como o integraram nas suas estratégias de estudo.

5.4 Instrumentos e recolha de dados

Para avaliar os efeitos da intervenção foram utilizados diferentes instrumentos de recolha de dados, procurando combinar informação quantitativa e qualitativa. A *Tabela 1* sintetiza os instrumentos utilizados ao longo da intervenção, os momentos da sua aplicação e a finalidade associada a cada um deles. A recolha de dados incluiu a aplicação do OSLQ, atividades de diagnóstico e consolidação (bilhetes à entrada e bilhetes à saída), feedback assistido por inteligência artificial e entrevistas semiestruturadas realizadas após a conclusão da intervenção.

5.4.1 Online Self-Regulated Learning Questionnaire (OSLQ)

O OSLQ (Barnard-Brak et al., 2010) foi aplicado em dois momentos: antes do início da intervenção e após a sua conclusão. O instrumento permitiu recolher informação relativa às dimensões de autorregulação da aprendizagem analisadas neste estudo, nomeadamente definição de objetivos, gestão do tempo, estratégias de realização de tarefas, estruturação do ambiente de estudo, procura de ajuda e autoavaliação. Os resultados obtidos foram posteriormente comparados para identificar possíveis alterações nos processos autorregulatórios dos participantes. A estrutura do questionário, bem como as dimensões avaliadas pelo instrumento, encontram-se apresentadas no *Anexo C*. Embora tenha sido originalmente desenvolvido para contextos de aprendizagem online, o OSLQ foi selecionado devido à correspondência das suas dimensões com os processos de autorregulação analisados neste estudo.

5.4.2 Bilhetes à entrada

Foram utilizados dois bilhetes à entrada, correspondentes a atividades diagnósticas realizadas antes do estudo autónomo dos conteúdos selecionados. Estes instrumentos foram realizados em sala de aula ajudaram a identificar dificuldades iniciais dos alunos e constituíram a base para a elaboração do feedback individualizado. Os dois bilhetes à entrada utilizados durante a intervenção, bem como os respetivos critérios de correção, encontram-se apresentados nos *Anexos F e G*.

Os bilhetes à entrada foram realizados em contexto de sala de aula, em condições equivalentes às de uma prova escrita. Durante a sua realização, os alunos não puderam recorrer a qualquer recurso de apoio (manuais, apontamentos, calculadora com memória, dispositivos eletrónicos ou comunicação entre pares), sendo-lhes solicitado que respondessem exclusivamente com base nos conhecimentos que possuíam nesse momento. Esta opção metodológica teve como objetivo obter um

diagnóstico fidedigno das suas aprendizagens iniciais e fundamentar a elaboração do feedback individualizado.

5.4.3 Feedback assistido por inteligência artificial

O feedback foi produzido com recurso a uma ferramenta de Inteligência Artificial (IA), utilizando um prompt desenvolvido especificamente para este estudo pelo investigador, sendo disponibilizado aos alunos aproximadamente 24 horas após a realização do respetivo bilhete à entrada. As orientações pedagógicas que estruturaram o feedback foram previamente definidas pelo investigador, incluindo os critérios de análise das respostas, os aspetos a valorizar, a identificação das principais dificuldades e as recomendações de melhoria a fornecer aos alunos. As respostas produzidas pelos alunos foram analisadas à luz dos critérios de correção estabelecidos para cada atividade, sendo posteriormente gerado um feedback individualizado alinhado com os critérios de avaliação da disciplina e com os objetivos da intervenção. Um exemplo do prompt utilizado encontra-se apresentado no Anexo H, enquanto um exemplo do feedback individual produzido através deste procedimento é apresentado no Anexo I.

O feedback individualizado foi produzido com recurso ao ChatGPT (OpenAI), modelo GPT-5.5, através de engenharia de prompts desenvolvida especificamente para este estudo. O modelo foi utilizado exclusivamente como ferramenta de apoio à redação e organização do feedback, não tendo participado na definição dos critérios pedagógicos, das orientações de avaliação ou das recomendações educativas, os quais foram integralmente concebidos pelo investigador. Todas as respostas geradas pela IA foram posteriormente revistas, validadas e, sempre que necessário, reformuladas pelo investigador antes da sua disponibilização aos alunos, assegurando que o conteúdo final permanecesse rigoroso, pedagogicamente adequado e coerente com os objetivos da investigação. Deste modo, toda a responsabilidade científica, pedagógica e ética relativa ao feedback disponibilizado permaneceu sob responsabilidade do professor-investigador.

5.4.4 Bilhete à saída

Como instrumento de consolidação e avaliação final da intervenção foi utilizado um teste de avaliação realizado no dia 9 de fevereiro de 2026, considerado como *“bilhete à saída”*. Este instrumento permitiu recolher informação sobre o desempenho dos alunos após os dois ciclos de feedback implementados ao longo da intervenção, incidindo sobre os conteúdos trabalhados durante o período em estudo e integrando questões que mobilizavam conhecimentos conceptuais, comunicação científica e resolução de problemas. Os resultados obtidos foram posteriormente analisados em

articulação com os restantes instrumentos de recolha de dados, permitindo explorar possíveis relações entre a utilização do feedback e o desempenho académico dos alunos. O instrumento utilizado como bilhete à saída, bem como os respetivos critérios de correção, encontra-se apresentado no *Anexo J*.

O bilhete à saída foi igualmente realizado em contexto de sala de aula e nas mesmas condições de uma prova escrita, sem consulta de qualquer recurso de apoio. Pretendeu-se, deste modo, assegurar que o desempenho observado refletisse os conhecimentos efetivamente adquiridos pelos alunos após a intervenção, permitindo uma comparação mais consistente com os resultados obtidos nos bilhetes à entrada.

5.4.5 Entrevistas semiestruturadas

Após a conclusão da intervenção, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os 24 dos 28 alunos participantes, pois 4 dos alunos não preencheram os questionários OSLQ fazendo com que não pudessem ser recolhidos dados relativamente aos mesmos. Este instrumento teve como principal objetivo compreender a forma como os alunos interpretaram, utilizaram e valorizaram o feedback recebido ao longo do estudo. As entrevistas contribuíram para explorar aspetos que dificilmente poderiam ser captados através de questionários ou resultados académicos, nomeadamente as perceções dos alunos relativamente à utilidade do feedback, as estratégias utilizadas para o integrar no estudo e os fatores que facilitaram ou dificultaram a sua utilização. O guião de entrevista, presente no *Anexo E* foi organizado em torno de diferentes dimensões relacionadas com a receção do feedback, a sua influência nas estratégias de estudo, a perceção do seu impacto na aprendizagem e as dificuldades encontradas durante o processo.

5.4.6 Rubricas de avaliação

A análise do desempenho dos alunos foi apoiada por rubricas de avaliação construídas com base nos critérios definidos pelo grupo disciplinar de Física e Química da escola (*Anexo O*). Estas contemplaram, em particular, os domínios de comunicação científica e resolução de problemas permitindo uma análise mais detalhada das respostas produzidas pelos alunos e assegurando uma maior consistência na elaboração do feedback disponibilizado. Para além da sua utilização na avaliação das respostas aos bilhetes à entrada e ao “*bilhete à saída*”, estas rúbricas desempenharam um papel fundamental na estruturação dos feedbacks gerados, contribuindo para garantir a coerência entre os critérios de avaliação utilizados na disciplina e as orientações fornecidas aos alunos. As rubricas utilizadas na análise das respostas dos alunos e na elaboração do feedback encontram-se apresentadas no *Anexo D*.

5.4.7 Declaração Ética

Este estudo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética, (ver Anexo L). Também foi dado aos pais dos alunos um Consentimento (ver Anexo M) e um Assentimento aos respetivos alunos (ver Anexo N), no qual ambos preencheram a dar o seu parecer na participação neste estudo.

5.5 Procedimentos de análise dos dados

Os dados recolhidos ao longo da intervenção foram analisados através de uma abordagem de métodos mistos, combinando técnicas quantitativas e qualitativas. Esta opção metodológica procurou proporcionar uma compreensão mais abrangente do fenómeno em estudo, permitindo articular informação proveniente de diferentes instrumentos de recolha de dados.

5.5.1 Análise dos dados do OSLQ

Os resultados obtidos através do OSLQ foram analisados de forma descritiva, recorrendo ao cálculo das pontuações médias obtidas pelos participantes antes e após a intervenção. Para além da análise da pontuação global de autorregulação da aprendizagem, procedeu-se igualmente à análise das diferentes dimensões avaliadas pelo instrumento: estabelecimento de objetivos (Goal Setting), estruturação do ambiente de estudo (Environment Structuring), estratégias de realização de tarefas (Task Strategies), gestão do tempo (Time Management), procura de ajuda (Help Seeking) e autoavaliação (Self-Evaluation).

A *Tabela 2* apresenta as dimensões consideradas na análise, as questões correspondentes do questionário e os valores médios obtidos antes e após a intervenção, bem como a respetiva variação observada. Esta abordagem permitiu identificar não apenas eventuais alterações globais nos níveis de autorregulação da aprendizagem, mas também diferenças específicas entre as várias dimensões avaliadas pelo instrumento. A comparação entre os resultados pré e pós-intervenção permitiu identificar tendências de evolução nos processos de autorregulação dos alunos. Esta análise incidiu exclusivamente sobre os 24 participantes que responderam às duas aplicações do questionário. As tabelas completas utilizadas na análise quantitativa dos resultados encontram-se apresentadas no Anexo K.

5.5.2 Análise do desempenho académico

O desempenho académico dos alunos também foi analisado a partir dos resultados obtidos nos instrumentos de avaliação utilizados durante a intervenção. Para tal, foram considerados os resultados do teste de avaliação realizado antes da

intervenção (*Teste 2*) e do teste de avaliação realizado após a implementação dos dois ciclos de feedback (*Teste 3*). Para além das classificações globais, procedeu-se à análise dos diferentes domínios de avaliação definidos pelo grupo disciplinar de Física e Química da escola: *Conhecimento* (D1), *Comunicação Científica* (D2), *Resolução de Problemas* (D3) e *Atividades Laboratoriais* (D4).

A *Tabela 3* apresenta os valores médios obtidos pelos alunos nos diferentes domínios de avaliação, antes e após a intervenção, bem como a respetiva variação observada, esta organização permitiu analisar separadamente diferentes dimensões do desempenho académico e identificar possíveis tendências de evolução ao longo do período de implementação do estudo. Atendendo ao carácter exploratório da investigação e às diferenças existentes entre os instrumentos de avaliação utilizados, a análise centrou-se na identificação de tendências de evolução e não na realização de comparações de natureza inferencial.

5.5.3 Análise das entrevistas

As entrevistas semiestruturadas foram analisadas recorrendo a uma abordagem de análise temática, permitindo identificar padrões de resposta e compreender as perceções dos alunos relativamente à utilização do feedback assistido por IA. As categorias resultantes desta análise encontram-se sintetizadas nas *Tabelas 5 a 10*, apresentadas em anexo.

Numa primeira fase, procedeu-se à leitura integral das respostas de forma a obter uma visão global dos dados recolhidos. Posteriormente, foram identificadas unidades de significado relacionadas com os objetivos da investigação nomeadamente a utilização do feedback, a sua utilidade percebida, as alterações nas estratégias de estudo e os fatores que facilitaram ou dificultaram a sua utilização. As respostas foram posteriormente agrupadas em categorias temáticas, permitindo organizar a informação e identificar tendências comuns entre os participantes.

5.5.4 Triangulação dos dados

De forma a reforçar a consistência da interpretação dos resultados, procedeu-se à triangulação dos dados provenientes das diferentes fontes de informação utilizadas no estudo. A análise integrou os resultados obtidos através do OSLQ, os dados relativos ao desempenho académico e as informações recolhidas nas entrevistas semiestruturadas, a articulação destas diferentes perspetivas permitiu uma compreensão mais aprofundada da forma como os alunos utilizaram o feedback recebido e da sua relação com os processos de autorregulação da aprendizagem. Esta

abordagem possibilitou não apenas a identificação de tendências entre os diferentes instrumentos, como também a compreensão das possíveis discrepâncias entre os resultados quantitativos e as percepções expressas pelos participantes.

6. Resultados

6.1. Autorregulação da aprendizagem

As tabelas detalhadas que serviram de base às análises quantitativas encontram-se apresentadas no Anexo K.

6.1.1 Resultados globais do OSLQ

Os valores médios globais obtidos pelos participantes antes e após a intervenção encontram-se apresentados na *Tabela 2*. A comparação entre os dois momentos revela uma reduzida variação da pontuação global de autorregulação da aprendizagem, sugerindo uma estabilidade geral dos resultados obtidos. Embora se observe uma ligeira evolução positiva, a magnitude da diferença registada não evidencia alterações expressivas nas dimensões avaliadas pelo instrumento ao longo da intervenção. Atendendo à natureza multidimensional da autorregulação da aprendizagem, procedeu-se posteriormente à análise individual das diferentes dimensões avaliadas pelo OSLQ.

6.1.2 Resultados por dimensão

Os valores médios obtidos pelos participantes em cada uma das dimensões avaliadas pelo OSLQ antes e após a intervenção estão disponibilizados na *Tabela 2*, bem como a respetiva variação observada. A análise destes resultados permite uma compreensão mais detalhada das diferentes componentes da autorregulação da aprendizagem, possibilitando a identificação de tendências específicas que não são visíveis através da análise da pontuação global.

De uma forma geral, verificaram-se alterações de reduzida magnitude na maioria das dimensões analisadas. A dimensão *Environment Structuring* apresentou uma ligeira variação positiva (+0,03), enquanto *Task Strategies* (-0,06), *Self-Evaluation* (-0,03), *Goal Setting* (-0,18) e *Help Seeking* (-0,18) registaram pequenas diminuições. A dimensão *Time Management* evidenciou a variação mais expressiva, apresentando um aumento de 0,29 pontos entre os dois momentos de aplicação do questionário. Este resultado contrasta com a relativa estabilidade observada nas restantes dimensões, constituindo a principal diferença identificada nesta análise. Globalmente, os resultados sugerem uma manutenção dos níveis de autorregulação avaliados pelo instrumento,

acompanhada por uma evolução mais favorável nos aspetos relacionados com a gestão do tempo.

6.1.3 Discussão dos resultados do OSLQ

Os resultados quantitativos detalhados que sustentam esta análise encontram-se apresentados no Anexo K. A análise dos resultados do OSLQ sugere que a intervenção não esteve associada a alterações expressivas nos níveis globais de autorregulação da aprendizagem, observando-se uma relativa estabilidade das diferentes dimensões avaliadas ao longo do período de implementação. A exceção mais evidente correspondeu à dimensão Time Management, que apresentou a evolução mais favorável entre os dois momentos de aplicação do questionário. Este resultado poderá estar relacionado com a natureza do feedback disponibilizado durante a intervenção, que procurava identificar aspetos a melhorar e orientar os alunos na preparação das atividades subsequentes e na gestão do estudo. Neste sentido, o feedback poderá ter favorecido uma utilização mais intencional do tempo dedicado às tarefas escolares.

Nas restantes dimensões observaram-se apenas pequenas oscilações, não sendo possível identificar alterações consistentes nos processos de definição de objetivos, utilização de estratégias de aprendizagem, procura de ajuda ou autoavaliação. Estes resultados poderão estar relacionados com a duração relativamente limitada da intervenção, uma vez que a literatura descreve a autorregulação da aprendizagem como um processo gradual cuja consolidação exige tempo, prática e monitorização continuada (Zimmerman, 2002; Panadero, 2017).

Assim, os resultados obtidos parecem indicar que os efeitos da intervenção foram mais evidentes nos aspetos relacionados com a gestão do tempo do que nas restantes dimensões avaliadas pelo OSLQ. Esta estabilidade observada não deve ser interpretada como ausência de impacto, uma vez que alterações em competências autorregulatórias poderão exigir períodos de intervenção mais prolongados para se tornarem claramente mensuráveis através deste tipo de instrumento.

6.2 Desempenho académico

6.2.1 Resultados globais

Os resultados médios obtidos pelos alunos no Teste 2 (realizado antes da intervenção) e no Teste 3 (realizado após a sua conclusão) encontram-se apresentados na *Tabela 3*. A comparação entre os dois momentos permitiu complementar a análise dos processos de autorregulação da aprendizagem através da caracterização do desempenho académico dos participantes.

Verifica-se uma diferença entre as classificações globais obtidas nos dois momentos de avaliação, evidenciando uma variação do desempenho médio da turma ao longo do período de implementação da intervenção. Estes resultados devem ser interpretados com prudência, atendendo às diferenças existentes entre os instrumentos de avaliação utilizados e ao carácter exploratório do presente estudo.

6.2.2 Resultados por domínio de avaliação

A *Tabela 3* também apresenta os valores médios obtidos pelos alunos nos diferentes domínios de avaliação considerados neste estudo: *Conhecimento* (D1), *Comunicação Científica* (D2), *Resolução de Problemas* (D3) e *Atividades Laboratoriais* (D4).

A análise dos resultados evidencia comportamentos distintos entre os vários domínios avaliados. Enquanto alguns domínios apresentaram variações reduzidas entre os dois momentos de avaliação, outros registaram diferenças mais expressivas, sugerindo que o desempenho dos alunos não evoluiu de forma uniforme em todas as dimensões consideradas. Importa salientar que cada domínio avalia competências distintas, incluindo a mobilização de conhecimentos científicos, a resolução de problemas e a comunicação científica. Neste sentido, as diferenças observadas poderão refletir não apenas o domínio dos conteúdos abordados, mas também as características específicas das tarefas incluídas em cada instrumento de avaliação.

Globalmente, os resultados sugerem uma evolução heterogénea do desempenho académico, não sendo possível identificar um padrão comum a todos os domínios analisados.

6.2.3 Discussão dos resultados académicos

A interpretação dos resultados académicos deve ser realizada com prudência. Embora tenham sido identificadas diferenças entre os dois momentos de avaliação, estas não evidenciam uma tendência consistente de evolução do desempenho académico dos participantes. Um dos aspetos que importa considerar prende-se com as características dos instrumentos de avaliação utilizados. Apesar de ambos os testes integrarem os domínios de avaliação definidos pela disciplina, os conteúdos abordados e as competências mobilizadas não eram totalmente coincidentes. Consequentemente, as diferenças observadas poderão refletir não apenas alterações no desempenho dos alunos, mas também as especificidades de cada prova.

Adicionalmente, a natureza exploratória do estudo, a dimensão reduzida da amostra e a inexistência de um grupo de controlo limitam a possibilidade de estabelecer

relações causais entre a intervenção implementada e os resultados académicos obtidos. Neste sentido, os resultados académicos devem ser entendidos como uma fonte complementar de informação, contribuindo para a caracterização global da intervenção, mas não como uma medida direta do seu impacto. A interpretação destes dados ganha maior significado quando articulada com os resultados do OSLQ e com as percepções dos alunos recolhidas através das entrevistas, permitindo uma compreensão mais abrangente dos possíveis efeitos da intervenção

6.3 Resultados das entrevistas

Com o objetivo de compreender a forma como os alunos interpretaram e utilizaram o feedback assistido por IA, foram realizadas entrevistas semiestruturadas após a conclusão da intervenção. A análise das respostas permitiu identificar diferentes categorias temáticas relacionadas com a utilidade do feedback, a sua influência nas estratégias de estudo, os obstáculos à sua utilização, o recurso a outras fontes de apoio e a percepção da utilização da inteligência artificial.

6.3.1 Utilidade percebida do feedback

Os participantes atribuíram utilidade ao feedback disponibilizado durante a intervenção. As respostas recolhidas sugerem que os alunos reconheceram o contributo das orientações recebidas para compreender melhor as respostas produzidas e identificar aspetos suscetíveis de melhoria. A *Tabela 6* apresenta as principais categorias identificadas relativamente à utilidade percebida do feedback.

Entre os aspetos mais valorizados destacam-se a clareza das orientações fornecidas e a possibilidade de receber informação individualizada sobre os erros cometidos. Os participantes referiram ainda que o feedback contribuiu para uma melhor compreensão dos conteúdos que exigiam maior atenção durante o estudo. Globalmente, os testemunhos recolhidos evidenciam uma percepção favorável do feedback enquanto recurso de apoio à aprendizagem.

6.3.2 Influência nas estratégias de estudo

Para além da utilidade atribuída ao feedback, vários participantes referiram alterações na forma como preparavam o estudo após a receção das orientações. As respostas sugerem que o feedback contribuiu para uma redefinição das prioridades de estudo e para uma atenção mais direcionada aos conteúdos considerados mais difíceis. As categorias associadas a esta dimensão encontram-se sistematizadas na *Tabela 7*.

Alguns participantes referiram igualmente uma maior preocupação em rever os erros identificados e compreender as justificações apresentadas. Embora estas

alterações não tenham sido referidas por todos os entrevistados, os testemunhos recolhidos sugerem que o feedback foi utilizado como apoio na preparação das atividades de avaliação e na tomada de decisões relacionadas com o estudo.

6.3.3 Barreiras à utilização do feedback

Apesar da avaliação globalmente positiva do feedback, foram igualmente identificados fatores que condicionaram a sua utilização. Alguns participantes apresentaram limitações relacionadas com o tempo disponível para analisar as orientações recebidas, enquanto outros reconheceram que nem sempre consultaram o feedback de forma sistemática. A *Tabela 8* apresenta as principais barreiras identificadas pelos participantes.

Foram também mencionadas dificuldades na interpretação ou aplicação prática de algumas orientações durante o estudo autónomo. Estes testemunhos sugerem que a disponibilização de feedback, por si só, não garante a sua utilização efetiva, dependendo igualmente do envolvimento dos alunos e da forma como integram as informações recebidas nas suas estratégias de aprendizagem. Os resultados obtidos reforçam a importância do papel ativo do aluno na utilização do feedback como recurso de apoio à aprendizagem.

6.3.4 Influência de outras fontes de apoio

Os participantes referiram igualmente recorrer a outras fontes de apoio durante o estudo, incluindo apontamentos pessoais, materiais disponibilizados pelo professor, manuais escolares, colegas e recursos digitais. Estas fontes foram frequentemente utilizadas em conjunto com o feedback recebido, contribuindo para a preparação das atividades de avaliação. As diferentes fontes de apoio referidas pelos participantes encontram-se sintetizadas na *Tabela 9*. Entre as fontes de apoio mencionadas, destacaram-se particularmente as explicações frequentadas por alguns participantes. Os alunos que recorriam a este tipo de acompanhamento referiram frequentemente utilizar as orientações fornecidas pelos explicadores em articulação com os restantes recursos de estudo, incluindo o feedback disponibilizado no âmbito da intervenção. Esta situação sugere que parte das alterações observadas nas estratégias de estudo poderá ter resultado da influência combinada de diferentes formas de apoio à aprendizagem.

A presença destas formas complementares de apoio sugere que os comportamentos de estudo observados não podem ser atribuídos exclusivamente ao feedback disponibilizado no âmbito da intervenção. Os alunos recorreram a diferentes recursos, articulando-os de acordo com as suas necessidades e preferências; esta

diversidade de fontes evidencia a natureza multifatorial dos processos de aprendizagem e reforça a necessidade de interpretar os resultados obtidos de forma contextualizada.

6.3.5 Perceção da utilização da inteligência artificial

Relativamente à utilização da IA, os participantes demonstraram uma perceção globalmente favorável da sua integração no processo de feedback. Foram frequentemente destacados a rapidez na disponibilização das orientações e o carácter individualizado das respostas fornecidas. A *Tabela 10* apresenta a síntese das perceções dos participantes relativamente à utilização da inteligência artificial no contexto da intervenção. Apesar desta apreciação positiva, alguns participantes salientaram a importância da supervisão do professor na validação das informações disponibilizadas, demonstrando consciência das limitações associadas à utilização destas ferramentas em contextos educativos. Globalmente, os resultados sugerem que a IA foi percecionada como um recurso complementar ao processo de ensino e aprendizagem, sendo particularmente valorizada pela capacidade de fornecer feedback individualizado.

6.4 Discussão integrada dos resultados

A análise integrada dos resultados quantitativos e qualitativos permite obter uma compreensão mais abrangente dos efeitos da intervenção implementada. Embora os resultados do OSLQ não evidenciem alterações expressivas nos níveis globais de autorregulação da aprendizagem, os dados qualitativos sugerem que os participantes atribuíram utilidade ao feedback disponibilizado e reconheceram contributos relevantes para a organização do estudo e para a reflexão sobre o próprio desempenho. Esta diferença entre os resultados quantitativos e qualitativos não deve ser entendida como contraditória. Como referido anteriormente, a literatura descreve a autorregulação da aprendizagem como um processo gradual, cuja consolidação tende a exigir períodos prolongados de prática, monitorização e reflexão (Zimmerman, 2002; Panadero, 2017). Importa salientar que o modelo conceptual utilizado não corresponde à aplicação direta de um modelo previamente publicado, mas sim a uma proposta pedagógica desenvolvida especificamente para esta investigação, integrando contributos de diferentes referenciais teóricos sobre autorregulação da aprendizagem, feedback formativo e inteligência artificial em educação. Neste contexto, é possível que a intervenção tenha favorecido alterações na forma como os alunos interpretavam e utilizavam a informação resultante da avaliação, sem que essas mudanças se refletissem de forma evidente nos indicadores avaliados pelo OSLQ.

Os resultados das entrevistas parecem reforçar esta interpretação. Os participantes valorizaram particularmente a informação disponibilizada sobre as respostas produzidas e a possibilidade de utilizar essa informação na preparação das atividades subsequentes. Foram igualmente referidas alterações na organização do estudo e na forma como os alunos analisavam o seu desempenho, sugerindo uma utilização mais consciente da informação resultante da avaliação.

Relativamente ao desempenho académico, os resultados não evidenciaram uma tendência consistente de evolução. Atendendo às características dos instrumentos utilizados, às diferenças entre os conteúdos avaliados e à natureza exploratória do estudo, estes dados devem ser interpretados com prudência, não permitindo estabelecer relações causais entre a intervenção implementada e as variações observadas. Considerando conjuntamente as diferentes fontes de dados, o impacto da intervenção parece ter sido mais evidente na forma como os participantes utilizaram a informação disponibilizada pela avaliação do que em alterações diretamente observáveis através dos instrumentos quantitativos utilizados. Esta interpretação encontra-se alinhada com a natureza exploratória do estudo e com o papel atribuído ao feedback formativo na promoção da aprendizagem autorregulada.

Em síntese, os resultados obtidos sugerem que o feedback assistido por IA pode constituir um recurso pedagógico relevante para complementar práticas de avaliação formativa no ensino da Química. Embora os efeitos observados tenham sido mais evidentes ao nível das perceções dos participantes do que nos indicadores quantitativos analisados, os dados recolhidos apontam para o potencial desta abordagem na promoção de processos associados à aprendizagem autorregulada. Estes resultados devem, contudo, ser interpretados à luz das limitações do estudo, justificando a realização de investigações futuras em contextos educativos mais diversificados.

7. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo explorar o potencial do feedback assistido por inteligência artificial na promoção da autorregulação da aprendizagem em Química, procurando compreender de que forma a integração desta tecnologia poderia contribuir para práticas de avaliação formativa em contexto escolar. Os resultados obtidos permitiram verificar a viabilidade da implementação do modelo pedagógico desenvolvido em contexto real de sala de aula. A articulação entre bilhetes à entrada,

feedback assistido por IA e momentos de consolidação revelou-se operacionalmente exequível e foi globalmente bem aceite pelos participantes, sugerindo que este tipo de abordagem pode ser integrado em práticas pedagógicas centradas no acompanhamento das aprendizagens.

Relativamente aos objetivos do estudo, os resultados não evidenciaram alterações expressivas nos indicadores quantitativos de autorregulação da aprendizagem avaliados pelo OSLQ. Contudo, a análise qualitativa sugere que os participantes atribuíram significado ao feedback recebido e reconheceram a sua utilidade no apoio à preparação das atividades escolares e na utilização da informação resultante da avaliação.

Deste modo, o principal contributo deste estudo não reside na demonstração de ganhos quantitativos expressivos, mas na exploração de uma estratégia pedagógica que procurou integrar a inteligência artificial em práticas de avaliação formativa. Os resultados obtidos fornecem indícios de que estas ferramentas podem apoiar processos de acompanhamento individualizado da aprendizagem quando utilizadas de forma planeada e articuladas com a ação pedagógica do professor.

Importa, contudo, reconhecer as limitações associadas ao presente estudo. A reduzida dimensão da amostra, a natureza exploratória da investigação, a inexistência de grupo de controlo e as condições de conveniência inerentes ao contexto de estágio limitam a possibilidade de generalização dos resultados. Consequentemente, os dados obtidos devem ser interpretados como evidências contextualizadas, válidas para o contexto específico em que a intervenção foi desenvolvida. Ainda assim, considera-se que o trabalho realizado constitui um contributo relevante para a reflexão sobre a utilização pedagógica da inteligência artificial no ensino da Química e para a compreensão das possibilidades e desafios associados à sua integração em contextos educativos reais.

8. Reflexão Autocrítica

A realização da presente investigação constituiu uma oportunidade de crescimento simultaneamente enquanto professor e investigador. O desenvolvimento do estudo contribuiu para aprofundar a compreensão das relações entre avaliação, aprendizagem e utilização pedagógica da inteligência artificial. Ao longo da Prática de Ensino Supervisionada, uma das preocupações mais evidentes relacionou-se com as

dificuldades demonstradas pelos alunos na interpretação de informação científica, na explicitação do raciocínio utilizado na resolução de problemas e na organização do estudo autónomo. A observação destas dificuldades motivou a procura de estratégias que permitissem apoiar os alunos para além dos momentos tradicionais de avaliação, promovendo uma utilização mais formativa da avaliação e uma participação mais ativa dos alunos no seu processo de aprendizagem. A criação e implementação do modelo de feedback assistido por IA constituiu um desafio particularmente relevante. Para além das exigências associadas à construção dos instrumentos de recolha de dados e à organização da investigação, foi necessário desenvolver procedimentos que assegurassem a qualidade pedagógica dos feedbacks produzidos e a sua adequação às necessidades dos alunos. Esta experiência reforçou a ideia de que a utilização de ferramentas de IA em educação exige supervisão contínua por parte do professor, que mantém um papel central na definição dos objetivos pedagógicos, na validação da informação disponibilizada e no acompanhamento da aprendizagem dos alunos.

Uma das principais aprendizagens decorrentes deste processo relacionou-se com a constatação de que a disponibilização de feedback não garante, por si só, a sua utilização efetiva. Apesar de a maioria dos participantes ter reconhecido utilidade ao feedback recebido, a sua integração nas estratégias de estudo revelou-se dependente de diversos fatores, incluindo os hábitos de trabalho dos alunos, a existência de outras fontes de apoio e a forma como as orientações eram apresentadas. Esta constatação reforçou a compreensão de que a promoção da autorregulação da aprendizagem exige um trabalho continuado, sistemático e articulado com outras estratégias pedagógicas.

O desenvolvimento da investigação contribuiu igualmente para consolidar competências relacionadas com a recolha, tratamento e interpretação de dados em contexto educativo. A articulação entre métodos quantitativos e qualitativos revelou-se particularmente enriquecedora, permitindo uma compreensão mais aprofundada das perceções e experiências dos alunos. Este processo evidenciou também a importância de interpretar os dados de forma crítica, reconhecendo as limitações dos instrumentos utilizados e evitando conclusões simplificadas sobre fenómenos complexos como a aprendizagem e a autorregulação. Enquanto futuro professor, considero que esta experiência contribuiu significativamente para a construção da minha identidade profissional. O contacto com a investigação educacional favoreceu o desenvolvimento de uma postura mais reflexiva relativamente às práticas pedagógicas e reforçou a importância de fundamentar as decisões educativas em evidências provenientes da investigação e da observação sistemática da realidade escolar.

Por fim, este estudo permitiu explorar possibilidades concretas de integração da inteligência artificial em contextos educativos reais, evidenciando simultaneamente o seu potencial e as suas limitações. No futuro, seria relevante aprofundar esta linha de investigação através de intervenções de maior duração, envolvendo um número mais alargado de participantes e diferentes contextos educativos. As aprendizagens realizadas ao longo deste percurso constituirão uma referência importante para a minha futura prática docente, incentivando a procura contínua de estratégias que promovam uma aprendizagem mais autónoma, consciente e significativa.

Referências Bibliográficas

- Barnard-Brak, L., Lan, W. Y., & Paton, V. O. (2010). Profiles in self-regulated learning in the online learning environment. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11(1), 61–80. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v11i1.769>
- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry education research—From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. *Chemical Reviews*, 118(12), 6053–6087. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>
- Cooper, M. M., Underwood, S. M., & Hilley, C. Z. (2012). Development and validation of the implicit information from Lewis structures instrument (IILSI): Do students connect structures with properties? *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 195–200. (Caso esta referência seja a utilizada no texto; confirme a referência original.)
- Direção-Geral da Educação. (2018). *Aprendizagens Essenciais: Física e Química A – Ensino Secundário*. Ministério da Educação.
- Evans, C. (2013). Making sense of assessment feedback in higher education. *Review of Educational Research*, 83(1), 70–120. <https://doi.org/10.3102/0034654312474350>
- Garzón, J., Patiño, E., & Marulanda, C. (2025). Systematic review of artificial intelligence in education: Trends, benefits, and challenges. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(84). <https://doi.org/10.3390/mti9080084>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeiffer, F., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Martins, G. O., Gomes, C. A. S., Brocardo, J., Pedroso, J. V., Carrillo, J. L., Silva, L. M. U., Encarnação, M. M., Horta, M. J. V., Calçada, M. T., Nery, R. F., & Rodrigues, S. M. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Ministério da Educação.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (GPT-5.5) [Large language model]. <https://chatgpt.com>
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463–466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>

Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>

Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science*, 18(2), 119–144. <https://doi.org/10.1007/BF00117714>

Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10–23. <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>

Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure* (Vols. 1–2). Royal Society of Chemistry.

Tinajero, C., Mayo, M. E., Villar, E., & Martínez-López, Z. (2024). Classic and modern models of self-regulated learning: Integrative and componential analysis. *Frontiers in Psychology*, 15, 1307574. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1307574>

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 10(15). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/>

Wisniewski, B., Zierer, K., & Hattie, J. (2020). The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology*, 10, 3087. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). Academic Press.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

Anexos

Os anexos apresentados de seguida incluem os principais instrumentos e materiais utilizados ao longo da intervenção, bem como documentação complementar que suporta a descrição metodológica e a análise dos resultados desenvolvidas neste relatório.

Anexo A - Representação conceptual do modelo



Figura A1 – Modelo conceptual desenvolvido pelo autor para o presente estudo, inspirado nos princípios de autorregulação da aprendizagem de Zimmerman (2002), nos modelos de feedback formativo de Sadler (1989), Hattie e Timperley (2007), Nicol e Macfarlane-Dick (2006) e na literatura recente sobre inteligência artificial em educação (Kasneci et al., 2023; UNESCO, 2023).

Anexo B – Aprendizagens essenciais referentes aos conteúdos de “Gases e Dispersões” e de “Transformações Químicas”

APRENDIZAGENS ESSENCIAIS ARTICULAÇÃO COM O PERFIL DOS ALUNOS		10.º ANO SECUNDÁRIO FÍSICA E QUÍMICA A	
ORGANIZADOR Dominio	AE: CONHECIMENTOS, CAPACIDADES E ATITUDES O aluno deve ficar capaz de:	AÇÕES ESTRATÉGICAS DE ENSINO ORIENTADAS PARA O PERFIL DOS ALUNOS (Exemplos de ações a desenvolver na disciplina)	DESCRIPTORIOS DO PERFIL DOS ALUNOS
	Gases e Dispersões 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. 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. Preparar soluções aquosas a partir de solutos sólidos e por diluição, avaliando procedimentos e comunicando os resultados.	- considerar o <i>feedback</i> dos pares para melhoria ou aprofundamento de saberes; - a partir da explicitação de <i>feedback</i> do professor, reorientar o seu trabalho, individualmente ou em grupo. Promover estratégias que criem oportunidades para o aluno: - fornecer <i>feedback</i> para melhoria ou aprofundamento do trabalho de grupo ou individual dos pares; - realizar trabalho colaborativo em diferentes situações (projetos interdisciplinares, resolução de problemas e atividades experimentais). Promover estratégias e modos de organização das tarefas que impliquem por parte do aluno: - assumir responsabilidades adequadas ao que lhe for solicitado e contratualizar tarefas, apresentando resultados; - organizar e realizar autonomamente tarefas, incluindo a promoção do estudo com o apoio do professor à sua concretização, identificando quais os obstáculos e formas de os ultrapassar; - dar conta a outros do cumprimento de tarefas e funções que assumiu.	Participativo/ colaborador (B, C, D, E, F, J) Responsável/ autónomo (C, D, E, F, G, I, J)
	Transformações Químicas 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. Identificar a luz como fonte de energia das reações fotoquímicas. Investigar, experimentalmente, o efeito da luz sobre o cloreto de prata, avaliando procedimentos e comunicando os resultados. Pesquisar, numa perspetiva intra e interdisciplinar, os papéis do ozono na troposfera e na estratosfera, interpretando a formação e destruição do ozono estratosférico e comunicando as suas conclusões. Relacionar a elevada reatividade dos radicais livres com a particularidade de serem espécies que possuem eletrões desemparelhados e explicitar alguns dos seus efeitos na atmosfera e sobre os seres vivos, por exemplo, o envelhecimento.	Promover estratégias que induzam: - ações solidárias para com outros nas tarefas de aprendizagem ou na sua organização /atividades de entreajuda; - posicionar-se perante situações de ajuda a outros e de proteção de si, designadamente adotando medidas de proteção adequadas a atividades laboratoriais; - saber atuar corretamente em caso de incidente no laboratório preocupando-se com a sua segurança pessoal e de terceiros.	Cuidador de si e do outro (A, B, E, F, G, I, J)

Anexo C – Questionário OSLQ (Barnard et al. (2009))

Tabela - Estrutura do Questionário OSLQ (24 itens)

Escala de resposta (Likert 5 pontos)

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo nem discordo
- 4 – Concordo
- 5 – Concordo totalmente

Fatores a serem avaliados:

– Estabelecimento de metas (Goal Setting)

Item	Enunciado funcional (parafaseado)	Parâmetro avaliado
1	Define objetivos para orientar o estudo	Planeamento
2	Define metas de curto e longo prazo	Orientação para objetivos
3	Mantém padrões elevados de desempenho	Autorregulação motivacional

– Gestão do tempo (Time Management)

Item	Enunciado funcional	Parâmetro avaliado
10	Distribui o estudo ao longo do tempo	Regularidade
11	Cumpe horários definidos	Autodisciplina
12	Reserva tempo suficiente para tarefas	Gestão do esforço

– Estruturação do ambiente (Environment Structuring)

Item	Enunciado funcional	Parâmetro avaliado
4	Escolhe locais adequados para estudar	Organização do ambiente
5	Organiza o espaço de estudo	Preparação para aprender
6	Gere o ambiente para facilitar a concentração	Autorregulação contextual

– Procura de ajuda (Help Seeking)

Item	Enunciado funcional	Parâmetro avaliado
13	Procura colegas quando tem dificuldades	Colaboração
14	Solicita ajuda ao professor	Uso de apoio formal
15	Recorre a outras fontes de ajuda	Estratégias compensatórias

– Estratégias para realização de tarefas (Task Strategies)

Item	Enunciado funcional	Parâmetro avaliado
7	Toma notas durante o estudo	Processamento da informação
8	Aplica diferentes estratégias de aprendizagem	Flexibilidade cognitiva
9	Relaciona novos conteúdos com conhecimentos prévios	Integração conceptual

– Autoavaliação (Self-Evaluation)

Item	Enunciado funcional	Parâmetro avaliado
16	Reflete sobre o que aprendeu	Metacognição
17	Verifica se atingiu os objetivos	Avaliação de metas
18	Analisa erros para melhorar	Autorreflexão reguladora

Questionário a apresentar aos alunos:

Item	Questão a responder	Classificação
1	Defino objetivos para orientar o meu estudo	
3	Defino metas de curto e longo prazo	
4	Mantenho padrões elevados de desempenho	
5	Escolho locais adequados para estudar	
7	Organizo o meu espaço de estudo	
8	Sei gerir o ambiente para facilitar a concentração	
9	Uso esquemas ou resumos	
10	Tomo notas durante o estudo	
11	Aplico diferentes estratégias de aprendizagem	
12	Relaciono novos conteúdos com conhecimentos prévios	
14	Distribuo o estudo ao longo do tempo	
15	Cumpro os horários definidos	
16	Reservo tempo suficiente para as tarefas	
17	Procuro colegas quando tem dificuldades	
18	Solicito ajuda ao professor	
19	Recorro a outras fontes de ajuda	
22	Reflico sobre o que aprendei	
23	Verifico se atingi os objetivos	
24	Analiso os erros para melhorar	

Anexo D – Rubricas de avaliação utilizadas para feedback

Rubrica Analítica de Resolução de Problemas em Química

Contexto de aplicação:

Bilhete à entrada (pré-teste) e Bilhete à saída (pós-teste) – 10.º ano, Química

Estrutura geral:

- 4 critérios
- 4 níveis de desempenho por critério
- Pontuação por critério: 0–3
- Pontuação total: 0–12

Critério 1 - Compreensão e interpretação do problema químico

Nível	Descritor	Pontos
<i>Excelente</i>	Identifica corretamente o problema, os dados relevantes e o objetivo da questão.	3
<i>Bom</i>	Identifica o problema e o objetivo, mas com pequenas omissões ou imprecisões.	2
<i>Fraco</i>	Demonstra compreensão parcial ou confusa do problema.	1
<i>Nulo</i>	Não compreende o problema ou interpreta-o incorretamente.	0

Critério 2 - Aplicação de conceitos químicos

Nível	Descritor	Pontos
<i>Excelente</i>	Aplica corretamente os conceitos químicos relevantes ao problema, de forma adequada ao contexto apresentado.	3
<i>Bom</i>	Aplica os conceitos químicos com pequenas imprecisões conceptuais.	2

Nível	Descritor	Pontos
<i>Fraco</i>	Aplica conceitos inadequados, incompletos ou evidencia concepções alternativas.	1
<i>Nulo</i>	Não aplica conceitos científicos relevantes para a resolução do problema.	0
Critério 3 - Estratégia e procedimentos de resolução		
Nível	Descritor	Pontos
<i>Excelente</i>	Utiliza uma estratégia de resolução adequada, organizada e coerente, apresentando corretamente os procedimentos.	3
<i>Bom</i>	Utiliza uma estratégia globalmente adequada, mas incompleta ou pouco organizada.	2
<i>Fraco</i>	Apresenta uma estratégia pouco clara, inadequada ou inconsistentemente aplicada.	1
<i>Nulo</i>	Não apresenta uma estratégia de resolução coerente.	0
Critério 4 - Comunicação científica escrita		
Nível	Descritor	Pontos
<i>Excelente</i>	Utiliza linguagem científica rigorosa, terminologia adequada e discurso claro e bem estruturado.	3
<i>Bom</i>	Utiliza linguagem globalmente correta, com algumas imprecisões terminológicas ou estruturais.	2
<i>Fraco</i>	Utiliza linguagem pouco rigorosa e estrutura pouco clara.	1
<i>Nulo</i>	Utiliza linguagem cientificamente incorreta ou não apresenta explicação escrita.	0

Anexo E – Guião das entrevistas

Guião de Entrevista

Obrigado pela tua disponibilidade para participar nesta etapa do estudo.

Este questionário faz parte de um estudo desenvolvido na disciplina de Física e Química sobre a utilização de feedback personalizado como apoio ao estudo.

Ao longo deste processo, os alunos realizaram atividades de diagnóstico, receberam feedback sobre as suas respostas, estudaram os conteúdos identificados e voltaram a receber feedback antes da realização das avaliações. O objetivo do estudo é compreender de que forma esta sequência de trabalho influenciou as estratégias de estudo e a aprendizagem dos alunos.

Não se trata de uma avaliação e não existem respostas certas ou erradas. O que me interessa é conhecer a tua opinião e perceber de que forma este processo influenciou (ou não) a tua aprendizagem e os teus hábitos de estudo.

As respostas serão tratadas de forma confidencial e utilizadas exclusivamente para fins académicos e de investigação. Sempre que possível, responde de forma sincera e detalhada, uma vez que a tua perspetiva é importante para compreender os pontos fortes, as limitações e as possibilidades de melhoria deste modelo.

Agradeço desde já a tua colaboração.

Identificação

1. Número: _____

Experiência Geral

2. Como descreverias a tua experiência com este método de estudo (estudar e posteriormente receber um feedback para orientar o estudo)?
3. O que mais gostaste neste processo?
4. O que menos gostaste ou sentiste mais dificuldade em fazer?

Utilização do Feedback

5. Com que frequência consultavas o feedback recebido?

Sempre; Frequentemente; Algumas vezes; Raramente; Nunca;

6. Quando consultavas o feedback, como costumavas utilizá-lo? (Podes assinalar mais do que uma)

- Apenas lia rapidamente; Lia com atenção;
- Comparava com as minhas respostas;
- Utilizava-o para decidir o que estudar;
- Utilizava-o para corrigir erros específicos;
- Compreensão dos Erros e Dificuldades;

7. O feedback ajudou-te a perceber melhor os teus erros ou dificuldades?

- Sim
- Em parte
- Não

8. Porquê?

Impacto no Estudo

9. Houve alguma situação em que o feedback te levou a estudar um conteúdo de forma diferente? Se sim, podes dar um exemplo?

10. Antes de começares a estudar, o feedback ajudava-te a identificar aquilo que precisavas de trabalhar primeiro?

- Muito
- Bastante
- Moderadamente
- Pouco
- Nada

11. O feedback ajudou-te a organizar melhor o teu estudo?

- Muito
- Bastante
- Moderadamente
- Pouco
- Nada

12. Sentes que o feedback te ajudou a acompanhar a tua evolução ao longo do tempo?

- Sim
- Em parte
- Não

13. Podes explicar a resposta à pergunta anterior?

Recursos Utilizados para Aprender

14. Quando surgia uma dúvida relacionada com a matéria, qual era normalmente o primeiro recurso a que recorrias? (Podes seleccionar mais do que uma)

- Feedback recebido
- Manual escolar
- Sebentas ou resumos
- Explicações
- Professor
- Colegas
- Vídeos ou internet
- Outro: _____

15. Que recurso consideravas mais útil para aprender? Porquê?

Apoio Externo

16. Recebias apoio externo à disciplina (explicações, apoio ao estudo ou acompanhamento regular)?

- Sim
- Não

17. Na tua opinião, esse apoio externo influenciou a necessidade de consultares o feedback

18. Se não tivesses acesso a esse apoio externo, achas que utilizarias mais o feedback? Porquê?

Inteligência Artificial e Feedback

19. Como te sentiste ao receber feedback gerado com apoio de inteligência artificial?

20. Consideraste o feedback claro e fácil de compreender?

21. Confiavas nas orientações fornecidas pelo feedback?

Melhorias ao Modelo

22. O que tornaria o feedback mais útil para ti?

23. Se pudesses alterar algum aspeto deste modelo de estudo, o que mudarias?

Comentários Finais

24. Gostarias de acrescentar algum comentário sobre a tua experiência que consideres importante e que ainda não tenha sido abordado?

Anexo F – 1º Bilhete à entrada e respetivos critérios de correção

	Física e Química A 10ºC Ficha de trabalho nº 3 Lei de Avogadro, volume molar e densidade, composição quantitativa de soluções	
		2025-2026

1. O ar seco é uma mistura gasosa constituída essencialmente por nitrogénio, N_2 (g), e por oxigénio, O_2 (g), na qual existem ainda componentes minoritários como o argón, Ar (g), e o dióxido de carbono, CO_2 (g).

- 1.1. Considere que o teor de argón, Ar (g) no ar é, aproximadamente, 0,9 % (V/V).

O teor de Ar (g) no ar, em ppm_v, é, aproximadamente,

- (A) 9 ppm_v (B) 9×10^3 ppm_v (C) 9×10^4 ppm_v (D) 9×10^6 ppm_v

- 1.2. Considere que em 100 g de ar seco existem 23,14 g de O_2 (g) e que, nas condições normais de pressão e temperatura (PTN), a massa volúmica de ar seco é $1,30 \text{ g dm}^{-3}$.

Determine a concentração de O_2 (g) no ar seco expressa em mol dm^{-3} .

Apresente todos os cálculos efetuados.

2. O ozono troposférico, O_3 , e o dióxido de nitrogénio, NO_2 , são dois exemplos de poluentes atmosféricos.

Os limites máximos permitidos para estes dois poluentes são, respetivamente, $2,26 \times 10^{18}$ moléculas de O_3 num metro cúbico de ar atmosférico e $4,35 \times 10^{-9} \text{ mol dm}^{-3}$.

Na tabela ao lado estão apresentados os teores destes dois poluentes no Porto, no dia 9 de julho de 2015 registados pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Cidade	O_3 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	NO_2 ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Porto	71	24

- 2.1. Conclua se o teor do ozono, neste dia, se encontrava acima do limite máximo.

Mostre como chegou à conclusão solicitada, apresentando todos os cálculos efetuados.

2.2. Admita que, nas condições de pressão e de temperatura em que os teores destes gases foram registados, o volume molar do ar atmosférico é $26,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Determine a fração molar do NO_2 ($M = 46,01 \text{ g mol}^{-1}$) no ar atmosférico.

Apresente todos os cálculos efetuados.

3. Considere uma amostra de N_2 (g) e uma amostra de O_2 (g), com volumes iguais.

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, pode concluir-se que as massas das amostras são _____

e que o número de moléculas de cada uma das amostras é _____.

(A) iguais ... diferente

(B) iguais ... igual

(C) diferentes ... igual

(D) diferentes ... diferente

4. Na figura 1, está representado um gráfico do volume, V , ocupado por um gás em função da quantidade, n , de gás, a 20°C e 1 atm .

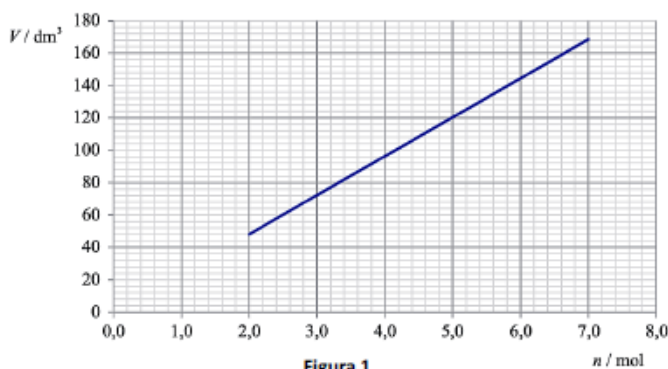


Figura 1

4.1. Indique o significado físico do declive da reta representada.

4.2. O volume ocupado por $8,0 \text{ mol}$ deste gás pode ser determinado pela expressão

(A) $V = \frac{120}{5,0} \times 8,0 \text{ dm}^3$

(B) $V = \frac{120}{8,0} \times 5,0 \text{ dm}^3$

(C) $V = \frac{120}{22,4} \times 8,0 \text{ dm}^3$

(D) $V = 120 \times 5,0 \times 8,0 \text{ dm}^3$

4.3. Considere que o gás é uma mistura de dióxigénio, O_2 , e hélio, He , em que a fração molar de oxigénio é $0,8$.

A percentagem em volume de hélio, He , na mistura é

(A) 20 %

(B) 0,2 %

(C) 80 %

(D) 0,8 %

	FÍSICA E QUÍMICA A 10º ANO Ficha formativa 3 Critérios específicos de classificação	 2025/2026
---	--	--

GRUPO I		
1.1	B	8 pontos
1.2	Etapas de resolução: A) Calcula o volume de ar ($V = 76,9 \text{ dm}^3$) B) Calcula a quantidade química de dioxigénio ($n = 0,7231 \text{ mol}$) C) Calcula a concentração de dioxigénio ($9,40 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$)	12 pontos (4+4+4)
2.1	Etapas de resolução: A) Calcula a quantidade química de moléculas de ozono existente em 1 m^3 de ar atmosférico ($n = 1,48 \times 10^{-6} \text{ mol}$) B) Calcula o número de moléculas de ozono nesse volume ($N = 8,91 \times 10^{17} \text{ moléculas}$) C) Conclui que o número de moléculas de ozono existentes em 1 m^3 de ar atmosférico é inferior ao limite máximo permitido.	12 pontos (4+4+4)
2.2	Etapas de resolução: A) Calcula a quantidade química de moléculas de NO_2 existente em 1 m^3 de ar atmosférico ($n = 5,22 \times 10^{-7} \text{ mol}$) B) Calcula a quantidade química de moléculas existente em 1 m^3 de ar atmosférico ($n = 37,88 \text{ mol}$) C) Calcula a fração molar de NO_2 ($X_{\text{NO}_2} = 1,38 \times 10^{-5}$)	12 pontos (4+4+4)
3.	C	8 pontos
4.1	O declive da reta corresponde ao volume molar do gás.	8 pontos
4.2	A	8 pontos
4.3	A	8 pontos
Total		76 pontos

Anexo G – 2º Bilhete à entrada e respetivos critérios de correção

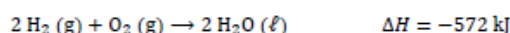
	FÍSICA E QUÍMICA A 10º C Ficha de trabalho 4	 2025-2026
---	--	---

1. O nitrogénio atmosférico, $N_2(g)$, acumulado na troposfera, funciona como gás de proteção “moderador” da ação química do oxigénio, $O_2(g)$, e é um dos principais componentes da atmosfera terrestre.
As energias de ionização de N_2 e de O_2 são, respetivamente, 1505 kJ mol^{-1} e 1165 kJ mol^{-1} .
 - 1.1. Escreva a equação de ionização da molécula de N_2 .
 - 1.2. Considere uma radiação, cujo valor de energia de cada fotão é igual a $2,6 \times 10^{-18} \text{ J}$, a qual incide sobre as moléculas de N_2 e de O_2 .
Conclua, justificando, se a incidência desta radiação nas moléculas de N_2 e de O_2 provoca a ionização destas moléculas. Mostre como chegou à conclusão solicitada.
2. O dióxido de nitrogénio, $NO_2(g)$, libertado para a atmosfera, é um poluente que potencia a destruição da camada de ozono. A decomposição do ozono, O_3 , por ação do dióxido de nitrogénio ocorre em duas etapas, como está exemplificado nas seguintes equações químicas:
 - (I) $NO_2(g) \xrightarrow{UV} NO^*(g) + O^*(g)$
 - (II) $NO^*(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = -200 \text{ kJ}$
 - 2.1. Em termos energéticos,
 - (A) as reações (I) e (II) são ambas endoenergéticas.
 - (B) as reações (I) e (II) são ambas exoenergéticas.
 - (C) a reação (I) é fotoquímica e a reação (II) é exoenergética.
 - (D) a reação (I) é fotoquímica e a reação (II) é endoenergética.
 - 2.2. Relativamente à reação representada pela equação química II, compare a energia total envolvida na quebra de ligações nos reagentes com a envolvida na formação de novas ligações.
Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

2.3. Indique, justificando, se a espécie NO_2 pode ser considerada um radical livre.

Escreva um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

3. A combustão do di-hidrogénio, H_2 , uma alternativa aos combustíveis fósseis, pode ser representada pela seguinte equação química:



A energia de ligação $\text{H} - \text{H}$, em H_2 , é 436 kJ mol^{-1} e a energia de ligação $\text{O} - \text{O}$, em O_2 , é 499 kJ mol^{-1} .

3.1. Determine a energia média de ligação $\text{H} - \text{O}$ em H_2O .

Apresente todos os cálculos efetuados.

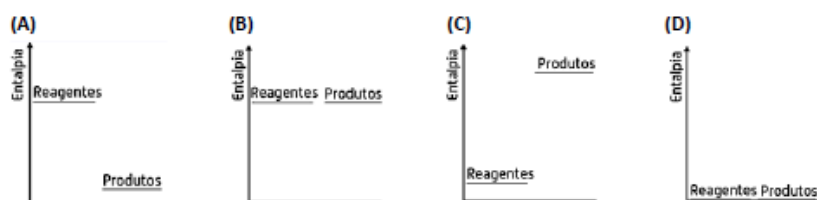
3.2. Na molécula de amoníaco, NH_3 , a energia da ligação $\text{H} - \text{N}$ é 390 kJ mol^{-1} . Neste caso, verifica-se que o comprimento médio da ligação $\text{H} - \text{N}$ é:

- (A) menor do que o da ligação $\text{H} - \text{H}$, em H_2 , sendo a ligação $\text{H} - \text{H}$ mais estável.
- (B) menor do que o da ligação $\text{H} - \text{H}$, em H_2 , sendo a ligação $\text{H} - \text{N}$ mais estável.
- (C) maior do que o da ligação $\text{H} - \text{H}$, em H_2 , sendo a ligação $\text{H} - \text{H}$ mais estável.
- (D) maior do que o da ligação $\text{H} - \text{H}$, em H_2 , sendo a ligação $\text{H} - \text{N}$ mais estável.

3.3. Na reação completa de 2 toneladas de H_2 , são

- (A) libertados $5,66 \times 10^{11} \text{ J}$ de energia.
- (B) libertados $2,83 \times 10^{11} \text{ J}$ de energia.
- (C) consumidos $5,66 \times 10^8 \text{ J}$ de energia.
- (D) consumidos $2,83 \times 10^8 \text{ J}$ de energia.

3.4. Selecione o diagrama de energia para esta reação.



	FÍSICA E QUÍMICA A 10º ANO Ficha formativa 4 Critérios específicos de correção	 2025/2026
---	--	--

1.1	$N_2(g) \rightarrow N_2^+(g) + 1e^-$ Nota: não penalizar se o aluno não indicar os estados físicos	8 pontos
1.2	Etapas de resolução: A) Determina a energia da radiação em $kJ\ mol^{-1}$ ($E = 1565\ kJ\ mol^{-1}$) B) Como a energia da radiação é superior à energia de ionização das moléculas de oxigénio e nitrogénio, então ocorre a ionização das duas moléculas. Ou A) Determina a energia de ionização do N_2 ($Ei_{N_2} = 2,5 \times 10^{-18}\ J$) e do O_2 ($Ei_{O_2} = 1,9 \times 10^{-18}\ J$) em J B) Como a energia da radiação é superior à energia de ionização das moléculas de oxigénio e nitrogénio, então ocorre a ionização das duas moléculas.	12 pontos (6+6)
2.1	C	8 pontos
2.2	Tópicos de referência: A) Como a variação de entalpia é negativa [, a reação é exotérmica], então, globalmente é libertada mais energia do que aquela que é absorvida. B) Como na quebra das ligações químicas existentes entre os átomos dos reagentes é absorvida energia e na formação das ligações existentes entre os átomos que constituem os produtos há libertação de energia; C) Sendo a variação de entalpia negativa, significa que a energia envolvida na formação das novas ligações é superior à energia envolvida na quebra das ligações.	12 pontos (4+4+4)
2.3	Tópicos de referência: A) Os radicais livres são espécies que possuem eletrões desemparelhados. B) A espécie NO_2 possui um total de 17 eletrões de valência, que é um número ímpar de eletrões. C) Sendo assim, o NO_2 tem de ter eletrões desemparelhados, sendo, por este motivo, um radical livre.	12 pontos (4+4+4)
3.1	Etapas de resolução: A) Determina a energia total absorvida para quebrar as ligações nos reagentes ($E_{absorvida} = 1371\ kJ$) B) Determina a energia total libertada na formação das novas ligações nos produtos ($E_{libertada} = 1943\ kJ$) C) Determina a energia da ligação $H - O$ ($E_{H-O} = 485,8\ kJ\ mol^{-1}$)	12 pontos (4+4+4)

Anexo H – Prompt utilizado para obter Feedback Individual

Assume o papel de professor de Física e Química A do 10.º ano e analisa detalhadamente as respostas do aluno.

Com base nas respostas apresentadas, na correção da ficha e nos erros identificados, produz um feedback formativo individualizado dirigido diretamente ao aluno.

O feedback deve:

- *Utilizar linguagem clara, rigorosa e adequada a um aluno do 10.º ano.*
- *Ser escrito na segunda pessoa ("tu").*
- *Apresentar uma análise global do desempenho.*
- *Identificar corretamente as respostas certas, parcialmente corretas, incorretas ou não respondidas.*
- *Valorizar os aspetos positivos demonstrados pelo aluno.*
- *Identificar dificuldades conceptuais, procedimentais e de comunicação científica.*
- *Explicar os erros cometidos de forma construtiva.*
- *Fornecer orientações concretas para a melhoria futura.*
- *Promover a autorreflexão e a autorregulação da aprendizagem.*

Estrutura obrigatória:

Feedback geral ao aluno

Produz uma apreciação global do trabalho realizado.

Pontos positivos

Identifica os conhecimentos, competências e estratégias evidenciadas pelo aluno.

Aspetos a melhorar

Identifica as principais dificuldades observadas.

Lista de prioridades

Apresenta uma lista hierarquizada dos aspetos que o aluno deve trabalhar primeiro, explicando a importância de cada um.

Plano de estudo personalizado

Elabora recomendações práticas e concretas para orientar o estudo do aluno antes da próxima avaliação.

Síntese final

Produz uma reflexão final extensa, motivadora e orientadora, explicando o significado dos resultados obtidos, os progressos observados e os aspetos que exigem maior investimento futuro.

Regras adicionais:

- *Não atribuas classificações numéricas.*
- *Não inventes informação que não esteja presente nas respostas do aluno.*
- *Baseia todas as conclusões exclusivamente nas evidências observadas.*
- *Sempre que existam respostas incompletas, distingue-as de respostas erradas.*
- *Quando o aluno revelar dificuldades de base, explicita claramente essa situação.*
- *Quando o aluno demonstrar bom desempenho, reconhece-o explicitamente.*
- *O feedback deve ser suficientemente detalhado para ajudar o aluno a preparar-se para a próxima avaliação.*

Informação a analisar: documento "Rubrica de avaliação", "Bilhete à entrada" (já respondido pelo aluno) e "Critérios de Correção de Bilhete à entrada".

(O prompt foi utilizado para gerar feedback formativo individualizado a partir da análise das respostas dos alunos. A informação fornecida ao modelo incluía a identificação das respostas corretas, incorretas, parcialmente corretas e não respondidas, bem como observações qualitativas do professor. O feedback produzido destinava-se a apoiar a autorregulação da aprendizagem através da identificação de pontos fortes, dificuldades e estratégias de melhoria.)

Anexo I – Exemplo de Feedback Individual

Feedback pessoal

Aluno nº5

SUBDOMÍNIO

GASES E DISPERSÕES

Feedback diretamente dirigido ao aluno

O teu trabalho revela um bom nível global de compreensão dos conteúdos e uma aplicação consistente dos conceitos, sobretudo nas questões de cálculo e de interpretação. Nota-se cuidado no registo dos dados, encadeamento lógico dos passos e preocupação em justificar as conclusões. Este é um desempenho claramente acima da média dos casos analisados.

Pontos fortes

- Na **questão 1.1**, a conversão de percentagem para ppmv está correta.
- Na **questão 1.2**, identificas corretamente:
 - a massa de O_2 ;
 - a densidade do ar;
 - a relação entre massa, volume e quantidade de matéria.
- A estratégia de resolução está bem estruturada e coerente.
- Na **questão 2.1**, apresentas uma resolução completa:
 - conversão correta de número de moléculas em quantidade de matéria;
 - cálculo da massa e conversão para $\mu g \cdot m^{-3}$;
 - comparação explícita com o limite máximo e conclusão fundamentada.
- Na **questão 3**, a opção escolhida está correta, mostrando boa compreensão da Lei de Avogadro.
- Nas **questões 4.1, 4.2 e 4.3**, as respostas estão corretas:
 - identificas corretamente o declive como volume molar;
 - sabes usar o gráfico para determinar a expressão do volume;
 - compreendes a relação entre fração molar e percentagem em volume.

Aspetos a melhorar

Em alguns momentos, a escrita poderia ser mais clara e limpa, evitando acumular demasiados cálculos na mesma zona da folha.

Em certas passagens, as unidades intermédias poderiam estar mais visíveis, mesmo quando o raciocínio está correto.

No geral, trata-se de um trabalho sólido e bem conseguido. As melhorias a fazer são sobretudo ao nível da comunicação científica, não do conhecimento conceptual.

Sugestões práticas a melhorar

Estas sugestões não visam corrigir erros conceptuais, mas refinar o teu desempenho e torná-lo mais consistente e claro em qualquer situação de avaliação.

1. Tornar as resoluções mais legíveis e organizadas

- Evita concentrar muitos cálculos no mesmo espaço da folha.
- Se necessário, usa linhas diferentes para:
 - dados;
 - cálculos intermédios;
 - resultado final.
- Um raciocínio correto pode perder clareza se estiver visualmente confuso.
- **Boa prática:** deixar sempre uma linha em branco antes do resultado final.

2. Evidenciar melhor as unidades ao longo da resolução

- Mesmo quando o cálculo está correto, torna explícitas:
 - as unidades intermédias;
 - a unidade final pedida.
- Isto reforça a comunicação científica e evita ambiguidades.
- **Boa prática:** sublinhar ou enquadrar a unidade do resultado final.

3. Desenvolver ligeiramente as respostas explicativas

- Em perguntas como “indique” ou “explique”, acrescenta:
 - uma frase completa;
 - uma ligação clara entre conceito e situação concreta.
- Evita respostas demasiado curtas, mesmo quando a ideia está correta.
- **Exemplo:** Em vez de apenas “O declive é o volume molar”, escrever:
“O declive da reta representa o volume molar do gás, isto é, o volume ocupado por 1 mol nas condições dadas.”

4. Tornar explícita a conclusão final

- Em questões de comparação ou decisão (ex.: limites máximos), termina sempre com uma frase conclusiva clara.
- Isso mostra domínio do raciocínio científico, não apenas do cálculo.
- **Boa prática:** começar a conclusão com:
 - “Conclui-se que...” ou “Assim, pode afirmar-se que...”

5. Usar a autoavaliação para manter o nível elevado

- Após cada ficha, identifica:
 - um aspeto que fizeste muito bem;
 - um aspeto pequeno a melhorar.
- Isto ajuda a manter um desempenho alto de forma consistente, e não apenas pontual.

O teu principal foco não deve ser “acertar mais”, mas comunicar melhor o que já sabes. Pequenos ajustes na clareza, organização e explicação podem fazer a diferença entre um bom desempenho e um desempenho de excelência.

Lista personalizada de prioridades de estudo

Prioridade 1 – Consolidação do método de resolução

- Demonstras conhecimento dos conceitos, mas perdes desempenho por:
 - resoluções pouco estruturadas;
 - ausência de encadeamento lógico entre etapas;
 - conclusões pouco explícitas.
- **Objetivo:** adotar um **método fixo de resolução**, aplicado a todos os exercícios.
 - Estrutura obrigatória:
 - Dados
 - Grandeza pedida
 - Fórmula
 - Substituição
 - Resultado com unidade
 - Conclusão escrita

Prioridade 2 – Distinguir corretamente as grandezas químicas

- Surgem confusões pontuais entre:
 - massa;
 - quantidade de matéria;
 - volume;
 - concentração;
 - volume molar.
- **Objetivo:** identificar corretamente qual a grandeza pedida antes de iniciar cálculos.
- Estratégia prática: escrever sempre no início:
“A grandeza que preciso de calcular é ...”

Prioridade 3 – Concentração em $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ e articulação com densidade

- Dificuldade em exercícios em que:
 - o volume tem de ser calculado a partir da densidade;
 - a concentração resulta de vários passos intermédios.
- **Objetivo:** consolidar a sequência:
massa → **volume** → **quantidade de matéria** → **concentração**.
- Evitar: aplicar diretamente a fórmula da concentração sem preparar os dados.

Prioridade 4 – Fração molar e composição de misturas gasosas

- O conceito está presente, mas ainda não totalmente automatizado.
- **Objetivo:**
- compreender a fração molar como: $\text{parte} / \text{total}$
- Estratégia: treinar exercícios simples antes de aplicar em contextos mais complexos.

Prioridade 5 – Interpretação de gráficos

- Dificuldades na explicação do significado físico do declive.
- **Objetivo:** interpretar corretamente gráficos $V = f(n)$.
- Estratégia: explicar sempre, por palavras, o que representa o declive antes de calcular.

Prioridade 6 – Comunicação científica escrita

- Falta de: unidades em alguns passos intermédios, frases conclusivas claras.
- **Objetivo:** melhorar a clareza e o rigor das respostas escritas.
- Regra: nenhuma resposta termina sem unidade e conclusão

Plano de estudo personalizado

Sessão 1 – Organização da resolução

- Rever a estrutura fixa da resolução (Dados → Conclusão).
- Reescrever 2 exercícios já resolvidos, focando apenas a organização.
- Não avançar enquanto a estrutura não estiver correta.
- **Objetivo da sessão:** Criar um hábito automático de resolução estruturada.

Sessão 2 – Grandezas químicas

- Construir uma tabela-resumo com:
 - grandeza;
 - símbolo;
 - unidade;
 - significado físico.
- Resolver exercícios apenas de identificação da grandeza pedida.
- **Objetivo da sessão:** Eliminar confusões antes de iniciar cálculos.

Sessão 3 – Concentração molar

- Resolver exercícios em que:
 - seja necessário calcular a quantidade de matéria;
 - o volume não esteja dado diretamente.
- Verificar sempre a unidade final ($\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$).
- **Objetivo da sessão:** Ganhar segurança na aplicação correta da concentração.

Sessão 4 – Densidade e concentração

- Resolver exercícios onde:
 - a densidade é usada para calcular o volume;
 - a concentração depende de vários passos.
 - Confirmar coerência das unidades em cada etapa.
- **Objetivo da sessão:** Reduzir erros por má articulação entre grandezas.

Sessão 5 – Fração molar

- Resolver exercícios simples de misturas gasosas.
- Escrever sempre:
 - quantidade total de matéria;
 - quantidade do componente.
- Evitar cálculos diretos sem identificar o total.
- **Objetivo da sessão:** Fixar a fração molar como parte/total.

Sessão 6 – Gráficos $V=f(n)$.

- Interpretar:
 - eixos;
 - declive;
 - significado físico do declive.
- Resolver exercícios semelhantes aos da ficha.
- **Objetivo da sessão:** Relacionar gráfico, fórmula e conceito físico.

Sessão 7 – Integração de conteúdos

- Resolver exercícios mistos (concentração + fração molar + gráficos).
- Aplicar sempre o método fixo de resolução.
- **Objetivo da sessão:** Consolidar todos os conteúdos de forma integrada.

Sessão 8 – Simulação

- Resolver uma ficha completa sem consultar apontamentos.
- No final, verificar:
 - unidades;
 - clareza dos cálculos;
 - existência de conclusões.
- **Objetivo da sessão:** Treinar desempenho em contexto de avaliação real.

Sessão 9 – Revisão final orientada

- Rever apenas:
 - erros mais frequentes;
 - conceitos ainda inseguros.
- Refazer exercícios-chave.
- **Objetivo da sessão:** Ganhar confiança e estabilidade antes da próxima avaliação.

Foco principal: consolidar um método de resolução claro e consistente, garantindo rigor conceptual e clareza na escrita científica.

Com este trabalho estruturado, o aluno tem condições para melhorar de forma sustentada.

Síntese final

O aluno apresenta um desempenho global sólido e consistente, revelando boa compreensão dos conceitos fundamentais abordados na ficha. Demonstra domínio da Lei de Avogadro, do significado do volume molar e da

relação entre fração molar e percentagem em volume, aplicando corretamente estes conceitos tanto em questões de escolha múltipla como em questões de desenvolvimento.

Nas resoluções mais longas, observa-se uma estratégia adequada e coerente, com identificação correta dos dados relevantes, aplicação apropriada das relações matemáticas e conclusões fundamentadas. As respostas evidenciam cuidado no encadeamento lógico dos passos e boa capacidade de interpretação dos resultados obtidos.

As fragilidades observadas são pontuais e situam-se sobretudo ao nível da comunicação científica escrita, nomeadamente na organização visual de alguns cálculos e na explicitação mais clara de unidades intermédias e conclusões finais. Estes aspetos não comprometem a validade do raciocínio, mas limitam a qualidade final da resposta.

De forma geral, o teu desempenho caracteriza-se por :

- Boa compreensão dos conteúdos trabalhados;
- Aplicação correta e consistente dos procedimentos de resolução;
- Necessidade de pequenos ajustes na clareza e apresentação escrita.

Com atenção acrescida à organização da resposta e à explicitação formal das conclusões, o aluno tem condições claras para atingir e manter um nível de excelência estável em tarefas de resolução de problemas em Química.

Anexo J – Bilhete à Saída e respetivos critérios de correção

	FÍSICA E QUÍMICA A 10º ANO Turma C - 3º Teste de Avaliação Duração: 85 minutos	REPÚBLICA PORTUGUESA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E INOVAÇÃO 2025-2026
---	---	--

1. A atmosfera terrestre, constituída maioritariamente por nitrogénio, N_2 , e oxigénio, O_2 , contém também outros gases, como o árgon, Ar, o dióxido de carbono, CO_2 , e a água, H_2O .

- 1.1. Associe cada uma das moléculas, indicadas na Coluna I, à geometria molecular correspondente, apresentada na Coluna II, e à respetiva polaridade, da coluna III.

Escreva, na folha de respostas, cada letra da Coluna I seguida do número e da letra correspondentes das Coluna II e III, respetivamente.

COLUNA I	COLUNA II	COLUNA III
(a) CO_2	(1) Linear	(A) Polar (B) Apolar
(b) O_2	(2) Angular	
(c) H_2O	(3) Triangular plana	
	(4) Piramidal trigonal	
	(5) Tetraédrica	

- 1.2. Quantos eletrões de valência possui a molécula de H_2O ?

- 1.3. Complete o texto seguinte, selecionando a opção correta para cada espaço.

Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada.

As moléculas de água, H_2O , e de sulfureto de hidrogénio, H_2S , são estruturalmente semelhantes porque os elementos oxigénio, O, e enxofre, S, pertencem ao mesmo a) da tabela periódica e apresentam o mesmo número de b).

O ponto de ebulição da água é superior ao do sulfureto de hidrogénio porque entre as moléculas de H_2O existem c), que são interações intermoleculares mais fortes do que as d) presentes entre as moléculas de H_2S .

a)	b)	c)	d)
1. bloco 2. período 3. grupo	1. número de eletrões de valência 2. número de níveis de energia com eletrões 3. subnível de energia com eletrões de valência	1. ligações covalentes entre os átomos 2. ligações de Van der waals 3. ligações de hidrogénio	1. ligações covalentes entre os átomos 2. ligações de Van der waals 3. ligações de hidrogénio

1.4. A configuração eletrónica do átomo de oxigénio no estado fundamental pode ser representada por

- (A) $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2$
- (B) $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
- (C) $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1 3s^1$
- (D) $1s^2 2s^2 2p^2 3s^2$

1.5. Comparando o átomo de nitrogénio com o de oxigénio, ambos no estado fundamental, verifica-se que a carga nuclear do átomo de nitrogénio é

- (A) maior e que o seu raio atómico é maior.
- (B) menor e que o seu raio atómico é menor.
- (C) maior e que o seu raio atómico é menor.
- (D) menor e que o seu raio atómico é maior.

1.6. A figura 1 representa o gráfico da energia potencial, E , em função da distância internuclear, r , para as moléculas de O_2 e de N_2 .

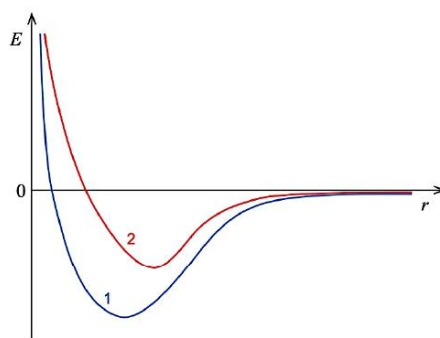


Figura 1

Identifique, justificando, qual das curvas, 1 ou 2, corresponde à molécula de N_2 .

Baseie a sua argumentação na comparação das energias de ligação e dos comprimentos de ligação.

Comece por apresentar as fórmulas de estrutura de Lewis das moléculas de O_2 e de N_2 .

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

2. O gráfico da figura 2 relaciona o volume de uma amostra de ar com a quantidade de matéria de gás, em determinadas condições de pressão e de temperatura. Considere que o ar desta amostra é constituído por 78% (V/V) de N_2 e 22% (V/V) de O_2 .

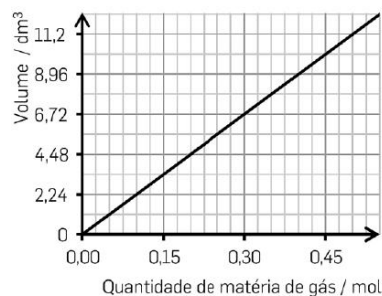


Figura 2

- 2.1. Conclua se a amostra de ar se encontra nas condições de pressão e de temperatura normais.
Mostre como chegou à conclusão solicitada.

- 2.2. Determine, nas condições indicadas, a densidade do ar desta amostra.
Apresente todos os cálculos efetuados.

- 2.3. A razão entre as quantidades de matéria de nitrogénio e de oxigénio no ar da amostra, nas condições indicadas, é
- (A) 0,28. (B) 0,32. (C) 3,10. (D) 3,54

- 2.4. Considere dois recipientes, A e B, de volume $5,0 \text{ dm}^3$ e $15,0 \text{ dm}^3$, respetivamente.
O recipiente A contém $0,20 \text{ mol}$ de N_2 , e o recipiente B contém O_2 , ambos nas mesmas condições de pressão e de temperatura.
Calcule a quantidade de matéria de O_2 existente no recipiente B.
Explícite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

3. O metano, CH_4 , é um gás com elevado potencial de efeito de estufa e é considerado o composto orgânico mais simples. No entanto, existe uma grande variedade de compostos orgânicos, que vão desde os simples hidrocarbonetos até moléculas muito mais complexas.

- 3.1. Na figura 3, está representada a fórmula de estrutura da tirosina, um aminoácido que faz parte da constituição de muitas proteínas presentes no nosso organismo.

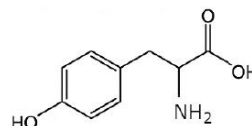


Figura 3

A tirosina é um composto _____ que contém _____ e também apresenta os grupos característicos _____.

- (A) ... saturado ... um grupo hidroxilo ... dos ácidos carboxílicos e das aminas
(B) ... saturado... dois grupos hidroxilo ... das cetonas e das aminas
(C) ... insaturado ... um grupo hidroxilo ... dos ácidos carboxílicos e das aminas
(D) ... insaturado... dois grupos hidroxilo ... das cetonas e das aminas

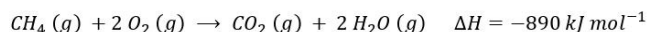
3.2. O carbono apresenta dois isótopos estáveis, o carbono-12, ^{12}C , e o carbono-13, ^{13}C .

A fração molar do isótopo ^{13}C no carbono é 0,0108.

Calcule o número de átomos do isótopo carbono-13 presentes numa amostra de 1000 g de CH_4 .

Apresente todos os cálculos efetuados.

3.3. A combustão do metano pode ser traduzida por



3.3.1. Considere as energias de ligação médias apresentadas na tabela.

Ligação	C — H	C = O	O — H
Energia / kJ mol^{-1}	414	799	460

Determine, em kJ mol^{-1} , a energia média de dissociação da molécula de O_2 .

Apresente todos os cálculos efetuados.

3.3.2. Se a reação de combustão da amostra de metano ocorrer em sistema fechado, a temperatura _____ e a energia total do sistema _____.

- (A) ... aumenta ... não se altera (B) ... mantém-se ... não se altera
(C) ... aumenta ... diminui (D) ... mantém-se ... diminui

3.3.3. A energia dos reagentes é _____ à energia dos produtos de reação e na rutura das ligações químicas nos reagentes é envolvida, em valor absoluto, uma energia _____ à energia libertada na formação das ligações químicas nos produtos de reação.

- (A) ... superior ... superior ... (B) ... superior ... inferior ...
(C) ... inferior ... inferior ... (D) ... inferior ... superior ...

4. O ozono, O_3 , encontra-se na troposfera e na estratosfera, na qual forma a chamada camada de ozono, sendo essencial para a vida na Terra.

Na estratosfera ocorrem, simultaneamente, reações que conduzem à formação do ozono e outras que conduzem à sua decomposição. A interação da radiação ultravioleta C, UV-C, com as moléculas de oxigénio, O_2 , dá origem aos radicais livres de oxigénio, $\text{O}^\bullet$. Estes radicais, por sua vez, reagem com outras moléculas de oxigénio, produzindo ozono.

Escreva as equações químicas que traduzem as reações sequenciais de formação do ozono, referidas no último parágrafo do texto e explique o que caracteriza um radical livre e a razão da sua elevada reatividade. Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

5. Pretende-se preparar, com rigor, 250,00 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio, NaCl , de concentração $0,600 \text{ mol dm}^{-3}$, por dissolução de NaCl ($M = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$) sólido.

- 5.1. Calcule a massa de NaCl que foi necessário medir.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- 5.2. Para pesar o NaCl usou-se a balança da figura 4.

A balança usada na medição da massa do soluto é

- (A) analógica e a incerteza de leitura é 0,005 g.
(B) digital e a incerteza de leitura é 0,005 g.
(C) analógica e a incerteza de leitura é 0,01 g.
(D) digital e a incerteza de leitura é 0,01 g.



Figura 4

- 5.3. Se pretendesse preparar 50,0 mL de uma solução cinco vezes mais diluída do que a solução mãe (solução de concentração $0,600 \text{ mol dm}^{-3}$), que volume de solução mãe teria de medir?

- (A) 5 mL (B) 10 mL (C) 20 mL (D) 40 mL

- 5.4. Para preparar a solução por diluição,

- (A) a pipeta e o balão volumétrico não podem estar molhados com água destilada.
(B) a pipeta pode estar molhada com água destilada, mas não o balão volumétrico.
(C) a pipeta não pode estar molhada com água destilada, mas o balão volumétrico pode.
(D) a pipeta e o balão volumétrico podem estar molhados com água destilada.

FIM

Domínios de avaliação	Item													Total	
	Cotação (em pontos)														
Conceitos e procedimentos (D1)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.3	2.4	3.1	3.3.1	3.3.2	3.3.3			116
	12	8	12	8	8	12	8	12	8	12	8	8			
Comunicação Científica (D2)	1.6	4													24
	12	12													
Resolução de problemas (D3)	2.2	3.2													26
	14	12													
Trabalho prático/experimental (D4)	4.1	4.2	4.3	4.4											34
	10	8	8	8											

	FÍSICA E QUÍMICA A 10º ANO 3º Teste de Avaliação Turma C, versões 1 e 2 Critérios específicos de classificação	 2025/2026
---	---	--

1.1	Versão 1:		Versão 2:		12 pontos	
	(a) – (1) – (B)		(a) – (1) – (B)			
	(b) – (1) – (B)		(b) – (1) – (B)			
	(c) – (2) – (A)		(c) – (2) – (A)			
Níveis		Descritores de desempenho		Pontuação		
3		Faz as três correspondências corretas.		12		
2		Faz apenas duas correspondências corretas.		8		
1		Faz apenas uma correspondência correta.		4		
1.2	Oito eletrões de valência.				8 pontos	
1.3	Versão 1: a) – 3; b) – 1; c) – 3; d) – 2;		Versão 2: a) – 2; b) – 2; c) – 2; d) – 3		12 pontos	
	Níveis		Descritores de desempenho			Pontuação
	4		Completa o texto com as quatro opções corretas.			12
	3		Completa o texto com três opções corretas.			9
2		Completa o texto apenas com duas opções corretas.		6		
1		Completa o texto apenas com uma opção correta.		3		
1.4	Versão 1: B		Versão 2: A		8 pontos	
1.5	Versão 1: D		Versão 2: B		8 pontos	
1.6	Elementos de resposta:				12 pontos	
- as fórmulas de estrutura de Lewis das moléculas de O_2 e de N_2 são, respetivamente, $\ddot{O} = \ddot{O}:$ e $:\text{N} \equiv \text{N}:$ (ou equivalente); [como a ligação entre os átomos de nitrogénio é covalente tripla,] o N_2 apresenta maior energia de ligação e menor comprimento de ligação (ou equivalente); - a curva correspondente à molécula de N_2 é a curva 1 [pois é a que apresenta um menor comprimento de ligação para um mínimo de energia potencial] (ou equivalente).						

2.2.	Determina o valor solicitado percorrendo as seguintes etapas:		14 pontos
A) Determina o volume de N_2 existente num dado volume de ar: <i>por exemplo, em $6,72 \text{ dm}^3$ de ar existem $5,242 \text{ dm}^3$ de N_2</i> ou <i>em 100 dm^3 de ar existem 78 dm^3 de N_2</i>(2 pontos)			
B) Determina o volume de O_2 existente num dado volume de ar: <i>por exemplo, em $6,72 \text{ dm}^3$ de ar existem $1,478 \text{ dm}^3$ de O_2</i> ou <i>em 100 dm^3 de ar existem 22 dm^3 de O_2</i>(2 pontos)			
C) Determina a quantidade de matéria de N_2 existente no volume determinado anteriormente: <i>por exemplo, em $5,242 \text{ dm}^3$ de N_2 existem $0,2340 \text{ mol}$ de N_2</i> ou <i>em 78 dm^3 de N_2 existem $3,482 \text{ mol}$ de N_2</i>(2 pontos)			
D) Determina a quantidade de matéria de O_2 existente no volume determinado anteriormente: <i>por exemplo, em $1,478 \text{ dm}^3$ de N_2 existem $6,598 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de O_2</i> ou <i>em 22 dm^3 de O_2 existem $0,9821 \text{ mol}$ de O_2</i>(2 pontos)			
E) Determina a massa de cada um dos componentes da mistura: $6,557 \text{ g}$ de N_2 e $2,111 \text{ g}$ de O_2 ou $97,57 \text{ g}$ de N_2 e $31,43 \text{ g}$ de O_2(2 pontos)			
F) Determina a densidade do ar naquelas condições de pressão e temperatura ($\rho = 1,29 \text{ g dm}^3$)(4 pontos)			
2.3	Versão 1: D	Versão 2: A	8 pontos
2.4	Determina o valor solicitado percorrendo as seguintes etapas: A) Determina o volume molar naquelas condições de pressão e temperatura para a amostra A ($V_m = 25,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)(6 pontos) B) Determina a quantidade de matéria da amostra de O_2 nas mesmas condições de pressão e temperatura (igual volume molar) ($n_{O_2} = 0,60 \text{ mol}$)(6 pontos)		12 pontos
3.1	Versão 1: C	Versão 2: A	8 pontos

3.2	Determina o valor solicitado percorrendo as seguintes etapas:		12 pontos
	A) Determina a quantidade de matéria da amostra de CH_4 ($n = 62,31 \text{ mol}$)(3 pontos)		
	B) Indica que a quantidade total de matéria de átomos de C é igual à quantidade de matéria de CH_4 ($n = 62,31 \text{ mol}$)(3 pontos)		
	C) Determina a quantidade de matéria de ^{13}C ($n = 0,6729 \text{ mol}$)(3 pontos)		
	D) Determina o número de átomo de ^{13}C ($N = 4,05 \times 10^{23} \text{ átomos}$)(3 pontos)		
3.3.1	Determina o valor solicitado percorrendo as seguintes etapas:		12 pontos
	A) Estabelece uma relação para calcular a energia envolvida na quebra de ligações nos reagentes $\left(E_{\text{absorvida na quebra de ligações}} = 4 \times 414 + 2 \times E(O = O)\right)$(4 pontos)		
	B) Calcula a energia envolvida na formação das novas ligações nos produtos da reação $\left(E_{\text{libertada na formação de ligações}} = 3438 \text{ kJ mol}^{-1}\right)$ (4 pontos)		
	C) Calcula a energia média de dissociação da molécula O_2 ($E_{O_2} = 446 \text{ kJ mol}^{-1}$) ...(4 pontos)		
3.3.2	Versão 1: D	Versão 2: A	8 pontos
3.3.3	Versão 1: B	Versão 2: D	8 pontos
4	Elementos de resposta:		12 pontos (4+4+4)
	$O_2(g) \xrightarrow{UV-C} O^{\bullet}(g) + O^{\bullet}(g)$ $2 O^{\bullet}(g) + 2 O_2(g) \rightarrow 2 O_3(g)$ - Um radical livre é uma espécie química com pelo menos um eletrão desemparelhado; - que lhe confere muita instabilidade e elevada reatividade, pois a espécie química tende a reagir para emparelhar os seus eletrões desemparelhados.		
	Níveis	Descritores do nível de desempenho	Pontuação
	4	A resposta apresenta os quatro elementos, é bem estruturada e apresenta linguagem científica adequada.	12
	3	A resposta apresenta os quatro elementos com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica ou apresenta três elementos, é bem estruturada e apresenta linguagem científica adequada.	9
	2	A resposta apresenta três elementos com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica ou apresenta apenas dois dos elementos, é bem estruturada e apresenta linguagem científica adequada.	6
	1	A resposta apresenta apenas dois dos elementos com falhas de estrutura e/ou na linguagem científica ou apresenta apenas um dos	3

		elementos, é bem estruturada e apresenta linguagem científica adequada.		
5.1	Determina o valor solicitado percorrendo as seguintes etapas: A) Calcula a quantidade de matéria de soluto sólido ($n = 0,150 \text{ mol}$)(5 pontos) B) Calcula a massa de soluto sólido ($m = 8,77 \text{ g}$) (5 pontos)			10 pontos
5.2	Versão 1: D		Versão 2: B	8 pontos
5.3	Versão 1: B		Versão 2: C	8 pontos
5.3	Versão 1: C		Versão 2: A	8 pontos
Total				200 pontos

Anexo K – Tabelas

Tabela 1 - Tabela-resumo dos instrumentos

<i>Instrumento</i>	<i>Momento</i>	<i>Finalidade</i>
<i>OSLQ Inicial</i>	Pré-intervenção	Caracterizar autorregulação
<i>Bilhete à entrada 1</i>	Ciclo 1	Diagnóstico
<i>Feedback IA 1</i>	Após Bilhete 1	Orientação do estudo
<i>Bilhete à entrada 2</i>	Ciclo 2	Diagnóstico
<i>Feedback IA 2</i>	Após Bilhete 2	Orientação do estudo
<i>Teste Final</i>	Pós-intervenção	Avaliar desempenho
<i>OSLQ Final</i>	Pós-intervenção	Comparação
<i>Entrevistas</i>	Pós-intervenção	Explorar perceções

Tabela 2 - Valores globais do OSLQ antes e após a intervenção

Parâmetro a ser analisado	Nº da questão	Questão	Média antes	Média depois	Variação de cada subparâmetro	Variação no parâmetro
Goal Setting	1	Defino objetivos para orientar o meu estudo	3,67	3,54	-0,13	-0,18
	2	Defino metas de curto e longo prazo	3,50	3,29	-0,21	
	3	Mantenho padrões elevados de desempenho	3,63	3,42	-0,21	
Environment Structuring	4	Escolho locais adequados para estudar	4,46	4,08	-0,38	0,03
	5	Organizo o meu espaço de estudo	4,13	4,17	0,04	
	6	Sei gerir o ambiente para facilitar a concentração	3,33	3,75	0,42	
Task Strategies	7	Tomo notas durante o estudo	3,71	3,63	-0,08	-0,06
	8	Aplico diferentes estratégias de aprendizagem	3,21	3,04	-0,17	
	9	Relaciono novos conteúdos com conhecimentos prévios	3,42	3,50	0,08	
Time Management	10	Distribuo o estudo ao longo do tempo	3,00	3,38	0,38	0,29
	11	Cumpro os horários definidos	3,54	3,75	0,21	
	12	Reservo tempo suficiente para as tarefas	3,25	3,54	0,29	
Help Seeking	13	Procuro colegas quando tem dificuldades	3,71	3,63	-0,08	-0,18
	14	Solicito ajuda ao professor	3,71	3,42	-0,29	
	15	Recorro a outras fontes de ajuda	4,00	3,83	-0,17	
Self-Evaluation	16	Reflico sobre o que aprendi	3,54	3,42	-0,13	-0,03
	17	Verifico se atingi os objetivos	3,63	3,71	0,08	
	18	Analiso os erros para melhorar	3,63	3,58	-0,04	

Tabela 3 - Valores do 2º teste (antes da intervenção) e 3º teste (após a intervenção) e respetiva variação

	MEDIA 2º TESTE	MÉDIA 3º TESTE	VARIAÇÃO
D1 - CONHECIMENTO - CONCEITOS, LEIS, PRINCÍPIOS E TEORIAS CIENTÍFICAS	126,54	123,34	-3,20
D2 - COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA	115,18	65,18	-50,00
D3 - RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	84,52	68,68	-15,84
D4 - ATIVIDADES LABORATORIAIS	141,27	135,79	-5,48

Tabela 4 - Resultados médios por dimensão do OSLQ

<i>Parâmetro a ser analisado</i>	<i>Média dos parâmetros do 1º questionário</i>	<i>Média dos parâmetros do 2º questionário</i>	<i>Variação no parâmetro</i>
<i>Goal Setting</i>	3,60	3,42	-0,18
<i>Environment Structuring</i>	3,97	4,00	0,03
<i>Task Strategies</i>	3,44	3,39	-0,06
<i>Time Management</i>	3,26	3,56	0,29
<i>Help Seeking</i>	3,81	3,63	-0,18
<i>Self-Evaluation</i>	3,60	3,57	-0,03

Tabela 5 - Respostas das entrevistas

Frequência de consulta do feedback	
Algumas vezes	9
Raramente	5
Nunca	4
Frequentemente	3
Perceção dos erros/dificuldades	
Sim	11
Em parte	6
Não	3
sim	1
Identificação do que estudar primeiro	
Moderadamente	8
sim	3
Bastante	3
Sim	3
Nada	2
Muito	2
Organização do estudo	
Moderadamente	6
Sim	4
Bastante	3
Muito	3
Nada	2
Sim, na parte que eu tenho mais que estudar e no que necessito de rever	1
Pouco	1

Não	1
Acompanhamento da evolução	
Sim	7
Em parte	7
Não	4
Um pouco	1
Sim, mas não muito	1
sim	1
Apoio externo	
Sim	14
Não	6
sim	1
Clareza do feedback	
Sim	14
sim	3
Mais ou menos	2
Não li o feedback todo	1
Mais ou menos, pois era um texto longo onde necessitava de foco e compreensão para ler.	1
Confiança no feedback	
Sim	13
sim	5
Não sei quais são as orientações	1
Confiava	1
Mais ou menos	1

Tabela 6 - Síntese das categorias relativas à utilidade do feedback

Categoria	Subcategoria	Frequência*	Exemplo representativo
Utilidade do feedback	Identificação de erros	14	"Percebi melhor onde tinha errado."
	Compreensão das respostas	11	"Ajudou-me a perceber porque a resposta estava incompleta."
	Definição de prioridades de estudo	10	"Sabia melhor o que estudar primeiro."
	Revisão da matéria	8	"Serviu para rever os conteúdos antes do teste."
	Acompanhamento do progresso	5	"Permitiu perceber a minha evolução."

*Frequência = número de participantes que referiram à ideia.

Tabela 7 - Influência nas estratégias de estudo

Categoria	Subcategoria	Frequência	Exemplo representativo
Estratégias de estudo	Revisão dos conteúdos menos dominados	12	"Voltei a estudar os temas onde tinha mais dificuldades."
	Organização do estudo	9	"Passei a organizar melhor o que tinha de rever."
	Preparação para avaliações	8	"Utilizei as sugestões para estudar para o teste seguinte."
	Consulta de materiais complementares	4	"Procurei exercícios semelhantes para praticar."

Tabela 8 - Barreiras à utilização do feedback

Categoria	Subcategoria	Frequência	Exemplo representativo
Barreiras	Falta de tempo	6	"Nem sempre tinha tempo para ler tudo."
	Consulta superficial	5	"Às vezes lia apenas por alto."
	Pouca necessidade sentida	3	"Já sabia onde tinha errado."
	Esquecimento	2	"Nem sempre me lembrava de voltar ao feedback."

Tabela 9 - Influências de outras fontes de apoio

Categoria	Subcategoria	Frequência	Exemplo representativo
Apoio externo	Explicações	10	"As explicações também ajudavam a perceber a matéria."
	Apoio familiar	4	"Os meus pais ajudavam-me a estudar."
	Colegas	3	"Falava com colegas sobre as dúvidas."
	Estudo autónomo	5	"Também utilizava os meus apontamentos."

Tabela 10 – Perceção da utilização da IA

Categoria	Subcategoria	Frequência	Exemplo representativo
Perceção da IA	Rapidez do feedback	11	"Recebia as respostas rapidamente."
	Clareza das explicações	10	"Era fácil perceber o que estava escrito."
	Personalização	8	"Parecia adaptado às minhas respostas."
	Confiança nas orientações	7	"Confiava no que o feedback dizia."
	<i>Necessidade de supervisão do professor</i>	3	<i>"Preferia que o professor confirmasse algumas respostas."</i>

Tabela 11 - Síntese global das entrevistas

Tema principal	Evidências encontradas
Utilidade do feedback	Os alunos atribuíram valor à informação recebida, sobretudo para compreender erros e orientar revisões.
Estratégias de estudo	Foram relatadas alterações na preparação das avaliações e na seleção dos conteúdos a estudar.
Barreiras	A utilização do feedback nem sempre foi sistemática devido a limitações de tempo e hábitos de estudo.
Fontes de apoio	O feedback coexistiu com explicações, apoio familiar e estudo autónomo.
Inteligência Artificial	A utilização da IA foi geralmente bem aceite, destacando-se a rapidez e a personalização das respostas.

Anexo L – Parecer da Comissão de Ética



Daniel Filipe Teixeira Pereira

up201705442@edu.fc.up.pt

ID 649306

FINALIZADO



Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

REGISTO DE DANIEL FILIPE TEIXEIRA PEREIRA

Quarta-feira 25 fevereiro 2026 às 10:30:29

Enviado para cmoura@fc.up.pt imcruz@fc.up.pt jglima@fc.up.pt jmoreira@fc.up.pt lmlopes@fc.up.pt
Imcunha@fc.up.pt neformig@fc.up.pt

Estatuto/categoria / Status:	Estudante
Instituição / Institution:	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Nome Orientador / Name:	João Carlos de Matos Paiva
Email Orientador / Email:	jcpaiva9@gmail.com
Tipo de Projeto / Project Type:	Investigação educacional desenvolvida no âmbito da PES
Título / Title:	Sistema de Autorregulação da Aprendizagem com Apoio de Inteligência Artificial no âmbito da Química do 10.º ano
Síntese do Projeto / Resume (1500 caracteres):	O projeto "Sistema de Autorregulação da Aprendizagem com Apoio de Inteligência Artificial no âmbito da Química do 10.º ano" propõe um modelo pedagógico que integra Inteligência Artificial (IA) em práticas de avaliação formativa, com o objetivo de promover a autorregulação da aprendizagem e melhorar o desempenho dos alunos em Química. O modelo parte da constatação de que muitos alunos apresentam dificuldades em monitorizar o próprio progresso, interpretar feedback e ajustar estratégias de estudo. Para responder a este problema, estrutura-se como um ciclo formativo contínuo composto por seis fases: diagnóstico inicial (bilhete à entrada), feedback assistido por IA, planeamento do aluno, ação orientada, reavaliação (bilhete à saída) e feedback de consolidação. A IA é utilizada como mediadora do feedback, analisando as respostas dos alunos com base num documento de referência previamente definido pelo professor, que funciona como âncora epistemológica. O sistema é deliberadamente controlado para evitar deriva conceptual, introdução de conteúdos externos ou contaminação recursiva de outputs. O professor mantém um papel central de validação científica, mediação pedagógica e supervisão do processo. O estudo pretende avaliar: O impacto do modelo na autorregulação da aprendizagem (através de questionários pré e pós-intervenção); A evolução do desempenho académico (comparação entre bilhetes à entrada e à saída); A melhoria da comunicação científica escrita (com recurso a rubrica de avaliação). Conceptualmente, o projeto articula três eixos teóricos: avaliação formativa, autorregulação e metacognição, e uso educativo da IA. O propósito final é desenvolver uma prática educativa mais reflexiva, personalizada e cientificamente robusta, mantendo a tecnologia subordinada ao enquadramento pedagógico definido pelo professor. O questionário seria dado na plataforma de google forms de forma a simplificar o processo bem como aproveitar as ferramentas de monitorização.
CV Orientadores (*):	short-portugues-CURRIC_VITAE_JOAO_PAIVA_2025-resumido-v2.pdf
Consentimento Informado (menores):	Consentimento .pdf
Parecer / Opinion:	Questionário OSLQ.pdf
Outros docs / Others Docs:	Questionário sobre Estratégias de estudo e aprendizagem - Google Forms.pdf

PROCESSADO POR JOÃO LIMA

Quinta-feira 14 maio 2026 às 23:29:54

📧 Enviado para up201705442@edu.fc.up.pt

Caro Dr. Danel Pereira,

O Parecer Final já está disponível no Infociências.

Melhores cumprimentos,

João Lima

Estatuto/categoria / Status:	Estudante
Instituição / Institution:	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Nome Orientador/ Name:	João Carlos de Matos Paiva
Email Orientador / Email:	jcpaiva9@gmail.com
Tipo de Projeto / Project Type:	Investigação educacional desenvolvida no âmbito da PES
Título / Title:	Sistema de Autorregulação da Aprendizagem com Apoio de Inteligência Artificial no âmbito da Química do 10.º ano
Síntese do Projeto / Resume (1500 caracteres) :	O projeto "Sistema de Autorregulação da Aprendizagem com Apoio de Inteligência Artificial no âmbito da Química do 10.º ano" propõe um modelo pedagógico que integra Inteligência Artificial (IA) em práticas de avaliação formativa, com o objetivo de promover a autorregulação da aprendizagem e melhorar o desempenho dos alunos em Química. O modelo parte da constatação de que muitos alunos apresentam dificuldades em monitorizar o próprio progresso, interpretar feedback e ajustar estratégias de estudo. Para responder a este problema, estrutura-se como um ciclo formativo contínuo composto por seis fases: diagnóstico inicial (bilhete à entrada), feedback assistido por IA, planeamento do aluno, ação orientada, reavaliação (bilhete à saída) e feedback de consolidação. A IA é utilizada como mediadora do feedback, analisando as respostas dos alunos com base num documento de referência previamente definido pelo professor, que funciona como âncora epistemológica. O sistema é deliberadamente controlado para evitar deriva conceptual, introdução de conteúdos externos ou contaminação recursiva de outputs. O professor mantém um papel central de validação científica, mediação pedagógica e supervisão do processo. O estudo pretende avaliar: O impacto do modelo na autorregulação da aprendizagem (através de questionários pré e pós-intervenção); A evolução do desempenho académico (comparação entre bilhetes à entrada e à saída); A melhoria da comunicação científica escrita (com recurso a rubrica de avaliação). Conceptualmente, o projeto articula três eixos técnicos: avaliação formativa, autorregulação e metacognição, e uso educativo da IA. O propósito final é desenvolver uma prática educativa mais reflexiva, personalizada e cientificamente robusta, mantendo a tecnologia subordinada ao enquadramento pedagógico definido pelo professor. O questionário seria dado na plataforma de google forms de forma a simplificar o processo bem como aproveitar as ferramentas de monitorização.
CV Orientadores (*):	short-portugues-CURRIC_VITAE_JOAO_PAVA_2025-resumido-v2.pdf
Consentimento Informado (menores):	Consentimento .pdf
Parecer / Opinion:	Questionário OSUQ.pdf
Outros docs / Others Docs:	Questionário sobre Estratégias de estudo e aprendizagem - Google Forms.pdf
Parecer Final:	parecer_final_649306_signed.pdf

Cancelar

Anexo M – Consentimento para os pais dos respetivos alunos

	FÍSICA E QUÍMICA A 10º C Declaração de Consentimento	 2025-2026
---	---	---

Exmo.(a) Encarregado(a) de Educação,

No âmbito de um estudo de investigação em educação, integrado num trabalho académico de mestrado, pretende-se desenvolver e avaliar um *modelo de apoio ao estudo na disciplina de Física e Química A do 10.º ano*, recorrendo a estratégias de avaliação formativa e a ferramentas digitais de apoio à aprendizagem.

A participação dos alunos consiste na realização de pequenos questionários e tarefas de estudo (bilhetes à entrada e à saída), bem como no preenchimento de um questionário sobre estratégias de aprendizagem e autorregulação, a aplicar antes e após a implementação do modelo. Estas atividades enquadram-se nas práticas pedagógicas habituais da disciplina e não implicam qualquer risco para os alunos nem interferem com a sua avaliação escolar.

A participação é voluntária, não tendo qualquer impacto na avaliação escolar do aluno. Os dados recolhidos serão tratados de forma anónima e confidencial, sendo utilizados exclusivamente para fins científicos e académicos, não permitindo em momento algum a identificação individual dos participantes.

O encarregado de educação poderá, a qualquer momento, retirar o consentimento para a participação do seu educando, sem qualquer prejuízo para o mesmo. Para qualquer esclarecimento adicional, poderá contactar os professores responsáveis pelo estudo.

Com os melhores cumprimentos,

Daniel Pereira (dfpereira@espenafiel.org) e Carina Moreira (cmoreira@espenafiel.org).

Declaração de consentimento

Eu, _____, Encarregado(a) de Educação do aluno
_____, nº _____, do 10º C, declaro que li e
compreendi a informação acima apresentada sobre o estudo e autorizo a participação do meu educando nas atividades
descritas.

Penafiel, ____/____/____

Anexo N – Assentimento para os alunos participantes

Declaração de Assentimento Informado

(de alunos menores)

Título do projeto: *Sistema de Auto Regulação da Aprendizagem com IA: um estudo em química no 10º ano de escolaridade*

Nome do investigador principal: Daniel Filipe Teixeira Pereira

Orientador/coorientadores científicos: João Paiva, Carina Moreira

Contactos do investigador principal: up201705442@up.pt , +351938690472

Eu, _____
abaixo-assinado, aceito participar neste projeto, sabendo que é garantido o
anonimato para o exterior,
a confidencialidade no tratamento dos dados assim como a proteção e segurança
dos dados dos
intervenientes. Compreendo que a minha participação é voluntaria e anónima. Sei
que posso desistir a qualquer momento da participação neste projeto, sem indicar
o motivo.

O aluno:

Data: __/ __/ ____

O investigador principal:

Data: __/ __/ ____

Anexo O – Critérios específicos de Física e Química A - Ensino Secundário

		DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DE FÍSICA E QUÍMICA A – Ensino Secundário			
					2025/2026
Critérios Transversais	Domínios	Instrumentos de Monitorização das aprendizagens ⁽¹⁾	Processos de recolha de dados	Critérios	Áreas de Competência do PASEO
CONHECIMENTOS RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMUNICAÇÃO	CONCEITOS E PROCEDIMENTOS 50% COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA 10% RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS 5% TRABALHO PRÁTICO/LABORATORIAL/EXPERIMENTAL 25%	- Testes	Critérios específicos	- Critérios específicos de classificação	- Linguagem e textos - Informação e comunicação - Raciocínio e resolução de problemas - Pensamento crítico e pensamento criativo - Relacionamento interpessoal - Desenvolvimento e autonomia pessoal - Bem-estar, saúde e ambiente - Saber científico e tecnológico
		- Trabalho de Projeto/DAC/trabalhos de pesquisa	Rubricas e /ou grelhas de observação	- Relevância/qualidade científica - Seleção e tratamento da informação - Domínio dos conteúdos - Criatividade - Responsabilidade/ Cooperação - Apresentação/grafismo - Estruturação - Interação - Reflexão - Comunicação	
		Tarefas em aula	Rubricas grelhas de observação Critérios específicos	- Compreensão e domínio dos conteúdos - Comunicação - Rigor científico - Interesse - Responsabilidade -Autonomia - Empenho	
		- Atividades Práticas/teórico-práticas	Rubricas e/ou grelhas de observação	- Rigor científico - Processo - Análise/Reflexão - Cooperação - Responsabilidade	
	Nas rubricas/grelhas de observação, relativas aos diferentes domínios de avaliação, estão incluídos descritores relativos às atitudes a avaliar, cuja ponderação final na avaliação é de 10%.				