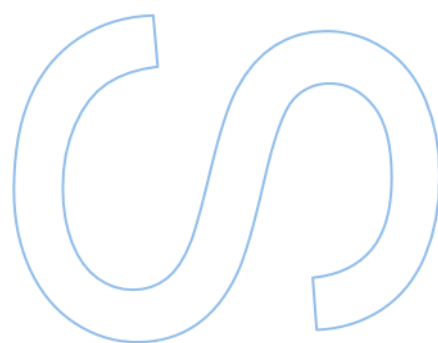
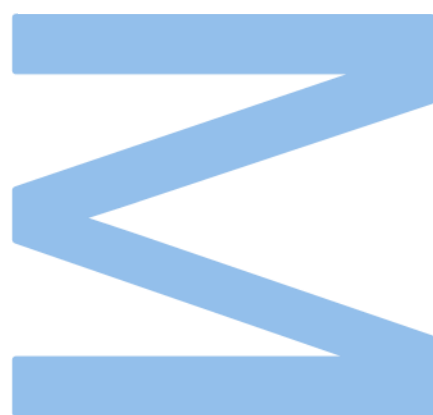


Expressão do conhecimento a partir de analogias, com auxílio de uma ferramenta de Inteligência Artificial: um estudo sobre a ligação química no 9.º ano de escolaridade

Anabela Carina de Novais Ascensão

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

Unidade de Ensino das Ciências/Departamento de Química e Bioquímica
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2024



Expressão do conhecimento a partir de analogias, com auxílio de uma ferramenta de Inteligência Artificial: um estudo sobre a ligação química no 9.º ano de escolaridade

Anabela Carina de Novais Ascensão

Relatório de Estágio no âmbito do Mestrado em Ensino de
Física e de Química no 3.º ciclo no Ensino Básico e no
Ensino Secundário

Unidade de Ensino das Ciências/Departamento de Química e Bioquímica
2024

Orientador

João Carlos de Matos Paiva, Professor Associado com
Agregação, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Ao meu sogro Francisco, que sempre me incentivou.

Agradecimentos

Acredito que nunca é tarde para fazermos mais e melhor. E eu que o diga! A decisão de embarcar nesta aventura não foi fácil, mas saio com a certeza de que encontrei o meu caminho e vocação. Mas isto só foi possível com a ajuda de muitas pessoas, as quais passo a agradecer.

Agradeço aos professores orientadores que me acompanharam ao longo deste ano de Iniciação à Prática Pedagógica, professores João Paiva e Marcelo Dumas, por todas as reuniões, dúvidas esclarecidas, conselhos e demais orientações. Não posso deixar de dar um agradecimento especial ao professor João Paiva, que me orientou na concretização desta investigação, por me transmitir, muitas vezes, a leveza que precisava sem descurar do meu objetivo.

Não posso deixar de agradecer também ao professor Paulo Simeão, que tantas vezes esteve presente em reuniões e me tirou dúvidas. E à professora Carla Morais, por ter marcado de uma forma positiva e bonita este meu percurso no mestrado.

Agradeço a todos os professores e funcionários da Escola Secundária Inês de Castro (ESIC), que me acolheram durante este ano de estágio e fizeram com que me sentisse em casa. À Dra. Manuela Carvalho, diretora da escola, pela sua energia e boa disposição, e por nos encorajar sempre a levar avante as nossas ideias. À D. Nazaré, pelos maravilhosos pequenos-almoços e pelas conversas sobre gatos, uma paixão que temos em comum. E o maior dos agradecimentos à professora Dulce Peixoto, que me orientou nesta escola, e tornou os meus dias de trabalho alegres, positivos e cheios. Cheios de motivação e aprendizagem. Que sorte eu tive, muito obrigada Dulce!

A todos os colegas de mestrado, mas um agradecimento especial à Cláudia Martins, pela amizade, conselhos e por tantas vezes me dizer que eu estava no caminho certo. Ao Rui Campos e Rui Moutinho, por tantos momentos de partilha e boa disposição na ESIC. E por último, mas não menos importante, à Joana Alves, minha colega de estágio, pela amizade, por tanto que me ensinou, partilhou e motivou. Obrigada Joana, foi muito mais fácil contigo!

Por fim, agradeço profundamente à minha família, por compreenderem a minha ausência, mau humor e cansaço. Em especial agradeço às duas pessoas da minha vida: ao meu Hugo, que muitas vezes teve de aguentar o barco sozinho para que eu pudesse dedicar-me ao Mestrado, e por ser a pessoa compreensível e amável que precisei; e ao meu filho Mateus, que “esperou” sempre pela mamã, amando-me incondicionalmente. Obrigada, amo-vos muito!

Resumo

Atualmente, existe uma crescente preocupação e necessidade de inovar as estratégias pedagógicas usadas no ensino das ciências. A inteligência artificial (IA) tem sido um tema em destaque e a previsão é que seu uso se tornará cada vez mais comum em diversas áreas, incluindo a educação. Explorar o potencial da IA na educação e combiná-la com analogias, uma ferramenta amplamente utilizada para a compreensão de conceitos abstratos, pode ser uma estratégia promissora para aumentar a motivação, o envolvimento dos estudantes e a expressão do conhecimento. Este documento descreve um estudo de caso em que foi implementada uma atividade que utiliza a Lexica, uma ferramenta de IA *text-to-image*, aliada a analogias, aplicada ao estudo de conteúdos de Química do 9.º ano de escolaridade. A atividade, aplicada a uma turma do 9.º ano de uma escola em Vila Nova de Gaia, foi dividida em três etapas: geração de uma imagem através de uma ferramenta de IA, criação de uma analogia entre a imagem e o conceito de ligação química e, por fim, uma entrevista semiestruturada com os alunos. Foram feitas notas de campo através da observação dos alunos durante as diferentes etapas, bem como interpretados os materiais por eles produzidos. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com uma amostra de seis estudantes da turma. A avaliação do impacto e da perceção dos alunos em relação a esta atividade foi realizada através da análise das entrevistas no final da atividade. Os resultados indicam que, para estes alunos, a utilização de ferramentas de IA *text-to-image* e de analogias sugere um aumento da motivação e do interesse no estudo da Química, além de uma melhoria na expressão do conhecimento. A combinação dessas ferramentas mostrou-se eficaz em tornar os conceitos de ligação química mais acessíveis e compreensíveis.

Palavras-chave: Expressão do conhecimento, inteligência artificial, analogias, ensino da Química, ligação química

Abstract

Currently, there is a growing concern and necessity to innovate the pedagogical strategies used in science education. Artificial intelligence (AI) has been a prominent topic, and it is predicted to become increasingly common in various fields, including education. Exploring the potential of AI in education and integrating it with analogies, a widely used tool for understanding abstract concepts, can be a promising strategy to enhance student motivation, engagement, and knowledge expression. This document describes a case study where an activity using Lexica, an AI text-to-image tool, combined with analogies, was implemented to teach 9th-grade Chemistry content. The activity, conducted with a 9th-grade class at a school in Vila Nova de Gaia, was divided into three stages: generating an image through an AI tool, creating an analogy between the image and the concept of chemical bonding, and finally, conducting a semi-structured interview with the students. Field notes were taken by observing the students during the different stages, and the materials produced by them were interpreted. Additionally, semi-structured interviews were conducted with a sample of six students from the class. The evaluation of the impact and students' perception of this activity was performed through the analysis of the interviews at the end of the activity. The results indicate that, for these students, the use of AI text-to-image tools and analogies suggests an increase in motivation and interest in studying Chemistry, as well as an improvement in knowledge expression. The combination of these tools proved effective in making concepts of chemical bonding more accessible and understandable.

Keywords: Knowledge expression, artificial intelligence, analogies, chemistry teaching, chemical bonding

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	viii
Introdução.....	1
1. Dossier de estágio: apresentação sintética.....	3
2. Enquadramento Teórico	3
2.1. A expressão do Conhecimento em Ciências.....	3
2.1.1. Analogias como ferramenta na expressão do conhecimento em Ciências.....	4
2.2. Inteligência Artificial <i>text-to-image</i>	5
2.3. Ligação Química.....	7
3. Enquadramento didático-curricular	8
4. Prática em ambiente escolar: implementação e análise da investigação	9
4.1. Metodologia.....	9
4.2. Implementação da investigação	9
4.2.1. Caracterização da amostra de estudantes	9
4.2.2. Planeamento e descrição das etapas	10
4.3. Apresentação e análise dos resultados	14
4.3.1 Notas de campo.....	14
4.3.2 Trabalhos dos alunos	15
4.3.3 Entrevistas aos alunos.....	19
4.3.4 Triangulação de dados	25
Conclusão.....	26
Reflexão autocrítica e projetos futuros.....	27
Referências Bibliográficas.....	28
Apêndices.....	31
Apêndice 1 – Índice do Dossier de Estágio	31

Apêndice 2 – Planos de aula sobre “Ligação química”	34
Apêndice 3 – Informação e pedido de parecer da Direção da ESIC quanto à investigação	36
Apêndice 4 – Consentimento e assentimento informados	37
Apêndice 5 – Pesquisa e seleção da ferramenta <i>text-to-image</i> para a investigação	39
Apêndice 6 – Roteiro de Exploração – <i>Lexica.art</i>	41
Apêndice 7 – Folha de Registo.....	42
Apêndice 8 – Tutorial “Criar analogias a partir de imagens”	46
Apêndice 9 – Guião para a apresentação da Analogia à turma	51
Apêndice 10 – Entrevista semiestruturada	52
Apêndice 11 – ETAPA 1: Pesquisa na Lexica e escolha da imagem que representa o conceito de ligação química.	54
Apêndice 12 – ETAPA 2: Analogia criada pelos alunos entre a imagem escolhida na etapa 1 e o conceito de ligação química.....	55
Apêndice 13 – Transcrição e categorização do conteúdo das entrevistas	56
Apêndice 14 – Tratamento de dados das entrevistas	58

Lista de Tabelas

Tabela 1	<i>Quadro resumo do planeamento das etapas da investigação.</i>	11
Tabela 2	<i>Critérios analisados para a escolha da ferramenta IA a utilizar no estudo.</i>	39
Tabela 3	<i>Categorização do conteúdo da entrevista.</i>	56
Tabela 4	<i>Análise de todas as respostas às entrevistas.</i>	58
Tabela 5	<i>Análise da categoria “Relação com a Química”.</i>	66
Tabela 6	<i>Análise da categoria “Entendimento sobre Ligação Química”.</i>	67
Tabela 7	<i>Análise da categoria “Relação com a arte gráfica”.</i>	67
Tabela 8	<i>Análise da categoria “Relação com analogias”.</i>	68
Tabela 9	<i>Análise da categoria “Experiência com as atividades”.</i>	68
Tabela 10	<i>Análise da categoria “Impacto das atividades na aprendizagem”.</i>	69
Tabela 11	<i>Análise da categoria “Impacto das atividades na expressão do conhecimento”.</i>	70
Tabela 12	<i>Análise da categoria “Motivação para o estudo da Química”.</i>	70
Tabela 13	<i>Análise da categoria “Perspetivas futuras”.</i>	71

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Plano da aula n.º 79 – Ligação covalente. Elaborado por mim.</i>	34
Figura 2 <i>Plano da aula n.º 80 – Ligação covalente. Elaborado por mim.</i>	35
Figura 3 <i>Planos de aula– Ligação iónica e ligação metálica. Elaborado pela professora estagiária Joana Alves.</i>	35
Figura 4 <i>Troca de emails com a diretora da ESIC, para informação e pedido de parecer quanto ao estudo aplicado em ambiente escolar</i>	36
Figura 5 <i>Imagens escolhidas nas pesquisas do Aluno 006. A verde, a selecionada.</i>	54

Lista de Abreviaturas

DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
ESIC	ESCOLA SECUNDÁRIA INÊS DE CASTRO
FA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
GAN	<i>GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS</i>
IA	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PEDAGÓGICA
PES	PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA
PPMD	PROJETO PILOTO DE MANUAIS DIGITAIS
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO

Introdução

O ensino no século XXI enfrenta desafios e oportunidades únicos, resultantes das rápidas transformações tecnológicas e sociais. Vivemos na era digital, onde o acesso à informação e às novas tecnologias redefine o papel dos professores e a dinâmica das salas de aula (Selwyn, 2011). A ubiquidade das tecnologias digitais na sociedade exige uma recontextualização do papel da educação, onde a integração tecnológica deve ser cuidadosamente planeada para maximizar os seus benefícios e minimizar os riscos (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura [UNESCO], 2023). Os professores são incentivados a adotar abordagens pedagógicas que incluam o uso de tecnologias digitais, uma vez que a versatilidade de métodos de ensino é essencial para atender às necessidades de uma geração de alunos que cresceu imersa em tecnologia e que necessita de formas de aprendizagem mais interativas e personalizadas (Dillenbourg et al., 2018).

A inteligência artificial (IA) tem sido alvo de estudo há décadas, mas só muito recentemente começou a chamar a atenção de todas as sociedades globais, sendo um assunto em voga. A introdução da IA no campo educacional representa uma revolução significativa. Ferramentas de IA *text-to-image*, por exemplo, são capazes de gerar imagens a partir de descrições textuais, oferecendo novos meios para a expressão e visualização do conhecimento. Este avanço tem um impacto profundo no ensino, especialmente em disciplinas que envolvem conceitos abstratos e complexos, como é o caso da Química. Estas ferramentas não só tornam as aulas mais interativas e dinâmicas, como também incentivam a criatividade e o pensamento crítico dos alunos, aspetos essenciais para uma aprendizagem significativa (Mayer, 2002).

A utilização de analogias é uma prática pedagógica amplamente reconhecida por facilitar a compreensão de conceitos científicos abstratos, conectando-os a experiências do quotidiano dos alunos (Glynn, 2008). No entanto, a criação de analogias eficazes requer tempo e criatividade, recursos que muitas vezes são limitados para os professores.

Cativar os alunos é um desafio constante para os educadores, pois estudantes envolvidos e motivados tendem a ter melhor desempenho académico e a desenvolver um interesse duradouro pelas ciências (Fredricks et al., 2004).

Neste estudo de caso será explorada a utilização de uma ferramenta de IA *text-to-image* e a combinação desta com o uso de analogias, por parte de alunos do 9.º ano de escolaridade, procurando responder-se às seguintes questões orientadoras:

1 – Podem as ferramentas *text-to-image*, baseadas em IA, contribuir para a interpretação e expressão do conhecimento sobre ligação química, num grupo de alunos do 9.º ano de escolaridade?

2 – De que forma as ferramentas *text-to-image* auxiliam na construção de analogias para uso em momentos didáticos de comunicação científica por parte de alunos do 9.º ano de escolaridade, em relação à ligação química?

3 - É possível afirmar que as atividades propostas, englobando analogias e ferramentas de inteligência artificial, motivaram e auxiliaram um grupo de alunos, do 9º ano de escolaridade, no estudo das ligações químicas?

O objetivo desta pesquisa é compreender e analisar como as analogias criadas a partir de imagens geradas por IA podem impactar, na perspetiva dos alunos, na interpretação e compreensão do conceito de ligação química e na expressão do conhecimento. Além disso, o estudo analisará o efeito dessas ferramentas na motivação e interesse dos alunos pelo estudo da química, permitindo perceber o potencial da sua integração no ensino das ciências.

Após a introdução, este relatório encontra-se dividido em quatro capítulos. No primeiro capítulo é apresentado o *link* para consulta do dossier da Iniciação à Prática Profissional (IPP), também designado como Dossier de Estágio, realizado no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada (PES). No capítulo dois faz-se um enquadramento teórico para este trabalho de investigação, onde se abordam os temas da expressão do conhecimento no ensino das ciências, do uso de analogias como uma ferramenta para a expressão do conhecimento no ensino das Ciências, da IA *text-to-image* e da ligação química, expondo a relevância desta pesquisa. O enquadramento didático-curricular é apresentado no capítulo três, e o capítulo quatro destina-se à descrição da metodologia da investigação e da implementação da atividade, descrevendo o planeamento, recursos desenvolvidos e a amostra de estudo, e por fim a análise dos resultados. Após a exposição destes quatro capítulos, apresentam-se as conclusões e considerações finais do estudo e uma reflexão autocritica, onde se destacam alguns pontos positivos e negativos, e potenciais projetos futuros.

1. Dossier de estágio: apresentação sintética

Nesta secção é apresentado o dossier da Iniciação à Prática Profissional (IPP), também designado de *Dossier de Estágio*, onde são descritas todas as atividades que foram realizadas ao longo do ano letivo 2023/2024 na Escola Secundária Inês de Castro (ESIC), no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada (PES).

O núcleo de estágio foi constituído pela orientadora cooperante, a professora Dulce Peixoto, pela professora estagiária Joana Alves e por mim, também professora estagiária.

A IPP teve a orientação de dois professores da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), o professor Doutor João Paiva e o professor Doutor Marcelo Dumas Hahn.

Este documento pode ser consultado nesta [hiperligação](#) e o seu *Índice* pode ser consultado no [Apêndice 1](#) deste documento.

2. Enquadramento Teórico

2.1. A expressão do Conhecimento em Ciências

O conhecimento pode ser definido como o conjunto de representações mentais potencialmente acessíveis de um indivíduo sobre a sua experiência. No entanto, o que é conhecido nem sempre é representado fielmente. Mesmo que, em alguns momentos, o conhecimento não esteja prontamente disponível, o dinamismo educativo realiza-se por tentativas de expressão, mais ou menos consistentes (Isaacson & Spear, 1982).

A expressão do conhecimento refere-se à capacidade de articular, demonstrar e comunicar a compreensão sobre um determinado assunto ou conceito aprendido. Vai além da simples memorização de informações; é quando “saber” e “pensar” estão relacionados com “fazer”, sendo por isso fundamental no processo da aprendizagem eficaz (Isaacson & Spear, 1982).

Em ciências, essa expressão pode ocorrer de várias maneiras, incluindo linguagem escrita, verbal, visual e simbólica. Wellington & Osborne (2001) destacam a importância da comunicação no ensino das ciências, argumentando que a habilidade de explicar

conceitos científicos de maneira clara e coerente é crucial para uma compreensão mais profunda. As expressões verbais e escrita permitem aos alunos articular as suas compreensões e descobertas, facilitando a metacognição e a aprendizagem colaborativa. Harrison & Treagust (2000) apontam que representações visuais, como diagramas e modelos, são ferramentas poderosas no ensino das ciências sendo que ajudam a visualizar conceitos abstratos e a entender relações complexas entre diferentes elementos. Por exemplo, no estudo da química, os modelos moleculares podem ajudar os alunos a entender a estrutura e as interações químicas.

2.1.1. Analogias como ferramenta na expressão do conhecimento em Ciências

As analogias são um recurso didático que se mostra eficaz na expressão do conhecimento, ao conectar novos conceitos a conhecimentos prévios dos alunos (Duit, 1991; Glynn, 2008). Estas ferramentas desempenham um papel crucial no ensino das ciências ao tornar ideias abstratas mais concretas e compreensíveis. Este recurso não só ajuda a explicar conceitos difíceis e não familiares, como também promove mudanças conceptuais (Duit, 1991).

No ensino da química, as analogias são particularmente úteis devido à natureza abstrata de muitos conceitos químicos (Coll, 2006). A química envolve muitos processos e interações a nível atómico e molecular que não são diretamente observáveis, tornando-se desafiador para os alunos visualizarem e entenderem esses conceitos sem assistência adicional.

A motivação e o interesse dos alunos são ingredientes facilitadores no processo de aprendizagem. Alunos atraídos pelo conceito ou contexto estão mais predispostos a uma aprendizagem eficaz. Duit e Treagust (2003) argumentam que as analogias tornam as aulas mais interessantes, aumentando a motivação dos alunos. O estudo de Vieira & Morais (2022), por exemplo, discute a criação de analogias musicais pelos professores para ensinar tópicos como o modelo quântico do átomo e a teoria cinético-molecular. Estas analogias são desenvolvidas para ajudar os alunos a entender conceitos complexos em termos familiares e para promover atitudes positivas em relação à aprendizagem da química. O foco está na utilização de analogias entre música e química para facilitar a compreensão e o interesse dos alunos.

No contexto educacional, é igualmente importante considerar o uso de analogias criadas pelos próprios alunos. Estudos mostram que, quando os alunos criam as suas próprias analogias, há uma melhoria significativa na compreensão e na retenção do

conhecimento (Harrison & Treagust, 2000). Genc (2013) demonstra como o método de analogias centradas nos alunos pode ser eficaz na motivação e na aprendizagem de conceitos abstratos na área da Biologia. No entanto, a eficácia das analogias depende da sua relevância e precisão. Analogias inadequadas ou mal utilizadas podem levar a concepções alternativas (Harrison & Treagust, 1996).

Algumas pesquisas e análises realizadas a obras de arte, como "A Noite Estrelada" de Vincent van Gogh, demonstram que estas podem ser utilizadas para criar analogias que ajudam os alunos a compreender conceitos científicos complexos, como a agitação térmica. A arte fornece uma base visual rica que facilita a compreensão e a expressão do conhecimento científico. Por exemplo, Aragón et al. (2008) discutem como os remoinhos na pintura de van Gogh ilustram a agitação térmica, conforme previsto pela teoria estatística de Kolmogorov. St. Clair (2014) também explorou como "A Noite Estrelada" pode ser usada para explicar movimento e luz, demonstrando a interseção entre arte e ciência. Assim, explorar a criação de analogias a partir da arte, aplicadas ao ensino das ciências em contexto escolar, pode ser uma abordagem de ensino inovadora e criativa.

2.2. Inteligência Artificial *text-to-image*

A IA refere-se à capacidade de as máquinas realizarem funções cognitivas associadas à mente humana, como a resolução de problemas e a aprendizagem (Ahmad, 2021). Isto acontece quando um sistema, a partir de comandos e símbolos computacionais, começa a analisar volumes de dados e, a partir deles, começa a aprender (Barbosa e Portes, 2023).

Com uma ampla gama de aplicações em diferentes áreas, a IA tem avançado significativamente nas últimas décadas. Uma das suas aplicações é a geração de imagens a partir de descrições textuais, como por exemplo o DALL-E da OpenAI (<https://openai.com/index/dall-e/>). Estes *softwares*, também designados como IA *text-to-image*, referem-se a tecnologias que utilizam algoritmos de aprendizagem profunda para converter essas descrições textuais em imagens. Modelos como as *Generative Adversarial Networks* (GAN) têm sido fundamentais para este avanço, permitindo a criação de imagens de alta qualidade (Goodfellow et al., 2014).

A utilização de IA *text-to-image* na educação apresenta diversas vantagens pois permite transformar descrições abstratas em representações visuais, facilitando a compreensão de conceitos complexos. Para além disso, as imagens geradas pela IA podem permitir explorar as representações mentais dos alunos, resultando numa melhor organização

do pensamento e apresentação de informação (Alasadi et al., 2023). Isto torna-se vantajoso para o estudo da química na medida em que a visualização de estruturas moleculares e reações químicas pode ser significativamente aprimorada através de imagens geradas por IA.

Ahmad (2021) defende que a implementação e adoção da IA são inevitáveis no setor educacional. Estudos têm sido realizados para avaliar a implementação da IA na educação, tanto no processo de aprendizagem como no envolvimento e motivação dos alunos em diferentes áreas disciplinares. Por exemplo, um estudo aplicado a alunos do ensino secundário no Brasil avaliou a experiência ao utilizar um gerador de imagens baseado em IA nas aulas de Geografia. Este estudo, conduzido por Mezzomo, Kawamoto e Wonsik (2023), demonstrou uma experiência positiva, enfatizando o interesse dos alunos em tecnologias digitais e a sua contribuição para a construção do conhecimento.

No ensino das ciências, a aplicação de IA geradora de imagens já tem demonstrado resultados promissores. Estudos mostram que o uso de representações visuais pode melhorar a compreensão dos alunos e aumentar a retenção do conhecimento (Harrison & Treagust, 2000; Glynn, 2008). Junior et al. (2024) destacam a eficácia das tecnologias de IA generativa na produção de elementos textuais e imagéticos sobre conceitos de química. Este estudo enfatiza que a IA pode facilitar a criação de materiais educativos visuais que complementam a instrução tradicional.

Ainda que seja potencialmente transformadora no processo de ensino-aprendizagem, a integração da IA também acarreta desafios significativos a serem superados como questões de privacidade de dados e a potencial disseminação de desinformação. É essencial que educadores abordem essas questões éticas ao implementar essas tecnologias nas salas de aula (Santos et al., 2024). Há ainda a necessidade de formar adequadamente os professores para integrar a IA nas práticas pedagógicas uma vez que a resistência à mudança e a falta de conhecimento técnico podem ser barreiras à adoção dessas tecnologias nas escolas.

A Lexica (<https://lexica.art/>) é uma das ferramentas de IA *text-to-image* com potencialidade para aplicação na educação. Esta ferramenta permite aos utilizadores criar imagens de alta qualidade com base em entradas textuais detalhadas, podendo ser utilizada para criar materiais visuais que auxiliem no ensino de conceitos científicos.

No contexto desta investigação, foi feita uma pesquisa sobre várias ferramentas de IA geradoras de imagens, que pode ser consultada na **Tabela 2** do **Apêndice 5** deste

documento, para utilização em atividades com alunos do 9.º ano de escolaridade. Com base na avaliação realizada, a Lexica mostrou ser a que reunia todos os critérios para uma boa experiência didática. O facto de ser intuitiva na utilização, gerar imagens de boa qualidade, permitir a geração de um elevado número de imagens e oferecer várias opções de personalização foram algumas das vantagens que levaram a esta escolha.

2.3. Ligação Química

A ligação química é um dos conceitos fundamentais no ensino da química, essencial para a compreensão de como os átomos se unem para formar moléculas e outros compostos. As ligações químicas explicam a formação e as propriedades das substâncias que compõem o mundo ao nosso redor.

Este conceito é crucial para os alunos do 9º ano, pois fornece a base para entender uma ampla gama de fenómenos químicos e físicos que eles encontrarão em estudos posteriores e no quotidiano. Os alunos analisam três tipos de ligação química: iónicas, covalentes e metálicas, sendo que cada tipo de ligação envolve diferentes interações entre os átomos. As ligações iónicas envolvem a transferência de eletrões de um átomo para outro, resultando na formação de iões com cargas opostas que se atraem. Este tipo de ligação é típico entre metais e não-metais. As ligações covalentes caracterizam-se pela partilha de pares de eletrões entre átomos, geralmente entre átomos de não-metais. Podem ser simples, duplas ou triplas, dependendo do número de pares de eletrões partilhados. As ligações metálicas envolvem um "mar" de eletrões deslocalizados que são partilhados por muitos átomos metálicos, conferindo propriedades típicas dos materiais metálicos, como a condutividade elétrica e a maleabilidade.

A natureza abstrata das ligações químicas pode representar um desafio significativo para os alunos. Conceitos como a transferência e a partilha de eletrões ocorrem a um nível submicroscópico, tornando difícil a visualização e a compreensão desses processos. Para superar essas dificuldades, é essencial utilizar métodos de ensino que tornem esses conceitos mais acessíveis. A utilização de analogias visuais e ferramentas tecnológicas, como a IA, pode facilitar a compreensão dos alunos. Ao criar analogias que relacionam ligações químicas com situações do quotidiano, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais intuitiva e concreta dos conceitos.

3. Enquadramento didático-curricular

Este trabalho enquadra-se nas aprendizagens essenciais do 9º ano de escolaridade, publicadas pela Direção Geral da Educação (2018), no domínio *Classificação dos Materiais* e Subdomínio *Ligação Química*. Este trabalho investigativo focou-se na seguinte aprendizagem essencial:

Identificar os vários tipos de ligação química e relacioná-los com certas classes de materiais: substâncias moleculares e covalentes (diamante, grafite e grafeno), compostos iónicos e metais (p.10).

Considerando que o uso de ferramentas tecnológicas fez parte desta atividade investigativa, é importante enquadrar, também, este estudo em relação ao Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO), publicado pela Direção Geral da Educação (2017). Assim, este trabalho promove a exploração de algumas áreas de competências, destacando-se as seguintes:

Linguagens e textos, sendo os alunos capazes de:

- *aplicar estas linguagens de modo adequado aos diferentes contextos de comunicação, em ambientes analógico e digital (p. 21);*
- *dominar capacidades nucleares de compreensão e de expressão nas modalidades oral, escrita, visual e multimodal (p.21);*

Pensamento crítico e pensamento criativo, implicando que os alunos sejam capazes de *pensar de modo abrangente e em profundidade, de forma lógica, observando, analisando informação, experiências ou ideias, argumentando com recurso a critérios implícitos ou explícitos, com vista à tomada de posição fundamentada (p.24);*

Desenvolvimento pessoal e autonomia, sendo os alunos capazes de *estabelecer relações entre conhecimentos, emoções e comportamentos (p.26);*

e Sensibilidade estética e artística, implicando que os alunos sejam capazes de:

- *experimentar processos próprios das diferentes formas de arte (p.28);*
- *apreciar criticamente as realidades artísticas, em diferentes suportes tecnológicos (p.28).*

4. Prática em ambiente escolar:

implementação e análise da investigação

Este estudo foi realizado em Vila Nova de Gaia, na ESIC, e aplicado a uma turma do 9.º ano de escolaridade. A investigação teve como ponto de partida responder às questões orientadoras e o objetivo foi avaliar a perceção dos alunos face a estas questões.

4.1. Metodologia

O método adotado nesta investigação é o estudo de caso, caracterizado pela sua natureza interpretativa e pelo enfoque exploratório. O estudo de caso, como método qualitativo, é caracterizado por permitir uma análise profunda e detalhada de um fenómeno específico no seu contexto real (Yin, 2005). Este método foi escolhido para explorar as perceções e experiências dos alunos sobre o uso de ferramentas de IA e analogias no ensino da química. A abordagem exploratória permite identificar padrões e gerar *insights* sobre um fenómeno ainda pouco compreendido, enquanto que a natureza interpretativa possibilita uma análise detalhada e contextualizada dos dados qualitativos coletados. Embora a amostra, caracterizada no subcapítulo seguinte, seja pequena e selecionada por conveniência, o que limita a generalização dos resultados, a análise aprofundada das respostas dos alunos proporciona uma compreensão rica e contextualizada.

Os instrumentos de recolha de dados utilizados foram **notas de campo**, resultantes das observações dos alunos em sala de aula e de situações ocorridas ao longo da investigação, **entrevista semiestruturada**, recolhida em áudio e posteriormente transcrita, e **trabalhos desenvolvidos pelos alunos** durante as atividades.

4.2. Implementação da investigação

4.2.1. Caracterização da amostra de estudantes

A população alvo deste estudo são alunos 9.º ano de escolaridade, na medida em que é neste ano que os conteúdos programáticos da ligação química são lecionados. A população acessível foi uma turma de 9.º ano da ESIC (turma 9.ºA), turma esta atribuída à professora cooperante e por isso acompanhada por mim, e pela professora estagiária Joana Alves. Esta turma é constituída por 27 alunos, sendo que apenas 2 alunos não se mostraram disponíveis e interessados a participar no estudo.

De salientar dois aspetos pertinentes desta turma: a turma faz parte do Projeto Piloto de Manuais Digitais (PPMD) da ESIC, pelo que todos os estudantes se fizeram

acompanhar do computador durante as aulas, não havendo a necessidade de providenciar este equipamento para a atividade na etapa 1; e esta turma é acompanhada pela professora cooperante desde o 7.º ano e, durante estes 3 anos, tiveram professores estagiários de Física e Química .

A amostra de estudantes em estudo, isto é, a fração da população sobre a qual se fez o estudo e a sua análise, foram seis alunos, os quais concluíram as três etapas da investigação, que se descreverão no próximo subcapítulo. Dos seis alunos, quatro eram meninas e dois eram meninos e as suas idades estão compreendidas entre os 14 e os 15 anos. Trata-se de uma amostra não probabilística selecionada de forma intencional, constituindo por isso uma amostra por conveniência. Esta escolha intencional teve como objetivo:

- Garantir a heterogeneidade da amostra quanto à sua preferência em relação às áreas científicas de Física e Química;
- Permitir a seleção de estudantes que se desviaram do propósito ou das indicações fornecidas para a execução das atividades;
- Selecionar estudantes com diferentes níveis de desempenho nas atividades.

4.2.2. Planeamento e descrição das etapas

Antes da implementação da investigação, foi necessário planear e preparar diversos materiais. Numa primeira fase, a qual foi chamada de Etapa 0 na **Tabela 1**, os conteúdos programáticos sobre ligação química foram lecionados por mim e pela colega Joana Alves, enquanto professoras estagiárias. Os planos de aula sobre esta temática foram desenvolvidos para as aulas de regência no âmbito da PES e os mesmos poderão ser consultados no [Apêndice 2](#). Foi também nesta primeira fase que, de modo a ser possível aplicar este estudo aos alunos da ESIC, se procurou ter o aval da direção e dos participantes. Todos os alunos da turma foram abordados e devidamente esclarecidos sobre o estudo para que pudessem participar de forma voluntária e informada. Assim, e de acordo com o Despacho n.º 15847/2007, de 23 de julho¹, e atendendo à localização estrita em contexto escolar do estudo a realizar em sede de RE e à natureza químico-pedagógica e não polémica, fizeram-se os seguintes procedimentos de enquadramento:

1. Informou-se a diretora da escola do estudo e pediu-se o seu parecer, que foi devidamente autorizado ([Apêndice 3](#));

¹ Despacho n.º 15847/2007, de 23 de julho. Diário da República n.º 140/2007, Série II de 2007-07-23 (pp. 20798 – 20799). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/15847-2007-2535484>

2. Entregou-se um consentimento informado e um assentimento informado (Apêndice 4) ao encarregado de educação de cada um dos participantes e aos alunos, respetivamente, descrevendo sinteticamente os objetivos e procedimentos do estudo, os quais foram devolvidos devidamente preenchidos e assinados.

Apesar na importância que a etapa 0 tem para o estudo, não é uma etapa na qual este estudo se irá focar, pelo que descrever-se-á a Etapa 1 como a primeira etapa da investigação. Dividiu-se, assim, esta investigação em três etapas (Etapas 1, 2 e 3) sendo que as etapas 1 e 2 destinaram-se à aplicação de atividades com recurso ao uso de uma ferramenta de IA e de analogias, respetivamente.

Salienta-se que todas as etapas envolvidas do estudo foram realizadas nas aulas de Físico-Química da turma de 9.º ano da professora cooperante, que de bom grado as cedeu para a investigação. Cada aula teve a duração de 50 minutos.

Tabela 1

Quadro resumo do planeamento das etapas da investigação.

Etapa	n.º de aulas previstas	Descrição	Recursos a desenvolver
0	4	Aulas sobre ligação química; Pedido de autorização à escola para implementação do estudo; Entrega de consentimentos e assentimentos	• Consentimentos • Assentimentos
1	2 (turnos)	Atividade: Utilização da ferramenta IA para gerar uma imagem que representa o conceito de “Ligação química”	• Guião de exploração da ferramenta de IA • Folha de registo
2	2 (turnos)	Atividade: Expressão do conhecimento - Apresentações da analogia entre a imagem e o conceito de “Ligação química”	• Tutorial para criação de analogias a partir de imagens; • Guião para a apresentação da analogia
3	2	Entrevista	• Guião da entrevista

Para planejar a primeira etapa do estudo, foi necessário selecionar uma ferramenta de IA *text-to-image* adequada, cuja escolha resultou da pesquisa e testes a algumas ferramentas que geram imagens a partir de texto e, ainda, da discussão com a colega de estágio. Este último ponto foi necessário uma vez que a investigação das duas professoras estagiárias teve em comum a utilização de uma ferramenta de IA *text-to-image*, de maneira que a atividade na etapa 1 foi realizada em simultâneo e por isso fez sentido, por questões logísticas, usar a mesma ferramenta. Os critérios analisados para a seleção da ferramenta de IA encontram-se na **Tabela 2** do [Apêndice 5](#), e foram: o livre acesso, fácil utilização, número de imagens geradas, criação de perfil necessária, qualidade e velocidade na geração das imagens, opções de personalização e, ainda, suporte na língua portuguesa. Após a análise destes parâmetros e discussão com a colega de estágio, optou-se pela ferramenta Lexica.art, que mostrou ser a mais adequada.

Depois de selecionada a ferramenta IA Lexica, foi elaborado um Roteiro de exploração para utilização da mesma ([Apêndice 6](#)), com o objetivo de orientar os alunos durante a atividade da Etapa 1, cujo objetivo foi pesquisar e selecionar uma imagem com recurso à ferramenta de IA. Foi, ainda, elaborada uma folha de Registo ([Apêndice 7](#)), a ser entregue aos alunos na Etapa 1, para que registassem as suas pesquisas e indicassem a imagem selecionada.

No dia 16 de maio de 2024, com a turma dividida por turnos, foi realizada a primeira etapa do estudo. A opção das aulas por turnos foi devidamente pensada para facilitar o acompanhamento dos alunos durante a atividade. Dos 27 alunos da turma, apenas 2 não mostraram interesse em participar no estudo, pelo que foram 25 os participantes na etapa 1. Todos os participantes fizeram-se acompanhar do computador para realizar a atividade, tendo sido avisados antecipadamente. No início da aula foi feita uma introdução aos alunos, para que percebessem o objetivo da atividade, e foram distribuídos o “Guião de exploração da ferramenta IA” e a “Folha de registo”. Foi referido que poderiam solicitar ajuda durante a concretização da atividade e dadas as instruções para submeter as imagens que mais gostaram, bem como a escolhida como a que representa melhor o conceito de ligação química, no Google Classroom. O objetivo desta atividade foi pesquisar na ferramenta Lexica, acedendo ao site <https://lexica.art/>, imagens que representam, para os alunos, o conceito de ligação química.

Para isso, os alunos tiveram de selecionar palavras, que colocaram no motor de busca, para que a ferramenta de IA gerasse imagens a partir do texto e estilo que escolheram. Salvo algumas exceções, foram efetuadas três pesquisas na ferramenta Lexica,

utilizando textos iguais ou diferentes no motor de busca para gerar imagens relacionadas ao conceito de ligação química. Cada aluno obteve 12 imagens no total e, a partir dessas, escolheu as três melhores, que submeteram no Google Classroom. Por fim, selecionaram uma imagem que, na sua opinião, melhor representa o conceito de ligação química.

No final de cada uma das aulas por turnos, foi feito um sorteio para selecionar os alunos que iriam trabalhar com as analogias na etapa 2. Este sorteio foi realizado de forma simples, com papéis escritos com o número “1” ou “2” e colocados num saco, sendo que os alunos que retiraram o número “1” trabalharam com ferramentas multimédia e os que retiraram o número “2” trabalharam analogias.

Para planear a Etapa 2, cuja atividade foi a expressão do conhecimento a partir de analogias, foram desenvolvidos dois documentos: um tutorial para “Criar Analogias a partir de imagens” (Apêndice 8), e um guião com indicações para a apresentação a realizar à turma (Apêndice 9). O primeiro documento tem como objetivo elucidar os alunos sobre o conceito de analogia e dar os passos essenciais à sua elaboração. Além disso, fornece um exemplo de uma analogia entre a obra de arte “Noite Estrelada” de van Gogh e o conceito de agitação térmica em Química. Estes documentos foram disponibilizados no Google Classroom aos 13 alunos sorteados para desenvolver a analogia, com o objetivo de os familiarizar com esta ferramenta pedagógica e de os orientar nos passos necessários para a desenvolver. Foi solicitado aos alunos que anexassem no Google Classroom a sua apresentação em suporte digital ou fotografia do suporte físico utilizado.

A segunda etapa foi realizada no dia 23 de maio, com a turma dividida por turnos, sendo que dos 13 alunos previstos apenas 10 quiseram participar nesta etapa. O objetivo desta atividade foi que cada aluno expressasse os seus conhecimentos, numa apresentação à turma com duração máxima de 10 minutos, através da analogia que criaram entre a imagem escolhida (gerada pela ferramenta Lexica) e o conceito de ligação química. O número de aulas necessárias para concretizar esta etapa excedeu o planeado, uma vez que houve um simulacro de incêndio na escola resultando no atraso das apresentações, que terminaram na aula seguinte, dia 27 de maio.

A etapa 3 desta investigação consistiu em entrevistar os alunos participantes. Para isso, foi elaborada uma entrevista semiestruturada com 21 perguntas (Apêndice 10) divididas entre questões de contextualização e verificação de aprendizagens, questões de

reflexão e questões de motivação e prospeção de futuro. Foram selecionados 6 alunos para participar na entrevista, sendo esta seleção feita por conveniência, obedecendo a alguns critérios descritos na subsecção que se segue, “Caracterização da amostra”.

As entrevistas decorreram durante o período das aulas de Físico-Química, nos dias 3 e 4 de junho, mas numa sala requisitada para o efeito. Assim, foi possível um ambiente propício, com o silêncio necessário à captação de áudio. Os alunos participantes foram sendo chamados um a um, para que a entrevista fosse individual e privada, e não condicionando as respostas dos alunos em entrevistas posteriores. Cada entrevista teve a duração de cerca de 15 minutos, tendo sido entrevistados 3 alunos em cada um dos dias.

4.3. Apresentação e análise dos resultados

Nesta secção apresentam-se os dados recolhidos através de notas de campo, dos trabalhos elaborados pelos alunos e das entrevistas, e realizada análise individual.

4.3.1 Notas de campo

Estas notas de campo resultaram da observação direta dos alunos durante as etapas 1 e 2, bem como de algumas anotações sobre os trabalhos e apresentações dos alunos. Além disso, referem-se algumas situações ocorridas que afetaram o planeamento.

Etapa 1 – 16 de maio de 2024

Os alunos alertaram para o facto de não conseguirem entrar no site da Lexica com o email institucional pois, por questões de segurança, a instituição restringe o acesso dos alunos a alguns *sites*. Para que pudessem aceder, teriam de solicitar a permissão de acesso, à instituição. No entanto, e até por questões de tempo, optou-se por não o fazer e a solução encontrada foi pedir aos alunos que entrassem no site com a conta de email pessoal. Para os alunos que não tinham essa opção, foi disponibilizado o acesso através das contas de email das professoras estagiárias. Este contratempo resultou num pequeno atraso na conclusão da atividade por parte de alguns alunos do primeiro turno. Já no segundo turno, esta situação foi de imediato transmitida aos alunos para que não houvesse atrasos.

Em geral, os alunos mostraram-se entusiasmados ao trabalhar com a ferramenta de IA, fazendo alguns comentários como “que giro” ou “gosto destas imagens”. Em contrapartida, alguns alunos mostraram-se “assustados” com o tamanho do Guião de exploração acabando por ler as instruções de forma superficial, o que resultou no pedido

de apoio das professoras. Alguns alunos não preencheram devidamente a folha de registo, talvez por as indicações dadas não terem sido claras, e por isso foi permitido que concluíssem o preenchimento em casa, entregando as folhas de registo na aula seguinte.

Ao submeter as 3 imagens escolhidas no Google Classroom, alguns alunos acabaram por não indicar qual das 3 imagens correspondia àquela que, para eles, representava melhor o conceito de ligação química. Foi solicitado que informassem a escolha.

Etapas 2 – 23 e 27 de maio de 2024

Ainda que se tenha disponibilizado ajuda ao longo da semana para a concretização da etapa 2, os alunos não a solicitaram. Alguns alunos do primeiro turno não tinham as apresentações terminadas e solicitaram a ajuda das professoras.

Antes que pudessem ser ouvidas as primeiras apresentações, o alarme de incêndio da escola soou, para realização de um simulacro. Para cumprimento das regras de simulacro, abandonou-se a sala de aula e dirigimo-nos ao ponto de encontro. Este contratempo durou cerca de 15 minutos. Em consequência deste atraso, as apresentações foram adiadas para a aula seguinte, não estando previsto na planificação.

No segundo turno foi possível terminar a atividade, mas com alguns constrangimentos. No decorrer do simulacro houve corte de energia, o que resultou na falha de rede na escola. Assim, os alunos tiveram de apresentar através dos próprios computadores ou passar o trabalho para o computador da sala de aula através de uma *pendrive*.

No dia 27 de maio terminaram as apresentações da etapa 2, sendo que 3 dos 13 alunos sinalizados para criar a analogia não quiseram realizar a atividade. Durante as apresentações, os alunos explicaram oralmente as analogias criadas, oferecendo *insights* valiosos sobre a sua compreensão do conceito de ligação química. Alguns alunos referiram que não sabiam como fazer a analogia, enquanto outros mostraram maior *à-vontade* com a atividade. As apresentações foram marcadas por clareza, criatividade e entusiasmo, e a análise das mesmas encontra-se na próxima subsecção “Trabalhos dos alunos”.

4.3.2 Trabalhos dos alunos

Na primeira etapa do estudo, os alunos tiveram de submeter no Google Classroom três imagens geradas pela ferramenta Lexica e das três, selecionar a que, para eles, melhor representa o conceito de ligação química. Estas imagens podem ser visualizadas no

Apêndice 11, onde a imagem selecionada, e com a qual trabalharam na etapa 2, está selecionada a verde.

A maior parte das imagens destacam-se pela utilização de elementos visuais como bolas e linhas para representar átomos e a ligação entre eles, uma vez que a maioria dos alunos colocou nas suas pesquisas palavras como “átomos”, “ligação química” e “ligação iónica”. Esta consistência nas escolhas sugere que os alunos tinham uma compreensão coletiva bem alinhada sobre o conceito de ligação química, provavelmente influenciada pelo conteúdo abordado em sala de aula, utilizando palavras e conceitos discutidos nas aulas para guiar as suas escolhas.

A análise das imagens selecionadas mostra a criatividade e originalidade dos alunos nas suas representações visuais, com alguns a optarem por imagens mais abstratas que, ainda assim, capturam a essência do conceito de ligação química. Destaca-se o **Aluno 007** que, na sua pesquisa, utilizou as palavras “planetas, estrelas, simples e bonito”. Embora tenha selecionado a imagem que mais gostou, reconheceu que “não é a que representa melhor o conceito de ligação química”, enfatizando o seu gosto pessoal em detrimento da precisão conceptual. Já o **Aluno 013** não seguiu as indicações e, em casa, voltou a fazer uma pesquisa na Lexica. A imagem com que criou a analogia na etapa 2 resultou dessa pesquisa feita em casa. O aluno decidiu primeiro criar a analogia e só depois fazer a pesquisa na Lexica, mostrando um resultado igualmente interessante.

Na segunda etapa, os alunos fizeram uma apresentação oral das analogias criadas, que complementaram as produções escritas e visuais. Durante as apresentações, os alunos explicaram as analogias de maneira detalhada e envolvente.

A imagem selecionada pelo **Aluno 006** para criar a analogia pode ser consultada na **Figura 5**, onde está evidenciada a verde. Anotaram-se algumas das frases proferidas pelo aluno durante a apresentação, como: “Escolhi esta (imagem) por falta de opção porque as outras eram horríveis”, “Nesta imagem vêem-se esferas muito próximas umas das outras, como os átomos”, “elas estão ligadas por estes fios, como se fossem as ligações químicas”, “Essas esferas estão a partilhar esferas menores, assim como os átomos partilham os seus eletrões de valência nas ligações químicas” e “A imagem não é muito complexa pelo que não há mais para falar”. Estas afirmações mostram que o aluno teve alguma dificuldade em criar a analogia por não ter gostado das imagens que obteve com a ferramenta de IA, não expressando o seu conhecimento como seria suposto.

Na **Figura 2** do **Apêndice 11** apresenta-se a imagem selecionada pelo **Aluno 007** para criar a analogia, que está evidenciada a verde. Algumas das frases proferidas pelo aluno durante a apresentação foram: “Não é a imagem que melhor representa o conceito de ligação química, mas achei...interessante”, “Abundância de cores...”, “Vemos vários elementos na imagem: planetas, satélites naturais, meteoritos, cometas, sistemas planetários, estrelas, entre outros...”, “Os planetas são grandes, como os átomos com número atômico elevado; os satélites naturais, que são menores são os átomos com número atômico intermédio e os meteoritos, são estes mais pequenos (e aponta) são os átomos com número atômico baixo”; “Os cometas são as ligações químicas (aponta na imagem)”, “Os sistemas planetários são moléculas e as estrelas é a criação de novas ligações químicas”; “isto (aponta) parecem órbitas, que não se encaixa muito com o conceito de ligações químicas; estas coisinhas aqui a ligar (aponta) que tem umas bolinhas, não se encaixa muito com o próprio conceito e estas ligações para o nada, que não vão dar a lado nenhum”. Estas frases demonstram a criatividade e originalidade do aluno na escolha da imagem e na criação da analogia. Mostrou-se entusiasmado enquanto comunicava as suas ideias e evidenciou capacidade de comunicação e expressão do seu conhecimento.

A imagem selecionada pelo **Aluno 008** para criar a analogia pode ser consultada na **Figura 3** do **Apêndice 11**, onde está destacada a verde. Anotaram-se algumas das frases proferidas pelo aluno durante a apresentação, como: “Assim como acontece com átomos, que não se conseguem ligar com qualquer um, na árvore genealógica, podemos não ter uma ligação direta entre as pessoas...”, “aqui (aponta) é uma limitação pois não corresponde à realidade, pois não cumpre a regra do octeto (tem várias ligações)” e “Não há muito para dizer sobre esta imagem”. O aluno não gostou de nenhuma das imagens geradas pela ferramenta de IA, afirmando que “imagens não faziam sentido”, o que levou a uma certa dificuldade para executar a segunda etapa. Ainda assim, conseguiu criar uma analogia ao comparar a imagem com uma árvore genealógica, mostrando pontos comuns entre o alvo e o análogo. Para além disso, mostrou capacidade na expressão do seu conhecimento referindo que ligações na imagem não obedeciam à regra do octeto, assinalando como uma falha da analogia.

Na **Figura 5** do **Apêndice 11** apresenta-se a imagem selecionada pelo **Aluno 013** para criar a analogia. Esta imagem foi obtida por meio de uma nova pesquisa que o aluno realizou em casa, após a primeira etapa do estudo. Ao ler o tutorial “criar analogias a partir de imagens”, o aluno decidiu fazer uma nova pesquisa e criou uma analogia prévia, obtendo uma imagem que representava a sua ideia mental sobre a ligação

iónica. Referiu: “não fiz bem o trabalho porque gerei outra imagem em casa e foi com ela que fiz a analogia”. A ideia que passou para a Lexica foi a de um homem a dar um anel a uma mulher, gerando uma imagem análoga ao conceito de ligação iónica. O aluno explicou à turma que “há átomos que dão eletrões e outros que recebem, para se tornarem gases nobres”. Esta abordagem do aluno levantou a questão sobre se o tutorial poderia, ou deveria, ser entregue na primeira etapa da investigação. Foi interessante perceber as nuances que esta investigação pode ter revelado.”

A imagem selecionada pelo **Aluno 019** para criar a analogia pode ser consultada na **Figura 6** do **Apêndice 11**, onde está destacada a verde. Tentou criar uma analogia entre a imagem, que a fez lembrar num ecossistema, e o conceito de ligação química. Afirmou que as esferas “podem simbolizar diferentes espécies ou componentes de um ecossistema” e as linhas “representar as interações e as dependências entre eles”. Preferiu ainda “este ecossistema mostra a dependência e fragilidade das conexões... a mudança num componente pode afetar o ecossistema inteiro, que é isso que acontece nas ligações químicas”. O aluno revelou uma grande capacidade de comunicação, embora a expressão do seu conhecimento sobre o conceito de ligação química não tenha ficado completamente clara.

Na **Figura 7** do **Apêndice 11** apresenta-se a imagem selecionada pelo **Aluno 021** para criar a analogia, que está evidenciada a verde. O aluno afirma que “a imagem é como um convívio entre pessoas e cada pessoa representa um átomo...cada bolinha destas é uma pessoa” e que “as conversas e interações entre eles são estes (aponta) traços, que são as ligações químicas”. Explica ainda que “assim como as pessoas se aproximam e se conectam, os átomos aproximam-se e conectam-se através das ligações químicas” sendo que “as conversas e risadas entre amigos representam as forças que os ligam”. Na analogia que faz refere ainda que da mesma que as pessoas se podem aproximar e afastar, os átomos também se podem aproximar ou afastar formando ou quebrando ligações químicas e que “uma boa conversa pode fortalecer uma amizade entre pessoas assim como as ligações químicas podem fortalecer a estrutura molecular”. O aluno afirmou ser o que sente e entende sobre a ligação química e que a analogia que criou “é uma forma mais fácil de explicar e entender”. Estas frases demonstram a criatividade e originalidade do aluno na criação da analogia, ainda que a imagem não seja uma representação artística de uma conversa entre amigos. Mostrou entusiasmado enquanto comunicava as suas ideias e evidenciou capacidade de comunicação e expressão do seu conhecimento ao referir o que entende ser o conceito de ligação química.

4.3.3 Entrevistas aos alunos

A entrevista é um dos instrumentos de recolha de dados mais importantes nos estudos de caso possibilitando a captação de uma diversidade de descrições e interpretações dos entrevistados (Yin, 2005).

Foram entrevistados os 6 alunos que constituem a amostra de estudo. As seis entrevistas foram captadas por áudio e posteriormente transcritas e categorizadas ([Apêndice 13](#)). A codificação do conteúdo das entrevistas pode ser consultada na **Tabela 3**, onde constam as categorias e subcategorias selecionadas para análise, de forma a responder às questões orientadores que guiam esta investigação.

Esta categorização baseou-se no método apresentado por Bardin para a análise de conteúdo (Bardin, 2016), cujos passos seguidos foram: fazer a transcrição literal dos relatos, efetuar uma leitura e análise exaustiva do conteúdo e proceder à categorização segundo uma análise de conteúdo temática, constituída por categorias mistas. Foram atribuídas cores às categorias para facilitar a organização, visualização e interpretação dos dados.

Embora a principal abordagem do estudo seja qualitativa, foram integrados alguns dados quantitativos, através da frequência absoluta (FA), para enriquecer a análise e fornecer uma visão mais abrangente. O Tratamento de dados das entrevistas, que suporta a análise de resultados que se segue, encontra-se no [Apêndice 14](#).

Relação com a Química

Nesta categoria analisaram-se duas subcategorias, o **interesse** por esta área científica e a perceção da **compreensão** sobre os conteúdos da Química. Estas subcategorias são não exclusivas, o que significa que os alunos podem simultaneamente ter diferentes níveis de interesse e compreensão. A avaliação das subcategorias foi feita segundo os níveis positivo e negativo.

Todos os alunos demonstraram um interesse positivo pela Química, indicando uma atitude amplamente favorável em relação à disciplina, com declarações como "gosto de Química" e "Gosto muito da química". Apesar deste interesse positivo, dois alunos referem preferir a Física à Química. Dois alunos manifestaram uma compreensão positiva dos conteúdos de Química, com respostas como "entendo a Química" e "acho que comecei a perceber mais de Química". Apenas um aluno mencionou dificuldades, indicando que "no 9.º ano é um bocadinho mais...puxado". Três alunos não se expressaram sobre a sua compreensão.

Entendimento sobre ligação química

Nesta categoria analisaram-se dois níveis, se os alunos demonstram uma **compreensão básica** (uma compreensão superficial do conceito), ou se fazem **uso de terminologia científica** (um entendimento mais profundo/detalhado do conceito).

A análise das respostas dos alunos revela uma divisão equilibrada entre respostas vagas e respostas com terminologia científica. Três alunos forneceram respostas vagas, como *“Átomos, ligações, conexões, união”*, indicando uma compreensão superficial do conceito de ligação química. Em contraste, três alunos apresentaram respostas com terminologia científica, como *“é quando existe partilha, liberdade ou entrega de eletrões entre átomos...um dá a outro, ou partilha, ou só liberta”*, demonstrando uma compreensão mais profunda e precisa sobre o conceito.

Relação com a arte gráfica

Nesta categoria, analisaram-se duas subcategorias: o **interesse** dos alunos pela arte gráfica e a **criatividade**, manifestada através da habilidade e interesse em criar arte gráfica. Estas subcategorias não são exclusivas, o que significa que os alunos podem simultaneamente ter diferentes níveis de interesse e criatividade. A avaliação foi feita segundo os níveis de positivo e negativo, bem como existente e inexistente, respetivamente.

A maioria dos alunos (5) expressou um interesse positivo pela arte gráfica, com respostas como "eu gosto" e "acho a arte gráfica muito boa". Apenas um aluno manifestou desinteresse, dizendo que é uma das coisas que mais odeia. A criatividade foi evidente em três alunos que costumam desenhar, com exemplos como "Costumo (desenhar) a carvão" e "desenho um bocado...gosto de desenhar". Outros três alunos indicaram falta de habilidade ou interesse em criar arte, com afirmações como "não me desenrasco se for eu a fazer" ou "não gosto de ser eu a fazer".

Relação com analogias

Na Relação com as analogias, analisaram-se duas subcategorias: a **familiaridade** dos alunos com esta ferramenta e a **operacionalidade**, frequência com que os alunos utilizam analogias para explicar algum conceito abstrato. A avaliação das subcategorias foi feita segundo os níveis positivo e negativo.

Verificou-se que quatro alunos já estavam familiarizados com o conceito de analogias enquanto dois alunos não conheciam as analogias, com afirmações como "não fazia a

mínima ideia". No total, quatro alunos indicaram que já usavam analogias, mesmo sem saber, como "eu faço analogias, mas eu não sabia ao certo". Dois alunos mencionaram que não costumam usar analogias, como "Não muito".

Experiência com as atividades

Para avaliar a experiência dos alunos com as atividades propostas nas etapas 1 e 2, analisaram-se quatro subcategorias: qual a **etapa preferida**, os **desafios com IA** (etapa 1), os **desafios com as analogias** (etapa 2), e a **avaliação geral** da atividade.

Para a análise da etapa preferida, avaliou-se se esta preferência ocorreu ao gerar imagens com IA (etapa 1) ou na expressão do conhecimento com analogia (etapa 2). As dificuldades enfrentadas pelos alunos durante a etapa 1, gerar imagens na ferramenta de IA, foram avaliadas segundo os diferentes níveis: procura na IA e escolher a imagem. Já as dificuldades enfrentadas pelos alunos durante a etapa 2, na expressão do conhecimento com analogia, foram avaliadas segundo os diferentes níveis: criar analogias, comunicar e explicar (expressar conhecimento). Por fim, a avaliação geral foi avaliada segundo os níveis positivo e negativo.

A preferência pelos diferentes aspetos da atividade foi dividida igualmente entre gerar imagens com a IA e a expressão do conhecimento com as analogias. Três alunos preferiram a etapa de gerar imagens, como "a parte da pesquisa que eu gostei mais", enquanto outros três preferiram a etapa de desenvolver analogias, como "gostei bastante de desenvolver essa parte da analogia".

Quatro alunos encontraram dificuldades na procura de conceitos e palavras adequadas na IA, ao referir, por exemplo, "foi (mais difícil) encontrar palavras...que eu achasse que relacionavam com ligação química". Dois alunos acharam mais difícil escolher a imagem certa, ao referir "Foi escolher...foi muito mais difícil para mim escolher do que fazer a pesquisa".

A análise das respostas dos alunos em relação às dificuldades encontradas na etapa 2, revela que a maioria encontrou dificuldades em explicar à turma a sua ideia mental, isto é, revelaram dificuldades em expressar o seu conhecimento, indicando que esta é uma área que requer mais atenção. Foi referido, por exemplo, "explicar foi mais complicado". Apenas um aluno teve dificuldade em criar a analogia, e outro em comunicar as suas ideias à turma.

Todos os alunos expressaram uma avaliação positiva da atividade, com respostas como "Eu gostei da atividade", "Gostei bastante", "é um método que pode resultar e ter

bastantes resultados” e mencionaram ainda que não mudavam nada na atividade. De salientar que todos os alunos mencionaram que o **Tutorial “Criar analogias a partir de imagens”** foi muito útil para conseguirem criar a própria analogia, ao referir “Ajudou..acho que aquilo (tutorial)...me ajudou a entender muito melhor como fazer” e “seguindo-me pelo tutorial...foi bastante mais fácil”.

Impacto das atividades na aprendizagem

Esta é uma categoria prévia, pois previu-se um impacto positivo na aprendizagem dos alunos com base do que foi encontrado na literatura. Analisaram-se duas subcategorias: se os alunos sentiram a **consolidação de conhecimentos com a arte gráfica**, ao visualizarem diferentes elementos como símbolos, esquemas, cores, e se sentiram que houve **consolidação de conhecimentos com uso de analogias**. Tratando-se de subcategorias que não são exclusivas, a avaliação foi feita segundo os níveis de positivo e negativo.

Cinco alunos perceberam que a utilização da arte gráfica ajudou na consolidação dos seus conhecimentos sobre ligação química. Exemplos de respostas incluem "Bastante" e "Sim...acho que as cores foi o que me ajudou mais.". Estas respostas indicam que, na perspetiva dos alunos, os elementos visuais como cores e representações gráficas, são eficazes para ajudar os alunos a compreender melhor os conceitos abstratos. Apenas um aluno expressou que a arte gráfica não contribuiu para a consolidação dos seus conhecimentos. Esta resposta sugere que, embora a arte gráfica seja útil para a maioria, pode não ser igualmente eficaz para todos os alunos.

Todos os alunos indicaram que as atividades propostas ajudaram significativamente na consolidação dos conhecimentos sobre ligação química. Exemplos de respostas incluem "ajudou bastante", "acho que sim, trazermos essas 2 coisas juntas...fica uma ideia gira...de perceber", e "Sim...através da arte também é muito mais fácil de perceber". Estas respostas destacam que, na perceção dos alunos, a combinação de diferentes métodos de ensino, como o uso de arte gráfica e ferramentas como a analogia, facilita a compreensão e a retenção dos conceitos científicos. Nenhum aluno expressou que as atividades não contribuíram para a consolidação dos seus conhecimentos. Esta análise vai de encontro ao defendido por Harrison e Treagust (2000), que indicam que as representações visuais ajudam a visualizar conceitos abstratos e a entender relações complexas entre diferentes elementos. Da mesma forma, comprova-se a ideia de Duit (1991), quando afirma que as analogias facilitam a aprendizagem ao conectar novas informações com o conhecimento prévio dos alunos.

Impacto das atividades na expressão do conhecimento

Nesta categoria analisaram-se duas subcategorias, através da perceção dos alunos: o **impacto da IA** e o **impacto da analogia**. Estas subcategorias são não exclusivas, e a avaliação das mesmas foi feita segundo os níveis positivo e negativo.

A análise das respostas dos alunos revela que, na perspetiva destes, a utilização de IA teve um impacto positivo na expressão do seu conhecimento sobre ligação química. Todos os alunos entrevistados reconheceram a utilidade da IA, com respostas como "Apesar de não gostar da arte gráfica, acho que sim" e "eu acho que sim...depois de ter aquela imagem...ao explicar fiquei a entender melhor". Estes comentários indicam que os alunos consideram que a IA os ajudou a visualizar conceitos abstratos de forma concreta, facilitando a compreensão e a explicação desses conceitos. A unanimidade das respostas positivas sugere que a IA é uma ferramenta eficaz para melhorar a expressão do conhecimento científico entre os alunos.

De igual forma, todos os alunos entrevistados relataram que a utilização de analogias teve um impacto positivo na expressão do seu conhecimento sobre ligação química. Exemplos de respostas incluem "ajudou bastante a explicar aquilo que eu vi naquela imagem", e "ajuda a ser muito mais fácil apresentar". Estes comentários demonstram que, na perspetiva dos alunos, as analogias facilitam na compreensão dos conceitos científicos e tornam mais fácil a apresentação e explicação das suas ideias. As respostas positivas reforçam a eficácia do uso de analogias como uma estratégia pedagógica para melhorar a expressão do conhecimento científico.

Motivação para o estudo da Química

Para analisar o contributo das atividades para a motivação dos alunos em relação ao estudo da Química, criaram-se três subcategorias: a **motivação com as atividades**, a **motivação com o uso da IA** e a **motivação com uso de analogias**. Tratando-se de categorias não exclusivas, os níveis avaliados foram positivo, neutro e negativo.

A análise das respostas dos alunos revela que as atividades propostas tiveram um impacto positivo na sua motivação para o estudo da Química. Quando questionados, quatro alunos indicaram que as atividades aumentaram o seu interesse pela disciplina. Um aluno apresentou uma opinião neutra, sugerindo uma motivação moderada, enquanto outro aluno demonstrou incerteza sobre o impacto das atividades na sua motivação, afirmando "para o estudo da química não sei... para química não sei se

tanto". No geral, a maioria dos alunos relatou um aumento na motivação para estudar química, sugerindo a eficácia das atividades em cativar os alunos.

A maioria dos alunos afirmou que a utilização da IA aumentaria a sua motivação para estudar química. Exemplos de respostas incluem "Acho que sim, acho que me iria ajudar bastante" e "Sim bastante". Estas respostas sugerem que a integração da IA nas atividades pedagógicas é vista de forma positiva e motivadora pelos alunos. Apenas um aluno expressou uma opinião negativa, indicando uma preferência por métodos tradicionais ao referir "sou muito à moda antiga, gosto dos manuais... não sei se preciso muito da inteligência artificial".

Três alunos relataram que, na sua perspetiva, o uso de analogias aumentaria a sua motivação para estudar química, com respostas como "Siiiiim, muito". Dois alunos expressaram opiniões neutras, indicando uma motivação moderada e nenhum dos alunos apresentou uma opinião negativa, sugerindo uma aceitação geral positiva do uso de analogias como estratégia pedagógica.

Perspetivas futuras

Para investigar se os alunos consideram utilizar ferramentas de IA e analogias no futuro, analisaram-se duas subcategorias: **uso futuro de IA** e **uso futuro de analogias**. Tratando-se de categorias não exclusivas, os níveis avaliados foram positivo e negativo.

A análise das respostas dos alunos sobre o uso futuro de IA e analogias revela uma atitude amplamente positiva em relação a essas metodologias. Todos os alunos expressaram uma atitude positiva em relação ao uso futuro da IA para os seus estudos. Exemplos de respostas incluem "acho que vou usar para outros trabalhos" e "Sim!...acho que vai ser bastante útil". Estes comentários indicam que, na perspetiva dos alunos, existe potencial da IA como ferramenta facilitadora no estudo e aprendizagem. A aceitação geral dos alunos sugere que a integração da IA nas práticas educacionais pode ser benéfica e bem-recebida pelos alunos.

Cinco alunos manifestaram uma intenção positiva de usar analogias no futuro para expressar os seus conhecimentos referindo, por exemplo, "Sim, espero utilizá-las bastante" e "Sim...é mais fácil comparar com uma coisa do dia a dia". Estas respostas indicam que os alunos entendem que a analogia é uma ferramenta eficaz para compreender e comunicar conceitos abstratos, e percebem-nas a utilizá-las no futuro. Apenas um aluno expressou uma opinião negativa, afirmando que talvez não utilize

analogias no futuro sugerindo que é uma metodologia que pode não ser igualmente eficaz ou aplicável para todos os alunos.

4.3.4 Triangulação de dados

A combinação dos dados de observações, trabalhos dos alunos e entrevistas permitiu validar e enriquecer os dados, respondendo de forma clara e fundamentada às questões orientadoras da investigação. A triangulação foi realizada manualmente pelo investigador devido à natureza qualitativa e à pequena escala do estudo, que permitiu a análise manual.

As notas de campo evidenciaram o entusiasmo dos alunos ao utilizarem a ferramenta de IA para gerar imagens, com comentários positivos sobre o uso da tecnologia. Nos trabalhos dos alunos, a escolha consistente de imagens com elementos visuais claros, como bolas e linhas para representar átomos e suas ligações, sugere uma compreensão coletiva do conceito de ligação química. As entrevistas reforçaram esta perceção, com os alunos a relatarem que a IA ajudou a visualizar conceitos abstratos de forma concreta, facilitando a compreensão e a explicação desses conceitos.

As apresentações orais dos alunos mostraram criatividade e clareza na criação das analogias, complementadas por explicações detalhadas nas entrevistas. Os alunos utilizaram comparações criativas, como "uma conversa entre amigos" e "uma árvore genealógica", para explicar o conceito de ligação química. Estes exemplos são indicativos de que as ferramentas *text-to-image* podem servir de base e auxiliar na construção de analogias eficazes e na expressão do conhecimento dos alunos.

A análise das respostas dos alunos nas entrevistas revelou que as atividades propostas tiveram um impacto positivo na motivação para o estudo da Química. Quatro alunos indicaram que as atividades aumentaram o seu interesse pela disciplina, enquanto cinco alunos afirmaram que a utilização da IA aumentaria a sua motivação para estudar química. Nos trabalhos, os alunos demonstraram entusiasmo a comunicar as analogias criadas. As notas de campo confirmaram, uma vez mais, este entusiasmo, com observações sobre a criatividade e o envolvimento dos alunos nas atividades.

Conclusão

Através da análise foi possível responder de forma fundamentada às questões orientadoras desta investigação.

1. Podem as ferramentas *text-to-image*, baseadas em IA, contribuir para a interpretação e expressão do conhecimento sobre ligação química, num grupo de alunos do 9.º ano de escolaridade? Na perceção dos alunos, a ferramenta *text-to-image* baseada em IA mostrou-se eficaz na interpretação e expressão dos seus conhecimentos sobre o conceito de ligação química. Os alunos utilizaram uma ferramenta para gerar imagens e perceberam que esta facilitou a compreensão dos conceitos abstratos, como evidenciado nas notas de campo e nas entrevistas. Os trabalhos dos alunos confirmaram que as imagens geradas ajudaram na visualização e explicação dos conceitos, reforçando que há potencial na utilização destas ferramentas como recurso pedagógico.

2. De que forma as ferramentas *text-to-image* auxiliam na construção de analogias para uso em momentos didáticos de comunicação científica por parte de alunos do 9.º ano de escolaridade, em relação à ligação química? As ferramentas *text-to-image* podem ajudar significativamente na construção de analogias. As apresentações orais dos alunos e as entrevistas mostraram que os alunos conseguiram criar analogias criativas e claras, utilizando as imagens geradas pela IA. Comparações como "uma conversa entre amigos" e "uma árvore genealógica" demonstram a capacidade dos alunos de relacionar as imagens com o conceito de ligação química, facilitando a comunicação científica.

3. É possível afirmar que as atividades propostas, englobando analogias e ferramentas de inteligência artificial, motivaram e auxiliaram um grupo de alunos do 9º ano de escolaridade, no estudo das ligações químicas? Na perceção dos alunos, agregar analogias e ferramentas de IA é eficaz para os motivar e auxiliar no estudo das ligações químicas. A maioria dos alunos relatou um aumento na motivação e interesse pela disciplina de Química, como observado nas notas de campo e confirmado nas entrevistas. O entusiasmo e o envolvimento demonstrados pelos alunos nos trabalhos e apresentações reforçam que existe potencial na combinação destas metodologias no contexto educativo. Em suma, a utilização de ferramentas de IA *text-to-image*, aliada à construção de analogias, mostrou-se eficaz, na perceção dos alunos,

para melhorar a compreensão, a expressão do conhecimento e a motivação no estudo da química.

Reflexão autocrítica e projetos futuros

É importante referir que os resultados deste estudo devem ser interpretados com cautela, pois a amostra de conveniência utilizada limita a generalização do ponto de chegada. A turma estudada pode não representar a diversidade de contextos e perfis dos alunos do 9.º ano em outras escolas. Portanto, recomenda-se que futuros estudos incluam amostras mais amplas e variadas para validar e expandir a validade externa do estudo. Reconhece-se, igualmente, que poderiam fazer-se otimizações metodológicas. A amostra estudada pode ter características específicas que influenciaram os resultados, como a familiaridade com ferramentas tecnológicas, por se tratar de uma turma inserida no PPMD. Por um lado, permitiu a facilidade da implementação da atividade em sala de aula, mas por outro pode mostrar que estão mais familiarizados com a IA e poderão, à partida, ter mais aptidão e motivação na utilização de ferramentas de IA. Esses fatores podem ter introduzido vieses do nosso ponto de chegada, sugerindo a necessidade de replicar o estudo com amostras mais diversas.

A atividade foi implementada nos últimos dias de aula, limitando a exploração de alguns pontos observados durante o estudo. Seguem-se algumas melhorias e aspetos a serem considerados em projetos futuros:

- Admite-se que o Roteiro de Exploração da ferramenta Lexica tenha sido demasiado extenso, pelo que os alunos poderão ter lido muito na diagonal;
- Poderá ser ajustado o número de pesquisas na Lexica;
- Seria importante haver uma discussão com os alunos sobre conceções alternativas detetadas;
- Tendo um dos alunos decidido fazer nova pesquisa após receber o tutorial “Criar analogias a partir de imagens” e com resultados interessantes, poderia ser explorada a possibilidade de fornecer este tutorial antes das atividades.

Por fim, confessa-se uma certa ambição na escolha do tema desta investigação para alunos do 9.º ano. Considera-se que este estudo poderia beneficiar se aplicado a alunos do 10.º ano e com maior tempo de implementação, garantindo um conhecimento sobre ligação química mais aprofundado e mais tempo para explorar e criar uma analogia de um conceito a partir de uma imagem, eventualmente com momentos de partilha de ideias entre os alunos e o investigador.

Referências Bibliográficas

- Ahmad, S. F., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., Alam, M. M., & Hyder, S. I. (2021). Artificial Intelligence and Its Role in Education. *Sustainability*, 13(22), 12902. <https://doi.org/10.3390/su132212902>
- Alasadi, E. A., & Baiz, C. R. (2023). Generative AI in education and research: Opportunities, concerns, and solutions. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2965–2971. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00323>
- Aragón, J. L., Naumis, G. G., Bai, M., Torres, M. & Maini, P. K. (2008). Turbulent Luminance in Impassioned van Gogh Paintings. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. 30(3), 275–283. <https://doi.org/10.1007/s10851-007-0055-0>
- Barbosa, L. M., & Portes, L. A. F. (2023). Inteligência artificial. *Revista Tecnologia Educacional, Rio de Janeiro*, (236), 16-27.
- Bardin, L. (2011). Análise de Conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Edições 70.
- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In Aubusson, P. J., Harrison, A. G. & Ritchie, S. M. (Eds.) *Metaphor and analogy in science education* (pp. 65-78). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3830-5_6
- Dillenbourg, P., Prieto, L. P., & Olsen, J. K. (2018). Classroom orchestration. In *International handbook of the learning sciences* (pp. 180-190). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315617572>
- Direção Geral da Educação. (2017). Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória. https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/%20perfil_dos_alunos.pdf
- Direção Geral da Educação. (2018). Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 9º ano. 3º ciclo do Ensino Básico. Físico-Química. https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Projetos_Curriculares/Aprendizagens_Essenciais/Consulta_Publica/3_ciclo/9_fisico-quimica_cp.pdf

- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Genc, M. (2013). The effect of analogy-based teaching on students' achievement and students' views about analogies. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 14(2), 1-18
- Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. *Four Decades of Research in Science Education-from Curriculum Development to Quality Improvement: From Curriculum Development to Quality Improvement*, 113-125.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Isaacson, R. L., & Spear, N. E. (Eds.). (1982). *The Expression of Knowledge: Neurobehavioral Transformations of Information into Action*. Springer New York, NY. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7890-7>
- Junior, G. G., Nascimento, W., & Morais, C. (2024). Avaliação de tecnologias de inteligência artificial generativa na produção de elementos textuais e imagéticos sobre conceitos de química. *Challenges 2024: Espaços e Caminhos OnLife*

- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of Learning and Motivation* (41), pp. 85-139. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(02\)80005-6](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(02)80005-6)
- Mezzomo, M., Kawamoto, A., & Wonsik, E. (2023). Uso de Geradores de Imagens com Inteligência Artificial em Sala de Aula: Análise de Experiência do Usuário. <https://doi.org/10.5753/wie.2023.234381>
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2023). *O papel das tecnologias digitais na aprendizagem do século XXI*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386981_eng
- Santos, S. M. A. V., Guimarães, C. D., dos Santos Filho, E. B., Gomes, L. F., de Castilho, L. P., da Silva, M. V. M., de Oliveira, R. F., & Narciso, R. (2024). Inteligência artificial na educação. *Revista Contemporânea*, 4(1), 1850–1870. <https://doi.org/10.56083/RCV4N1-101>
- Selwyn, N. (2011). Digitally distanced learning: a study of international distance learners' (non)use of technology. *Distance Education*, 32(1), 85–99. <https://doi.org/10.1080/01587919.2011.565500>
- St Clair, N. (2014). The unexpected math behind Van Gogh's "Starry Night". *TEDEd: Lessons Worth Sharing*. Disponível em: <https://ed.ted.com/lessons/the-unexpected-math-behind-van-gogh-s-starry-night-natalya-st-clair>
- Vieira, H., & Morais, C. (2022). Musical analogies to teach middle school students topics of the quantum model of the atom. *Journal of Chemical Education*, 99(8), 2972-2980. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00289>.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. McGraw-Hill Education (UK).
- Yin, R. (2005). Estudo de Caso. Planejamento e Métodos. (2ª ed.) Tradução de Grassi, D. Porto Alegre. *Bookman*.

Apêndices

Apêndice 1 – Índice do Dossier de Estágio

	3
Recursos	62
2.2.3 Planificação nº3	67
Plano de aula	67
Recursos	69
2.3 10ºD – Componente de Química	73
2.3.1 Planificação nº1	73
Plano de aula	73
Recursos	76
2.3.2 Planificação nº2	77
Plano de aula	77
Recursos	79
2.3.3 Planificação nº3	87
Plano de aula	87
Recursos	91
2.3.4 Planificação nº4	97
Plano de aula	97
Recursos	99
2.4 10ºD – Componente de Física	104
2.4.1 Planificação nº1	104
Plano de aula	104
Recursos	108
2.4.2 Planificação nº2	115
Plano de aula	115
Recursos	119
2.4.3 Planificação nº3	125
Plano de aula	125
Recursos	128
2.4.4 Planificação nº4	157
Plano de aula	157
Recursos	159
3. Apoio à docência	175

	3
Recursos	62
2.2.3 Planificação nº3.....	67
Plano de aula.....	67
Recursos	69
2.3 10ºD – Componente de Química	73
2.3.1 Planificação nº1.....	73
Plano de aula.....	73
Recursos	76
2.3.2 Planificação nº2.....	77
Plano de aula.....	77
Recursos	79
2.3.3 Planificação nº3.....	87
Plano de aula.....	87
Recursos	91
2.3.4 Planificação nº4.....	97
Plano de aula.....	97
Recursos	99
2.4 10ºD – Componente de Física.....	104
2.4.1 Planificação nº1.....	104
Plano de aula.....	104
Recursos	108
2.4.2 Planificação nº2.....	115
Plano de aula.....	115
Recursos	119
2.4.3 Planificação nº3.....	125
Plano de aula.....	125
Recursos	128
2.4.4 Planificação nº4.....	157
Plano de aula.....	157
Recursos	159
3. Apoio à docência	175

	4
3.1 Atividades práticas	175
3.2 Aulas laboratoriais	177
3.3 Avaliação	218
3.4 Outros documentos.....	224
4. Visitas de estudo.....	231
4.1 Caminhada até à praia	231
4.2 Visita à sala Eureka	232
5. Reuniões.....	233
Acompanhamento ao diretor de turma.....	234
6. Atividades extracurriculares e não letivas.....	236
6.1 Palestras	236
6.2 Ações de formação	243
6.3 Concurso F1 in schools	245
6.4 Concurso <i>ChemRus</i>	251
6.5 Dia dos Laboratórios abertos	260
6.6 Outras atividades	261
7. Reflexão autocrítica.....	265

Apêndice 2 – Planos de aula sobre “Ligação química”

Nesta secção apresentam-se os conteúdos de alguns dos planos de aula que foram lecionados à turma do 9.º ano, antes da implementação da atividade. Todos os planos de aula sobre a temática “Ligação química” podem ser consultados na íntegra na hiperligação seguinte:

[Planos de aula - Ligação Química](#)

Figura 1

Plano da aula n.º 79 – Ligação covalente. Elaborado por mim.

Aulas n.º	Duração	Data	Turma	Professora
79	50 minutos	07/05/2024	9º A	Carina Ascensão
Domínio			Subdomínio	
Classificação dos materiais			Ligação química	
Conteúdos				
Ligação química, ligação covalente, notação de Lewis				
Aprendizagens essenciais				
Identificar os vários tipos de ligação química e relacioná-los com certas classes de materiais: substâncias moleculares e covalentes (diamante, grafite e grafeno), compostos iónicos e metais.				
Sumário				
Tipos de ligação química.				
Ligação covalente e sua representação: notação de Lewis e regra do octeto.				

Figura 2

Plano da aula n.º 80 – Ligação covalente. Elaborado por mim.

Aulas n.º	Duração	Data	Turma	Professora
80	50 minutos	09/05/2024	9º A	Carina Ascensão
Domínio			Subdomínio	
Classificação dos materiais			Ligação química	
Conteúdos				
Ligação química, ligação covalente, notação de Lewis				
Aprendizagens essenciais				
Identificar os vários tipos de ligação química e relacioná-los com certas classes de materiais: substâncias moleculares e covalentes (diamante, grafite e grafeno), compostos iónicos e metais.				
Sumário				
Realização de uma ficha de trabalho – parte 1 e 2. Representação de modelos moleculares com plasticina e palitos.				

Figura 3

Planos de aula– Ligação iónica e ligação metálica. Elaborado pela professora estagiária Joana Alves.

Plano de Aula

Domínio: Classificação dos Materiais		
Subdomínio: Ligação Química		
RQ1 Questão motivadora	Ligação iónica e ligação metálica HAVERÁ SEMELHANÇAS ENTRE ESTES DOIS TIPOS DE LIGAÇÃO?	Nº de aulas (50 min): 2
Aprendizagens Essenciais	Identificar os vários tipos de ligação química e relacioná-los com certas classes de materiais: substâncias moleculares e covalentes (diamante, grafite e grafeno), compostos iónicos e metais.	
Objetivos e questões orientadoras	- O que é uma ligação iónica? - O que é uma ligação metálica? - Porque se formam iões? - O que determina o tipo de ligação para cada substância/composto? - Associar a ligação iónica à ligação entre iões de cargas opostas, originando substâncias formadas por redes de iões. - Associar a ligação metálica à ligação que se estabelece nas redes de átomos de metais em que há partilha de eletrões de valência deslocalizados.	
Pré-requisitos	- Representação da notação de Lewis - Estrutura atómica - Conhecimentos sobre a Tabela Periódica e sua organização	

Apêndice 3 – Informação e pedido de parecer da Direção da ESIC quanto à investigação

Figura 4

Troca de emails com a diretora da ESIC, para informação e pedido de parecer quanto ao estudo aplicado em ambiente escolar



**Escola Secundária
Inês de Castro**
CAMPELA VILA NOVA DE SAIZ

Joana Elisa Alves <c254@esic.pt>

Relatório de Estágio - Investigação no âmbito do Ensino da Química
2 mensagens

Joana Elisa Alves <c254@esic.pt> 22 de março de 2024 às 16:19
Para: Direção ESIC <direcao@esic.pt>
Cc: Dulce Peixoto <f83@esic.pt>, Carina Ascensão <c253@esic.pt>

Boa tarde Dra. Manuela Carvalho,

Escrevo o seguinte e-mail em meu nome e da minha colega Carina Ascensão, como alunas estagiárias e sob orientação da Professora Dulce Peixoto.

A par das aulas assistidas que, como alunas estagiárias em Ensino de Física e Química, somos obrigadas a lecionar, é ainda necessário, o desenvolvimento de uma pequena investigação no âmbito do Ensino, mais concretamente, no ensino da Química.

De acordo com o Despacho n.º 15847/2007, de 23 de julho e atendendo à localização estrita em contexto escolar do estudo a realizar em sede de Relatório de Estágio e à natureza químico-pedagógica, faz-se necessário informar a diretora da escola, Dra Manuela Carvalho, do estudo a decorrer bem como o seu parecer.

Tanto a minha colega Carina Ascensão, como eu, Joana Alves, somos orientadas pelo professor João Paiva do Departamento de Química da Faculdade de Ciências. No nosso projeto de investigação pretendemos avaliar a expressão do conhecimento, dos alunos do 9º A, face aos seus conhecimentos sobre ligação química. Para tal, e de mãos dadas com a tecnologia, faremos uso de uma ferramenta de Inteligência Artificial geradora de imagens a partir de texto. A imagem gerada por essa ferramenta poderá, ou não, representar o que os alunos visionam/imaginam/idealizam/pensam sobre ligação química.

A recolha de dados para análise desta atividade consiste em entrevistas que iremos realizar a alguns alunos, bem como algumas notas de campo. Para além disso, é importante destacar que o uso da ferramenta de inteligência artificial (através de um website), carece de registo. Este registo pode ser feito através da conta institucional dos alunos.

Acrescentamos que foi distribuído um documento de Consentimento, aos Encarregados de Educação, e de Assentimento, aos alunos do 9ºA, para que fique claro que a participação dos alunos é voluntária e anónima.

Agradecemos desde já a compreensão e a abertura da Escola Secundária Inês de Castro, para o desenvolvimento deste nosso trabalho.

Com o devido tempo e cuidado, aguardamos o seu feedback.

Os melhores cumprimentos,

Carina Ascensão e Joana Alves

Direção ESIC <direcao@esic.pt> 22 de março de 2024 às 16:38
Para: Joana Elisa Alves <c254@esic.pt>

Boa tarde!

A ESIC está disponível para a operacionalização da investigação em causa.

Atentamente,

A Direção



**Escola Secundária
Inês de Castro**
CAMPELA VILA NOVA DE SAIZ



Apêndice 4 – Consentimento e assentimento informados

CONSENTIMENTO INFORMADO – Atividade: “Expressão do Conhecimento em Química – um estudo qualitativo sobre o contributo de uma ferramenta de Inteligência Artificial na interpretação e expressão do conhecimento sobre ligação química”

Consentimento informado

No âmbito de uma Investigação em Ensino da Química, será realizado um estudo e aplicada uma entrevista a alguns alunos da Escola Secundária Inês de Castro, em Vila Nova de Gaia, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos. As Professoras Carina Ascensão e Joana Alves, são as responsáveis pela elaboração da referida entrevista, sendo que os dados resultantes da participação dos alunos servirão para avaliar a perceção dos alunos sobre a sua participação num estudo relacionado com a expressão do conhecimento em ligação química, no âmbito do ensino da Química. A par, no decorrer da atividade, será solicitado aos alunos que explorem uma ferramenta gratuita, geradora de imagens a partir de texto (*text-to-image Artificial Intelligence*). O site usado será <https://lexica.art/> cujo uso é gratuito e seguro, mas que compreende o registo, a partir da conta Google, associada ao e-mail institucional atribuído a cada aluno da Escola Secundária Inês de Castro.

Nenhum aluno será beneficiado ou prejudicado por aceitar ou recusar participar no estudo e em qualquer momento do processo, se algum aluno sentir que deseja alterar a decisão tomada, poderá fazê-lo.

Agradecemos a colaboração do seu (sua) educando (a) e a sua pelo que solicitamos uma declaração de autorização para os devidos efeitos (ver abaixo p. f.).

Eu, _____, encarregado (a) de educação do (a) aluno (a) _____ para os devidos e legais efeitos, declara autorizar, graciosamente, a participação do seu (sua) educando (a) em estudo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, o que inclui a resposta, de forma anónima, a questionários.

Assinatura

ASSENTIMENTO INFORMADO – Atividade: “Expressão do Conhecimento em Química – um estudo qualitativo sobre o contributo de uma ferramenta de Inteligência Artificial na interpretação e expressão do conhecimento sobre ligação química”

Assentimento informado

No âmbito de uma Investigação em Ensino da Química, será realizado um estudo e aplicada uma entrevista a alguns alunos da Escola Secundária Inês de Castro, em Vila Nova de Gaia, estando assegurados o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos. As Professoras Carina Ascensão e Joana Alves, são as responsáveis pela elaboração da referida entrevista, sendo que os dados resultantes da participação dos alunos servirão para avaliar a perceção dos alunos sobre a sua participação num estudo relacionado com a expressão do conhecimento em ligação química, no âmbito do ensino da Química. A par, no decorrer da atividade, será solicitado aos alunos que explorem uma ferramenta gratuita, geradora de imagens a partir de texto (*text-to-image Artificial Intelligence*). O site usado será <https://lexica.art/> cujo uso é gratuito e seguro, mas que compreende o registo, a partir da conta Google, associada ao e-mail institucional atribuído a cada aluno da Escola Secundária Inês de Castro.

Nenhum aluno será beneficiado ou prejudicado por aceitar ou recusar participar no estudo e em qualquer momento do processo, se algum aluno sentir que deseja alterar a decisão tomada, poderá fazê-lo.

Agradecemos a sua colaboração!

Eu (aluno/a), _____
(Nome), li, compreendo e aceito participar no estudo segundo as condições acima mencionadas.

Assinatura

Apêndice 5 – Pesquisa e seleção da ferramenta *text-to-image* para a investigação

Tabela 2

Critérios analisados para a escolha da ferramenta IA a utilizar no estudo.

Nome	Acesso livre	Nº de Imagens geradas	Fácil Utilização	Registo e/ou Criar perfil	Qualidade das Imagens	Velocidade de Geração de imagens	Opções de Personalização	Suporte em Língua Portuguesa
MidJourney	Não	1 / pesquisa 15 / dia (todos os dias)	Moderado	Sim	Alta	Moderada	Altas	Não
Stable Diffusion	Sim	2 / pesquisa 10 / dia	Sim	Não	Alta	Rápida	Altas	Não
Deep Dream Generator	Parcialmente	1 / pesquisa ~10/ dia	Sim	Sim	Moderada	Lenta	Baixas	Sim
NightCafe Studio	Sim	5/ dia (todos os dias)	Sim	Sim	Alta	Rápida	Altas	Sim

Canva	Parcialmente	50 / dia	Sim	Sim	Alta	Moderada	Moderadas	Sim
Picsart	Sim	1 / pesquisa 3 / dia	Sim	Sim	Alta	Moderada	Moderadas	Sim
Lexica	Sim	4 / pesquisa 100 / mês	Sim	Sim	Alta	Rápida	Moderadas	Sim
Craiyon	Sim	9 / pesquisa Ilimitado	Sim	Não	Moderada a baixa	Lenta	Baixas	Sim
DeepAI	Sim	1 / pesquisa ~100 /mês	Sim	Não	Moderada	Moderada	Moderadas	Sim

Apêndice 6 – Roteiro de Exploração – *Lexica.art*

Neste apêndice apresenta-se um excerto do roteiro de exploração fornecido aos alunos para utilizar a ferramenta de IA Lexica. O Roteiro pode ser consultado na íntegra, acedendo ao seguinte *link*: <https://tinyurl.com/bde8u4c2>



Roteiro de Exploração *Lexica.art*

Gerar imagens sobre conceitos de Ligação Química com recurso à Inteligência artificial



Lexica



Lê atentamente o roteiro de exploração e procura seguir todas as indicações nele contidas para que a exploração do recurso digital seja o mais proveitosa possível. Regista na “Folha de Registo”, que te foi fornecida em formato de papel, o que for solicitado.

Bom trabalho!

Inicia a tua aventura no universo das **ligações químicas** com a ajuda de um gerador de imagens.

Apêndice 7 – Folha de Registo



Código: _ _ _

FOLHA DE REGISTO DO ROTEIRO DE EXPLORAÇÃO

Gerar imagens sobre conceitos de Ligação Química com recurso à Inteligência artificial

Com vista a estudarmos a forma como cada aluno interpreta o conceito de ligação química faremos uso de uma ferramenta de Inteligência Artificial para gerar uma imagem que possa ir de encontro à descrição, em palavras, do conceito de Ligação Química.

Segue o Roteiro de Exploração, em formato digital, e sempre que solicitado faz o registo das tuas pesquisas e observações. Bom trabalho!

Passo 1

Escreve, no retângulo seguinte, palavras/frases que associas quando pensas em “**Ligação Química**”. Poderás consultar, apenas, o teu caderno diário e o teu Manual Escolar.



Passo 2 (Roteiro de exploração)

Regista as palavras que introduziste na pesquisa na Lexica.art. Se na 2ª e 3ª pesquisa geraste imagens a partir das mesmas palavras e frases refere, no respetiva caixa, “MESMA PESQUISA”. Se alguma palavra foi alterada deves registar, na caixa respetiva, a ordem das palavras.

Se usaste termos que te foram sugeridos pelo Website Lexica.art gerador de imagens deverás indicar em “Observações e/ou Notas”. poderás ainda incluir comentários relacionados com cada uma das Pesquisas e que consideres relevante mencionar.

Pesquisa nº 1



Observações e/ou Notas:

Pesquisa nº 2

Observações e/ou Notas:

Pesquisa nº 3

Observações e/ou Notas:

Passo 3

Identifica quantas imagens escolheste de cada uma das pesquisas, e no final indica, também, qual a Pesquisa que te devolveu uma imagem que representa a tua interpretação mental e visual sobre Ligação Química.

Pré-Seleção

Pesquisa nº 1: _____ (nº de imagens)

Pesquisa nº 2: _____ (nº de imagens)

Pesquisa nº 3: _____ (nº de imagens)

Seleção Final

Imagem selecionada da Pesquisa nº _____ (escrever o número da pesquisa)

Finaliza o teu trabalho seguindo as instruções do Roteiro de Exploração. Deverás guardar as três imagens selecionadas na “Pré-seleção” sendo que devem ser identificadas da seguinte forma “Pesquisa X_Imagem Y”, sendo que X é o número da pesquisa de onde obtiveste a imagem e Y o número da imagem (1, 2 ou 3). A imagem selecionada na “Seleção Final” deverá estar identificada da seguinte forma “Pesquisa X_Imagem Y_Selecionada”. Submete as três imagens, devidamente identificadas, no Google Classroom.

Apêndice 8 – Tutorial “Criar analogias a partir de imagens”

Tutorial - Criar Analogias a partir de imagens

O que são analogias?

Uma **analogia** é uma **comparação entre dois objetos**, fenómenos ou conceitos, **destacando semelhanças entre eles** para explicar algo de forma mais clara ou criativa. No ensino da química, as analogias são especialmente **úteis para explicar conceitos abstratos ou complexos**, como a ligação química, de forma que os alunos possam facilmente compreender e relacionar com o seu conhecimento e experiências prévias.

As analogias são ferramentas poderosas para o ensino e a aprendizagem, permitindo a **comparação entre algo desconhecido** (o conceito que se deseja ensinar) **e algo familiar** (o análogo). Esta técnica ajuda a criar uma ponte entre o novo conhecimento e o conhecimento existente, facilitando a compreensão e a retenção de informações.

Desde sempre que usamos analogias para explicar conceitos. Antigamente, criavam-se provérbios (frases populares) para transmitir ensinamentos e sabedoria através da analogia. Como exemplo, temos o provérbio “Água mole em pedra dura, tanto bate até que fura”, que quer explicar que não há nada impossível de alcançar se houver persistência e resiliência.

Como criar uma analogia?

Para se criar uma analogia, devem ser seguidos os seguintes passos:

1. Identificar o conceito-chave que se deseja explicar.

Exemplo 1: *Transformações físicas*

Exemplo 2: *Transformações químicas*

2. Pensar num objeto, fenómeno ou situação do dia a dia **que partilhe características semelhantes** com o conceito que se está a tentar explicar.

Exemplo 1: *Numa transformação física as substâncias formadas são as mesmas: analogamente uma pessoa muda de roupa, toma banho, ou muda de país de residência, mas continua a ser a mesma pessoa.*

Exemplo 2: *Numa transformação química os átomos reorganizam-se de maneira diferente: analogamente os alunos de uma turma podem formar grupos e posteriormente estes também podem trocar de alunos entre si formando assim novos grupos.*

3. Destacar os pontos de semelhança entre o conceito e o análogo, explicando como essas semelhanças ajudam a entender o conceito original.

Exemplo 1: Atributos partilhados: correspondências entre o análogo e o alvo	
Análogo	Alvo
Pessoa muda de roupa	Transformações físicas
Pessoa	Substância química
Roupa	Propriedades físicas da substância
Mudar de roupa	Ocorrência de uma transformação física
A mesma pessoa com roupa diferente	A mesma substância química inicial

Exemplo 2: Atributos partilhados: correspondências entre o análogo e o alvo	
Análogo	Alvo
Grupos trocam de alunos	Transformações químicas
Turma	Sistema
Alunos	Átomos
Grupos	Substâncias químicas
Troca de alunos entre grupos	Reorganização dos átomos
Grupos com alunos diferentes	Substâncias químicas diferentes das iniciais

4. Apontar as limitações da analogia, ou seja, onde ela não se aplica ou falha em explicar o conceito completamente.

Exemplo 1: Atributos não partilhados: onde a analogia falha

As substâncias químicas não mudam as suas propriedades físicas por sua iniciativa própria, como a pessoa fez ao mudar de vestuário, mas sim, quando provocadas pela vizinhança.

Exemplo 2: Atributos não partilhados: onde a analogia falha

As substâncias químicas não fazem “trocas” de átomos, fazem quebras e formações de ligações químicas e estas são responsáveis pelas formações de diferentes substâncias químicas nos produtos.

A troca de alunos entre grupos possui sempre uma reversibilidade prática e que implica sempre o mesmo “esforço” dessa troca, o que já não acontece para uma transformação química, pois esta, dos reagentes para os produtos, muitas vezes só é reversível em teoria, uma vez que por vezes exige certas condições, que já não são praticáveis.

Como criar uma Analogia a partir de uma imagem

Para criar uma analogia eficaz a partir de uma imagem, deves seguir estes passos:

- 1. Escolher uma imagem que represente o conceito abstrato relacionado com ligação química:** Encontra, com auxílio da ferramenta de IA Lexica, uma imagem que, para ti, captura a essência ou o sentimento do conceito abstrato que estás a tentar explicar.
- 2. Analisa a imagem:** Estuda a imagem cuidadosamente e observa todos os elementos visuais, as cores, as formas, a composição e qualquer outro aspeto que consideres relevante para o conceito abstrato.
- 3. Identifica as características chave da imagem:** Tenta identificar as características da imagem que acreditas que são mais representativas do conceito abstrato. Isso pode incluir elementos específicos na imagem ou a parte mais criativa e artística que ela evoca.
- 4. Examina o conceito abstrato:** Reflete sobre o conceito abstrato que queres explicar. Pensa nas suas características, nas emoções ou ideias associadas a ele e em como ele se manifesta na vida cotidiana.
- 5. Cria a analogia:** Com base na análise da imagem e na compreensão do conceito abstrato, cria uma analogia que relacione e compare os elementos visuais da com algo familiar. Identifica os pontos de semelhança entre a imagem e o análogo, e onde é que a analogia falha.

Pensa em como podes explicar o conceito usando a imagem como ponto de partida.

- 6. Desenvolve a explicação:** Depois de criar a analogia, desenvolve uma explicação detalhada que conecte a imagem ao conceito abstrato e ao análogo. Descreve como os elementos visuais da imagem refletem os aspetos do conceito e como a analogia ajuda a esclarecer ou ilustrar o conceito de uma maneira mais concreta e acessível.

Exemplo: Analogia entre a famosa pintura "A Noite Estrelada" de Vincent van Gogh e o conceito de agitação térmica em química.



Figura 1 - Ilustração do quadro *A Noite Estrelada*, de Vincent van Gogh, foi pintado em 1889. Retirado de <https://www.culturagenial.com/>

Atributos partilhados: correspondências entre o análogo e o alvo	
Análogo	Alvo
Pintura “A noite estrelada” de van Gogh	Agitação térmica em Química
Remoinhos e padrões ondulatórios	Movimento aleatório das partículas
Estrelas brilhantes	Moléculas que se formam a partir de átomos
Intensidade de cores	Vibração de partículas

Atributos não partilhados: onde a analogia falha
Na agitação térmica as partículas estão em constante movimento e alteram o sentido, enquanto que na imagem da pintura os remoinhos estão estáticos.
Existem outros elementos na pintura, como uma aldeia, que não entram na analogia.

Apêndice 9 – Guião para a apresentação da Analogia à turma

Guião – Apresentação da analogia

Agora que submeteste as três imagens no *Classroom*, tens um novo desafio à tua espera!

Nesta próxima etapa, irás expressar e comunicar o teu conhecimento sobre este tema fascinante que é a ligação química.

O objetivo desta atividade é explorar os conceitos de Ligação Química através da criação de **uma analogia**, utilizando as imagens obtidas da ferramenta de Inteligência Artificial, Lexica, como ponto de partida.

Procedimentos

Para esta etapa deves seguir os seguintes passos:

1. Das **três** imagens que submeteste no Classroom, **escolher a imagem** que mais expresse o teu conhecimento em relação à Ligação Química.
2. Criar uma **analogia entre a imagem e o conceito de ligação química**, de forma a explicar a tua escolha.
Para saberes o que é uma analogia e como criar uma, deves ler o **Tutorial “Criar analogias a partir de imagens”** que te foi fornecido.
3. Deves **apresentar à turma**, com uma duração máxima de **3 minutos**, a tua **escolha da imagem e a analogia** que criaste.
Podes apresentar oralmente ou com suporte digital.
4. As apresentações serão realizadas em ambiente de sala de aula, de forma individual.

Lembra-te, a criatividade é o limite!

Boa sorte e mãos à obra!

Apêndice 10 – Entrevista semiestruturada

Guião para Entrevista semiestruturada (9ºA)

Expressão do conhecimento a partir de analogias, com auxílio de uma ferramenta de IA: um estudo sobre a ligação química no 9º ano de escolaridade

2023/2024

Parte A – Questões de contextualização e verificação de aprendizagens

1. Qual é a tua relação com a Química? (exemplo: gosto, compreensão, atitudes, conhecimentos)
2. O que entendes por ligação química? Descreve por palavras tuas.
3. Qual é a tua relação com a arte gráfica? (se aprecia ou não desenho, pintura, arte abstrata, representações gráficas)
4. Já sabias o que eram Analogias? Costumas usar analogias ou metáforas para explicar algum assunto? (se usa com frequência)

Parte B – Questões de reflexão

5. Qual a tua opinião sobre a atividade? Que etapa te cativou mais, a pesquisa e seleção de uma imagem através de uma IA de geração de imagens, ou a exposição da imagem que representava o teu conhecimento através da criação de uma analogia?
6. Como avalias a tua prestação/atitude durante o decorrer da atividade? Desde a etapa 1 até à etapa 2?
7. Na primeira etapa, na seleção da imagem, o que foi mais difícil: a) procurar os conceitos e palavras que mais se adequam à tua imagem mental sobre “Ligação Química” ou b) escolher uma das imagens propostas pela IA?
8. Consideras que a arte gráfica (exemplo: símbolos, esquemas, cores, relações entre imagens) te ajudou na consolidação dos conhecimentos sobre ligação química?
9. Consideras que a representação de um conceito, através da arte gráfica, te ajudou a expressar melhor o teu conhecimento sobre ligação química?

10. Na última etapa, na apresentação, recorrendo a uma analogia entre a imagem e o conceito de ligação química, o que foi mais difícil: a) criar a analogia a partir da imagem b) comunicar as tuas ideias à turma, c) explicar, por palavras tuas, de que forma uma imagem (i.e., representação visual) expressava a tua ideia mental sobre “Ligação Química”?
11. Achas que o tutorial que te forneci sobre “Como criar analogias entre uma imagem e um conceito” te ajudou a fazer a segunda etapa?
12. Consideras que utilizar analogias te ajudam a expor e expressar o teu conhecimento?
13. Consideras que toda a atividade realizada te possa ter ajudado na melhor compreensão/interpretação dos conceitos abordados na aula sobre Ligação Química?
14. Consideras que a imagem que escolheste representa o conceito de ligação química? Porquê?

Parte C – Motivação e prospeção de futuro

15. Será que as atividades propostas te motivaram/tornaram mais consciente para o estudo da química?
16. Achas que te sentirias mais motivado a estudar Química se usasses uma ferramenta de IA para selecionar uma imagem/figura/representação gráfica sobre um dado conceito?
17. Achas que te sentirias mais motivado a estudar Química se usasses as analogias para apresentares e expressares o teu conhecimento sobre um dado conceito?
18. Consideras que, no futuro, usarias uma IA de geração de imagens como forma de poderes materializar o que imaginas sobre um conceito abstrato? (estudares sobre o mesmo)
19. Consideras que, no futuro, usarias uma analogia como forma de poderes expressar os teus conhecimentos? De forma autónoma.
20. Na atividade em si, mudarias alguma coisa (na forma como foi implementada)?
21. Alguma coisa mais, que não tenhamos falado atrás, relacionada de forma direta ou indireta com a atividade, a química e a expressão do conhecimento, te ocorre ainda dizer?

Apêndice 11 – ETAPA 1: Pesquisa na Lexica e escolha da imagem que representa o conceito de ligação química.

Este apêndice serve para apresentar as 3 imagens escolhidas pelos alunos após efetuarem as 3 pesquisas na ferramenta de IA, Lexica. A verde, apresenta-se a imagem escolhida como a que melhor representa, para cada um dos alunos, o conceito de ligação química. É também indicado o n.º da pesquisa e as palavras/termos/frases, que os alunos colocaram na barra de ferramentas da Lexica, que gerou essa imagem realçada. Alguns alunos colocaram observações em relação à imagem escolhida e essas informações também são apresentadas de seguida.

De forma a encurtar este apêndice, é colocado o resultado de pesquisa de um dos alunos, sendo que os restantes podem ser consultados no seguinte link:

<https://tinyurl.com/2k59my97>

Aluno 006

Figura 5

Imagens escolhidas nas pesquisas do Aluno 006. A verde, a selecionada.



Pesquisa n.º 3

Ligações iónicas, metálicas e covalentes, átomos

Apêndice 12 – ETAPA 2: Analogia criada pelos alunos entre a imagem escolhida na etapa 1 e o conceito de ligação química.

Neste apêndice mostra-se o suporte que os alunos usaram nas suas apresentações para a concretização da etapa 2: transmitir a analogia criada a partir da imagem gerada pela IA.

De forma a tornar este apêndice menos extenso, é apresentado apenas um exemplo, sendo que os restantes poderão ser consultados através do seguinte *link*:

<https://tinyurl.com/5bcmz4v3>

Aluno 006

Assim como nas ligações químicas, na imagem as esferas partilham outras esferas menores entre si, assim como os átomos partilham eletrões



Apêndice 13 – Transcrição e categorização do conteúdo das entrevistas

Este apêndice serve para apresentar as entrevistas realizadas, devidamente transcritas e categorizadas segundo as categorias que constam na **Tabela 3**. Para reduzir o tamanho deste apêndice, apresenta-se apenas um excerto de uma das entrevistas, podendo consultar-se a totalidade através do *link*: <https://tinyurl.com/4npad6kx>

Tabela 3

Categorização do conteúdo da entrevista.

Categorias	Subcategorias
Relação com a Química	• Interesse • Compreensão
Entendimento sobre Ligação Química	• Compreensão básica • Uso de terminologia científica
Relação com a arte gráfica	• Interesse • Criatividade
Relação com analogias	• Familiaridade • Operacionalidade
Experiência com as atividades	• Etapa preferida • Dificuldades com IA • Dificuldades com analogia • Avaliação geral
Impacto na aprendizagem	• Consolidação de conhecimentos com arte gráfica • Consolidação de conhecimentos com atividades
Impacto das atividades na expressão do conhecimento	• Inteligência artificial • Analogias
Motivação para o estudo da Química	• Com as atividades • Com uso da IA • Com uso de analogias
Perspetivas futuras	• Uso futuro de IA • Uso futuro de analogias

Excerto da entrevista 1 – 3 de junho de 2024 (Aluno 021)

Professor (P): Antes de começar, deixa-me agradecer-te pela tua participação nas atividades.

Quero começar por perguntar-te qual é a tua relação com a química? Se tu gostas, compreendes...

Aluno (A): Eu gosto de química, mas sinceramente prefiro física. Até entendo a química, mas prefiro a Física.

P: Muito bem! E o que é que entendes por ligação química? Diz-me por palavras tuas.

A: Ligações químicas? É a união...a ligação entre os átomos...os átomos ligam-se, partilham eletrões.

P: Diz-me então, qual é a tua relação com arte gráfica? Se tu aparecias desenhos, pinturas? Se gostas da arte abstrata...

A: Então, eu gosto e acho que até consigo interpretar muito bem...só não me desenrasco se for eu a fazer, se tiver de desenhar.

P: Já sabias o que é que eram analogias?

A: Já. Já tinha feito.

P: Costumas fazer analogias no teu dia a dia para explicar algum conceito ou utilizas metáforas?

A: Sim, sim. Normalmente quando estou tipo a estudar ou assim ou alguma amiga minha me pergunta “olha entendeste isto?” e eu digo, por exemplo, “sim entendi, queres que te explique?” Eu acho que...ah...é bastante importante também nós conseguirmos explicar e comunicarmos com a outra pessoa. E então, quando eu estou a ajudar alguma amiga minha relativamente a esse aspeto, costumamos usar vocabulário assim perceptível e fazer um apanhado geral da matéria e conseguir juntar tudo e explicar de uma forma simples e fácil para outra pessoa entender e usando tipo...espécie tipo...imagine metáforas ou de determinadas pronúncias para a pessoa entender que é uma maneira assim de ensino, ensinar a brincar. Eu acho que é um método que pode resultar e ter bastantes resultados, porque a utilizar coisas, por exemplo, uma pessoa que gosta muito de jogar vólei, vamos tentar pegar em alguma coisa disso e transformar, tentar ligar essa matéria com esse conceito para a pessoa entender, eu acho que é bastante interessante. (...)

Apêndice 14 – Tratamento de dados das entrevistas

Tabela 4

Análise de todas as respostas às entrevistas.

1. Qual é a tua relação com a química? Gosto, Compreensão...	
Aluno 006	“Eu gosto”
Aluno 007	“Gosto muito da química... fascinou-me desde o início”
Aluno 008	“gosto muito mais Química do que Física”, “acho que no 9.º ano é um bocadinho mais...puxado”
Aluno 013	“a química eu gosto, mas prefiro a física”
Aluno 019	“eu gosto de química...gostava mais de Física”, “acho que comecei a perceber mais de Química”
Aluno 021	“gosto de Química...prefiro Física”, “entendo a Química”
2. O que entendes por ligação química? Descreve por palavras tuas.	
Aluno 006	“Quando átomos se ligam e trocam ou compartilham eletrões de valência.”
Aluno 007	“é quando existe partilha, liberdade ou entrega de eletrões entre átomos...um dá a outro, ou partilha, ou só liberta.”
Aluno 008	“Não sei. Uma palavra que me vem à ideia é união”
Aluno 013	“penso logo em eletrões...entregada dos átomos para tornar-se um gás nobre.”
Aluno 019	“Átomos, ligações, conexões...”
Aluno 021	“É a união...a ligação entre os átomos...os átomos ligam-se, partilham eletrões.”
3. Qual é a tua relação com a arte gráfica? Aprecia desenho, pintura, arte abstrata.	
Aluno 006	“Eu gosto de desenho”, “Sim (costuma desenhar)”

Aluno 007	“Gosto, acho a arte gráfica muito boa”, “Costumo (desenhar), a carvão”
Aluno 008	“gosto muito de arte, principalmente a abstrata”
Aluno 013	“uma das coisas que eu odeio”
Aluno 019	“Gosto...gosto de ver e apreciar”, “não gosto de ser eu a fazer”, “gosto de desenhar”
Aluno 021	“eu gosto...consigo interpretar muito bem”, “não me desenrasco se for eu a fazer”
4. Já sabias o que eram Analogias? Costumas usar analogias ou metáforas para explicar algum assunto? (se usa, com que frequência...)	
Aluno 006	“Sim”, “Não muito” (usar)
Aluno 007	“não fazia a mínima ideia”, “poderia utilizar, mas não sabia que estava a utilizar uma analogia”
Aluno 008	“tinha uma noção”, “acho que sem querer se calhar devo usar...não sei”
Aluno 013	“Não, por acaso não.”, “Não” (costumar fazer analogias)
Aluno 019	“sabia o que é que era...nunca tinha feito uma”, “eu faço analogias, mas eu não sabia ao certo”
Aluno 021	“Já.”, “Já tinha feito”
5. Qual a tua opinião sobre a atividade? Que etapa te cativou mais, a pesquisa e seleção de uma imagem através de uma IA de geração de imagens, ou a exposição da imagem que representava o teu conhecimento através da criação de uma analogia?	
Aluno 006	“a parte da pesquisa que eu gostei mais”
Aluno 007	“foi a parte de procurar a imagem...foi um bocadinho difícil, mas consegui achar algumas que me agradaram”
Aluno 008	“gostei mais da parte da analogia”
Aluno 013	“foi a parte de gerar imagens”

Aluno 019	“foi a segunda etapa...apresentar à turma e pesquisar sobre analogias”
Aluno 021	“foi uma atividade bastante interessante, bastante criativa” ...” o intuito da atividade é bastante interessante”, “a melhor parte foi mesmo explicar o que é que é a ligação química de acordo com a imagem que eu escolhi...gostei bastante de desenvolver essa parte da analogia”
6. Como avalias a tua prestação/atitude durante o decorrer da atividade? Desde a etapa 1 até à etapa 2?	
Aluno 006	“Foi bom”
Aluno 007	“considero que foi muito boa”
Aluno 008	“acho que estive bem”
Aluno 013	“porteimei bem na parte da pesquisa... não fiz direito, o que era Supostamente para fazer na analogia”
Aluno 019	“acho que foi boa”
Aluno 021	“a minha atitude foi bastante positiva”
7. Na primeira etapa, na seleção da imagem, o que foi mais difícil: a) procurar os conceitos e palavras que mais se adequam à tua imagem mental sobre “Ligação Química” ou b) escolher uma das imagens propostas pela IA?	
Aluno 006	“Foi escolher só uma imagem”
Aluno 007	“os conceitos ...foi mais difícil...comecei por escrever textos enormes e depois vi que isso só me estava a dificultar o trabalho”
Aluno 008	“o mais difícil...foi escolher as palavras certas para aparecer as imagens certas”
Aluno 013	“Procurar as palavras.”
Aluno 019	“foi encontrar palavras...que eu achasse que relacionavam com ligação química”

Aluno 021	“Foi escolher porque eu também sou um bocado indecisa...foi muito mais difícil para mim escolher do que fazer a pesquisa”
8 - Consideras que a arte gráfica (exemplo: símbolos, esquemas, cores, relações entre imagens) te ajudou na consolidação dos conhecimentos sobre ligação química?	
Aluno 006	“Um pouco, sim.”
Aluno 007	“Bastante”
Aluno 008	“Sim...acho que as cores foi o que me ajudou mais.”
Aluno 013	“Um bocado, sim.”
Aluno 019	“acho que não”
Aluno 021	“Sim...a imagem estava a transmitir imenso aquilo que eu estava a perceber da ligação química...mesmo a arte, acho que deu para perceber muito bem”
9. Consideras que a representação de um conceito, através da arte gráfica, te ajudou a expressar melhor o teu conhecimento sobre ligação química?	
Aluno 006	“Sim”
Aluno 007	“Sim”
Aluno 008	“De certa forma eu acho que sim”
Aluno 013	“Apesar de não gostar da arte gráfica, acho que sim”
Aluno 019	“Eu acho que sim”
Aluno 021	“eu acho que sim...depois de ter aquela imagem...ao explicar fiquei a entender melhor”
10. Na última etapa, na apresentação, recorrendo a uma analogia entre a imagem e o conceito de ligação química, o que foi mais difícil: a) criar a analogia a partir da imagem b) comunicar as tuas ideias à turma, c) explicar, por palavras tuas, de que forma uma imagem (i.e., representação visual) expressava a tua ideia mental sobre “Ligação Química”?	

Aluno 006	“comunicar à turma”
Aluno 007	“Criar a analogia entre a imagem e o próprio conceito.”
Aluno 008	“acho que a última coisa...acho que foi um bocado complicado”, também é difícil explicar”
Aluno 013	“A última opção” (expressar a ideia mental)
Aluno 019	“explicar foi mais complicado”
Aluno 021	“acho que foi mais difícil para mim expressar-me...foi tentar explicar, transmitir o meu conhecimento às outras pessoas”
11. Achas que o tutorial que te forneci sobre “Como criar analogias entre uma imagem e um conceito” te ajudou a fazer a segunda etapa?	
Aluno 006	“Ajudou sim”
Aluno 007	“Bastante.”
Aluno 008	“Sim ajudou, sim”
Aluno 013	“Muito”
Aluno 019	“Ajudou”
Aluno 021	“Ajudou”
12. Consideras que utilizar analogias te ajudam a expor e expressar o teu conhecimento?	
Aluno 006	“Sim, sim”
Aluno 007	“Sim bastante...ajudou bastante a explicar aquilo que eu vi naquela imagem”
Aluno 008	“Sim ajudou...ajuda a ser muito mais fácil apresentar”
Aluno 013	“Sim”
Aluno 019	“eu acho que sim”
Aluno 021	“Sim”

13. Consideras que toda a atividade realizada te possa ter ajudado na melhor compreensão/interpretação dos conceitos abordados na aula sobre Ligação Química?

Aluno 006	“Sim”
Aluno 007	“ajudou bastante”
Aluno 008	“de certa forma sim”
Aluno 013	“Sim.”
Aluno 019	“acho que sim, trazermos essas 2 coisas juntas...fica uma ideia gira...e de perceber”
Aluno 021	“Sim...através da arte também é muito mais fácil de perceber”

14. Consideras que a imagem que escolheste representa o conceito de ligação química? Porquê?

Aluno 006	“Não muito... só não achei. não era a perfeita”
Aluno 007	“Não. não representa muito bem o conceito porque há coisas que não deviam estar ligadas lá...há coisas que eu não concordo naquela imagem”
Aluno 008	“Não, sinceramente não”, “as imagens...não eram muito realistas”
Aluno 013	“Sim.”
Aluno 019	“acho que sim”, “gostei da imagem em si”
Aluno 021	“Sim...aquela eu acho que representou bastante bem... as cores que estavam bastante cativantes...ficou bastante perceptível”

15. Será que as atividades propostas te motivaram/tornaram mais consciente para o estudo da química?

Aluno 006	“Sim”
Aluno 007	“Sim.”
Aluno 008	“de certa forma sim”
Aluno 013	“Um bocadito, talvez.”

Aluno 019	“Sim.”
Aluno 021	“para o estudo da química não sei... para química não sei se tanto”
16. Achas que te sentirias mais motivado a estudar Química se usasses uma ferramenta de IA para seleccionar uma imagem/figura/representação gráfica sobre um dado conceito?	
Aluno 006	“Sim.”
Aluno 007	“Acho que sim, acho que me iria ajudar bastante”
Aluno 008	“Sim...a nível de imagens acho que ajudava”
Aluno 013	“Acho que sim. Acho que agora as IA ajudam-nos”
Aluno 019	“Não sei, eu no dia a dia não preciso”, “sou muito à moda antiga, gosto dos manuais...não sei se preciso muito da inteligência artificial”
Aluno 021	“Sim bastante...fazer este tipo de atividades...como a inteligência artificial...foi uma ótima atividade e foi uma atividade bastante cativante”
17. Achas que te sentirias mais motivado a estudar Química se usasses as analogias para apresentares e expressares o teu conhecimento sobre um dado conceito?	
Aluno 006	“Não muito, mas um pouquinho”
Aluno 007	“apesar de ter sido difícil usá-la pela primeira vez, agora já gostei”
Aluno 008	“Acho que sim”
Aluno 013	“Talvez...talvez”
Aluno 019	(por lapso, esta questão não foi colocada ao aluno)
Aluno 021	“Siiiiim, muito”
18. Consideras que, no futuro, usarias uma IA de geração de imagens como forma de poderes materializar o que imaginas sobre um conceito abstrato? (estudares sobre o mesmo)	
Aluno 006	“Sim”
Aluno 007	“acho que sim”

Aluno 008	“acho que vou usar para outros trabalhos”
Aluno 013	“Sim.”
Aluno 019	“acho que nesse caso utilizava”
Aluno 021	“Sim!...acho que vai ser bastante útil”
19. Consideras que, no futuro, usarias uma analogia como forma de poderes expressar os teus conhecimentos? De forma autónoma.	
Aluno 006	“Provavelmente”
Aluno 007	“Sim, espero utilizá-las bastante”
Aluno 008	“Sim, acho que sim”
Aluno 013	“Talvez não”
Aluno 019	“Sim...é mais fácil comparar com uma coisa do dia a dia”
Aluno 021	Sim
20. Na atividade em si, mudarias alguma coisa (na forma como foi implementada)?	
Aluno 006	“Nada.”
Aluno 007	“Não (mudava), gostei”
Aluno 008	“Eu acho que...não mudava nada”
Aluno 013	“Eu gostei da atividade, acho que não mudaria grande coisa...também não sabia o que mudar”
Aluno 019	“Não, eu gostei desta atividade”
Aluno 021	“não mudaria...acho que nada na atividade.”, “Gostei bastante”
21. Alguma coisa mais, que não tenhamos falado atrás, relacionada de forma direta ou indireta com a atividade, a química e a expressão do conhecimento, te ocorre ainda dizer?	
Aluno 006	“Não.”
Aluno 007	“espero no próximo ano continuar com a Professora Dulce”

Aluno 008	“Estava a fazer a segunda pesquisa e apareceu a segunda pesquisa 2 vezes”
Aluno 013	“Gostei da entrevista”
Aluno 019	“acho que já dissemos tudo...gostei da atividade”
Aluno 021	“acho que disse tudo”

Tabela 5

Análise da categoria “Relação com a Química”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Interesse	Positivo	“gosto de Química” (A021), “gosto, mas prefiro a física” (A013), “Gosto muito da química” (A007)	6
	Negativo	-	0
Compreensão	Positivo	“entendo a Química” (A021), acho que “comecei a perceber mais de Química” (A019)	2
	Negativo	“acho que no 9.º ano é um bocadinho mais...puxado” (A008)	1

NOTA: Na subcategoria “compreensão”, 3 dos alunos não se expressaram acerca da sua compreensão sobre os conteúdos de Química, pelo que não foram contabilizados.

Tabela 6

Análise da categoria “Entendimento sobre Ligação Química”.

Categoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Entendimento sobre Ligação Química	Compreensão básica	“Átomos, ligações, conexões, união” (A013), “união” (A008)	3
	Uso de terminologia científica	“É a união...os átomos ligam-se e partilham eletrões” (A021), “é quando existe partilha, liberdade ou entrega de eletrões entre átomos...um dá a outro, ou partilha, ou só liberta” (A007)	3

Tabela 7

Análise da categoria “Relação com a arte gráfica”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Interesse	Positivo	“eu gosto” (A021), “acho a arte gráfica muito boa” (A007), “gosto de ver e apreciar” (A019)	5
	Negativo	“uma das coisas que eu odeio” (A013)	1
Criatividade	Positivo	“Costumo (desenhar), a carvão” (A007), “desenho um bocado...gosto de desenhar” (A008)	3
	Negativo	“não me desenrasco se for eu a fazer” (A021), “não gosto de ser eu a fazer” (A019),	3

Tabela 8

Análise da categoria “Relação com analogias”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Familiaridade	Positivo	“Já” (conhecia) (A021), “gosto, mas prefiro a física” (A013)	4
	Negativo	“Não, por acaso não” (A013), “não fazia a mínima ideia” (A007)	2
Operacionalidade	Positivo	“eu faço analogias, mas eu não sabia ao certo” (que era uma analogia) (A019), “Já tinha feito” (A021)	4
	Negativo	“Não muito” (A006), “Não” (A013)	2

Tabela 9

Análise da categoria “Experiência com as atividades”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Etapas preferidas	Gerar imagens com IA	“a parte da pesquisa que eu gostei mais” (A006), “foi a parte de gerar imagens” (A013)	3
	Expressão do conhecimento com analogia	“gostei mais da parte da analogia” (A008), “gostei bastante de desenvolver essa parte da analogia” (A021)	3
Desafios com IA	Procura na IA	“os conceitos ...foi mais difícil” (A007), “foi escolher as palavras certas para aparecer as imagens certas” (A008), “foi encontrar palavras...que eu	4

Desafios com analogia		achasse que relacionavam com ligação química" (A019)	
	Escolher da imagem	"Foi escolher...foi muito mais difícil para mim escolher do que fazer a pesquisa" (A021)	2
	Criar analogia	"Criar a analogia entre a imagem e o próprio conceito." (A007)	1
	Comunicar	"comunicar à turma" (A006)	1
	Expressar conhecimento	"explicar foi mais complicado" (A019), "foi mais difícil para mim expressar-me" (A021)	4
Avaliação geral	Positivo	"Eu gostei da atividade" (A013), "Gostei bastante" (A021)	6
	Negativo	-	0

Tabela 10

Análise da categoria "Impacto das atividades na aprendizagem".

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Consolidação de conhecimentos com arte gráfica	Positivo	"Bastante" (A007), "Sim...acho que as cores foi o que me ajudou mais." (A008)	5
	Negativo	"acho que não" (A019)	1
Consolidação de conhecimentos com atividades	Positivo	"ajudou bastante" (A007), "acho que sim, trazermos essas 2 coisas juntas...fica uma ideia gira...de perceber" (A019), "Sim...através da arte também é muito mais fácil de perceber" (A021)	6
	Negativo	-	0

Tabela 11

Análise da categoria “Impacto das atividades na expressão do conhecimento”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Impacto da Inteligência artificial	Positivo	“Apesar de não gostar da arte gráfica, acho que sim” (A013), “eu acho que sim...depois de ter aquela imagem...ao explicar fiquei a entender melhor” (A021)	6
	Negativo	-	0
Impacto da analogia	Positivo	“Sim, sim” (A006), “Sim bastante...ajudou bastante a explicar aquilo que eu vi naquela imagem” (A007), “Sim ajudou...ajuda a ser muito mais fácil apresentar” (A008)	6
	Negativo	-	0

Tabela 12

Análise da categoria “Motivação para o estudo da Química”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Com atividades	Positivo	“Sim” (A006), “de certa forma sim” (A008)	4
	Neutro	“Um bocadito, talvez.” (A013)	1
	Negativo	“para o estudo da química não sei... para química não sei se tanto” (A021)	1
Com utilização da IA	Positivo	“Acho que sim, acho que me iria ajudar bastante” (A007), “Sim bastante (A021)	5
	Neutro	-	0

Com utilização da analogia	Negativo	“não sei se preciso muito da inteligência artificial” (A019)	1
	Positivo	“Acho que sim” (A008), “Siiiiim, muito” (A021)	3
	Neutro	“Talvez...talvez” (A013), “Não muito, mas um pouquinho” (A006)	2
	Negativo	-	0

NOTA: Por lapso, não se questionou o Aluno 019 quanto à motivação com a utilização de analogias.

Tabela 13

Análise da categoria “Perspetivas futuras”.

Subcategoria	Níveis	Exemplos de respostas	FA
Uso futuro de IA	Positivo	“acho que vou usar para outros trabalhos” (A008), “Sim!...acho que vai ser bastante útil” (A021)	6
	Negativo	-	0
Uso futuro de analogias	Positivo	“Sim, espero utilizá-las bastante” (A007), “Sim...é mais fácil comparar com uma coisa do dia a dia” (A019)	5
	Negativo	“Talvez não” (A013)	1