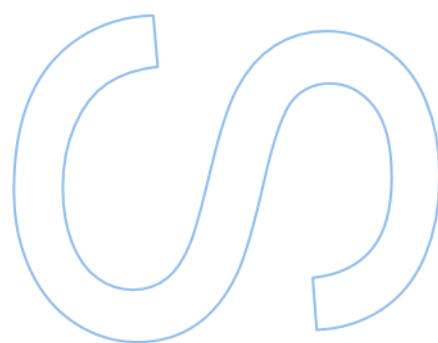
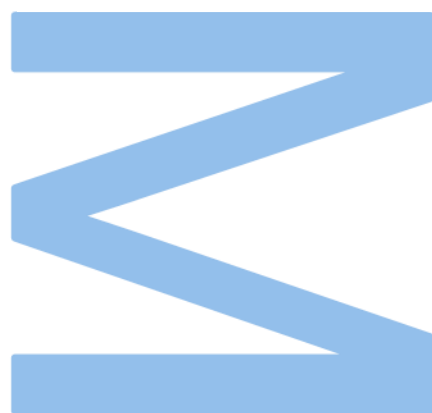


Recursos digitais para as representações esquemáticas no estudo da ligação química com alunos do 10.º ano



Filipe João Pinto da Costa

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

Unidade de Ensino das Ciências

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2024



Recursos digitais para as representações esquemáticas no estudo da ligação química com alunos do 10.º ano

Filipe João Pinto da Costa

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

Unidade de Ensino das Ciências
2024

Orientadora

Carla Susana Lopes Morais, Professora Auxiliar com Agregação,
Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto



“Deus é Amor, quem permanece no Amor permanece em Deus e Deus permanece nele”

1Jo: 4,16 – 18

Agradecimentos

A toda a camada docente, que me acompanhou neste caminho, que se iniciou, quando ainda andava no 4.º ano, pois este foi difícil e exigiu de todos grande sensibilidade e compreensão. O vosso gesto não será esquecido, pelo contrário será repartido pelos meus futuros alunos.

Às amizades que tive a graça de desenvolver e que se mostraram disponíveis para me escutar mesmo em tempos difíceis.

À minha mãe, que me educou enquanto conseguiu e a Deus, que por ação do Espírito Santo enviado por nosso Senhor Jesus Cristo, me continuou a educar desde então.

Resumo

Este relatório de estágio foi realizado no âmbito da Iniciação à Prática Profissional ao abrigo do Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, e diz respeito a uma investigação em Química Educacional subordinada ao tema das ligações químicas.

Pretendeu-se com esta investigação detetar as dificuldades conceptuais e representacionais que alunos do 10.º ano tenham trazido do ano anterior. A intervenção pedagógica consistiu numa aula de 100 minutos em que para a leção do tema se utilizaram representações digitais para a distinção dos três tipos de ligações químicas.

Os participantes do presente estudo são os 27 alunos de uma turma do 10.º ano da Escola Secundária João Gonçalves Zarco. A investigação realizada foi de cariz qualitativo e como instrumento de recolha de dados foi usada uma ficha de diagnóstico, como pré-teste. Após a intervenção avaliou-se a superação dessas dificuldades recorrendo a uma nova aplicação da ficha de diagnóstico, como pós-teste, e a uma pergunta (4) de uma ficha de trabalho. Recolheu-se também, em formato de entrevista, a opinião dos alunos quanto aos recursos digitais utilizados e às dificuldades que tinham antes e após a leção do tema das ligações químicas.

Os resultados obtidos oferecem indicadores que mostram a ocorrência de melhorias significativas na realização da ficha diagnóstico pela segunda vez face à primeira, no entanto não foram superadas todas as dificuldades, mantendo-se ainda algumas das dificuldades relacionadas com a definição de conceitos e suas representações esquemáticas. Em geral, os alunos consideraram benéfico para as suas aprendizagens os recursos digitais utilizados e acrescentaram algumas sugestões de melhoria tanto para esses recursos como estratégias complementares para os mesmos como por exemplo representações menos confusas e texto a acompanhar as mesmas.

Palavras – chave: representações digitais; dificuldades; ligações químicas; décimo ano; intervenção pedagógica; investigação qualitativa; aprendizagem.

Abstract

This internship report was carried out as part of the Initiation to Professional Practice under the Master's programme in Teaching Physics and Chemistry in the 3rd Cycle of Basic Education and Secondary Education, and concerns an investigation in Educational Chemistry on the subject of chemical bonds.

The aim of this research was to detect the conceptual and representational difficulties that 10th grade students had brought back from the previous year. The pedagogical intervention consisted of a 100-minute lesson in which digital representations were used to distinguish between the three types of chemical bonds.

The participants in this study were 27 students from a 10th grade class at the João Gonçalves Zarco Secondary School. The research was qualitative in nature and a diagnostic form was used as a pre-test. After the intervention, the overcoming of these difficulties was assessed using a new application of the diagnostic form as a post-test and a question (4) from a worksheet. The students' opinions on the digital resources used and the difficulties they had before and after teaching the topic of chemical bonds were also collected in an interview format.

The results obtained show that there were significant improvements in carrying out the diagnostic worksheet for the second time compared to the first. However, not all the difficulties were overcome, and some of the difficulties related to defining concepts and their schematic representations remain. In general, the students considered the digital resources used to be beneficial to their learning and added some suggestions for improvement, both for these resources and complementary strategies for them, such as less confusing representations and text to accompany them.

Keywords: digital representations; difficulties; chemical bonds; tenth grade; pedagogical intervention; qualitative research; learning.

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Abreviaturas	ix
Introdução.....	1
Enquadramento do trabalho realizado na Iniciação à Prática Profissional.....	1
Enquadramento da investigação realizada no âmbito do relatório de estágio.....	1
Problema e objetivos da investigação	2
Organização e estrutura do relatório	3
1. Dossier de estágio: apresentação sintética.....	3
2. Enquadramento teórico.....	3
2.1. Enquadramento científico do tema ligação química.....	3
2.2. Enquadramento de investigação educacional do tema ligação química	6
3. Enquadramento didático-curricular	9
4. Ensaio investigativo em Educação em Química.....	10
4.1. Caracterização do estudo e metodologia usada.....	10
4.2. Descrição dos participantes.....	11
4.3. Descrição das estratégias de intervenção adotadas na investigação e material desenvolvido	11
4.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados.....	13
4.5. Considerações sobre a recolha e o tratamento dos dados	14
5. Apresentação e discussão dos resultados	15
6. Conclusões e implicações da investigação	31
6.1. Conclusões e considerações finais.....	31
6.2. Significância da investigação e suas implicações para a Educação em Química e em Ciências	32
7. Reflexão autocrítica e projetos futuros.....	33

Referências Bibliográficas	35
Anexos	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Objetivos de investigação e respetivos instrumentos de recolha de dados.	13
Tabela 2 – Estrutura de categorização da entrevista aos alunos	23

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Resultados das respostas dadas ao pré-teste.	16
Gráfico 2 – Resultados das respostas dadas ao pós-teste.	18
Gráfico 3 – Resultados das respostas dadas ao pré-teste e ao pós-teste.....	19
Gráfico 4 – Ganho de desempenho dos alunos no pós-teste face ao pré-teste.	20
Gráfico 5 – Resultados das respostas dadas à pergunta 4 da ficha de trabalho.	21

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter covalente (adaptado de: Hartanto, 2023)	12
Figura 2 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter metálico (fonte: NRJC, 2018)	12
Figura 3 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter iónico (adaptado de: Veerendra, 2017)	13
Figura 4 – Tempos em que ocorreram as diferentes fases da investigação	15
Figura 5 – Exemplo de uma resposta certa na pergunta 4 da ficha de trabalho.	22
Figura 6 – Exemplo de uma resposta errada na pergunta 4 da ficha de trabalho.....	22

Lista de Abreviaturas

AE	APRENDIZAGENS ESSENCIAIS
CTSA	CIÊNCIA TECNOLOGIA SOCIEDADE E AMBIENTE
EB	ENSINO BÁSICO
ES	ENSINO SECUNDÁRIO
ESJGZ	ESCOLA SECUNDÁRIA JOÃO GONÇALVES ZARCO
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
IPP	INICIAÇÃO À PRÁTICA PROFISSIONAL
MEFQEBES	MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA E DE QUÍMICA NO 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO E NO ENSINO SECUNDÁRIO
PPT	(MICROSOFT) POWERPOINT

Introdução

Enquadramento do trabalho realizado na Iniciação à Prática Profissional

Este documento é, no âmbito da Iniciação à Prática Profissional (IPP), o relatório da minha investigação em Química Educacional realizada numa turma do 10.º ano, na condição de professor estagiário na Escola Secundária João Gonçalves Zarco (ESJGZ), ao abrigo do Mestrado em Ensino da Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário (MEFQEBES) da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP).

É, indiscutível e facto, que a esmagadora maioria da lecionação da Física e da Química, ciências categorizadas como experimentais, veem os seus conceitos serem maioritariamente lecionados em sala de aula da mesma maneira como são lecionadas as disciplinas de Filosofia, Português, ou até mesmo a Matemática. Essa lecionação é predominantemente expositiva e por isso pouco enriquecida com metodologias ativas. Deste modo os alunos adquirem pouco contacto com o modo como os conhecimentos socialmente aceites são adquiridos criando problemas de carácter conceptual e epistemológico. Esse tipo de lecionação gera espaço a muitas lacunas e dificuldades, que os alunos tentam espontaneamente superar recorrendo às suas próprias concepções culminando em erroneidades/alternativas. Como nos dias de hoje é perceptível, que os alunos pertencem a uma geração tecnológica diferente daquela, que os alunos têm pertencido nas décadas anteriores, então as suas atenções e vontades veem-se imersas na tecnologia do seu tempo, neste caso baseada em *displays*. Posto isto é recomendável conciliar diferentes métodos de ensino, considerando as características de uma ciência experimental e os interesses dos alunos da geração vigente.

Enquadramento da investigação realizada no âmbito do relatório de estágio

Em particular o ensino da Química tem sido de um modo geral prejudicado pela lecionação predominantemente expositiva, uma vez que aborda conceitos relacionados

com o submicroscópico, para os quais os alunos não são familiarizados desde o seu início muito também devido a lacunas representacionais. Isto leva os alunos a não conseguirem distinguir os conceitos que lhes são lecionados levando-os ao desinteresse por este ramo da Ciência. Nesse sentido é desafiante em termos educacionais contrariar em simultâneo todas estas tendências do ensino, dificuldades na aprendizagem e erroneidades conceptuais muito cimentadas. O tema da ligação química, embora faça parte das Aprendizagens Essenciais (AE) do 10.º ano (DGE, 2018a), é primeiramente lecionado no nível de ensino anterior, 9.º (DGE, 2018b), assim, associada à regência realizada neste tema, está também uma investigação relacionada com o uso de recursos digitais para auxiliar a leção dos seus conteúdos. Esta investigação começa por avaliar as dificuldades que os alunos possam ter provenientes do nível de ensino anterior relativamente ao tema da ligação química e tem por objetivo verificar se essas foram eficazmente desfeitas devido a uma leção com recurso a imagens, vídeos e animações.

Não se pretende com esta pequena investigação alcançar uma solução/receita educativa, que funcione para sempre e em todos os casos, mas sim introduzir algo, que possa ser utilizado, por outros docentes em função das necessidades dos seus alunos.

Problema e objetivos da investigação

O problema diz respeito às dificuldades, quer a nível conceptual, quer representacional, que os alunos do 10.º ano possam ter quanto ao tema da ligação química.

Um dos objetivos é diagnosticar dificuldades relacionadas com o entendimento dos conceitos de ligação química covalente, metálica e iónica, em particular, no que respeita ao uso de representações esquemáticas das referidas ligações químicas e averiguar a superação das mesmas. Outro objetivo é o de conhecer na opinião dos mesmos alunos sobre o contributo dos recursos digitais utilizados para a sua aprendizagem acerca de ligação química.

Organização e estrutura do relatório

Este relatório começa por realizar um enquadramento científico do tema ligação química, mas também um enquadramento do mesmo na literatura de investigação educacional e no currículo do EB e ES. Segue-se uma caracterização do estudo, descrição sucinta dos participantes e estratégias adotadas na lecionação. Apresentam-se os instrumentos para recolha de dados e fazem-se considerações sobre o tratamento dos dados recolhidos. De seguida os resultados são apresentados e discutidos. Por fim levantam-se as conclusões da investigação, seu significado e relevância seguido de uma reflexão autocrítica e projetos futuros.

1. Dossier de estágio: apresentação sintética

Ao abrigo da Unidade Curricular de IPP foi elaborado um dossier de estágio onde constam todas as atividades letivas e não letivas realizadas na ESJGZ. Nesse dossier constam todos os planos de aula das regências realizadas, as caracterizações das turmas bem como da própria ESJGZ e as atividades. Este poderá ser consultado em

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=674498&pv_co_d=06aq8Xm0LeaQ

2. Enquadramento teórico

2.1. Enquadramento científico do tema ligação química

Os materiais têm propriedades que só podem ser minimamente explicadas se atendermos às ligações químicas que os seus constituintes estabelecem. Os constituintes fundamentais dos materiais são os átomos e sendo estes constituídos por núcleos carregados positivamente e nuvens carregadas negativamente então o núcleo de um átomo, na proximidade de outro, espontaneamente tende a atrair a nuvem eletrónica deste último e vice-versa estabelecendo um equilíbrio eletrostático estável

entre as forças com que ambos os núcleos atraem mutuamente as nuvens eletrônicas e as forças com que as cargas com o mesmo sinal se repelem. Este equilíbrio denomina-se de ligação química. É a ligação química que está na origem da formação de uma nova espécie química. No processo de formação da ligação química, i.e., no processo em que em determinadas condições os átomos se combinam para darem origem a uma nova espécie química ocorre libertação de energia denominada de entalpia de formação. Como ocorre libertação de energia então a nova espécie química é mais estável do que no caso de partida em que os átomos não se encontravam combinados. A energia de ligação é o valor específico de energia, que deve ser fornecida a uma dada combinação entre átomos para que o equilíbrio eletrostático nele existente, em determinadas condições, seja vencido. Convém ressaltar que o equilíbrio eletrostático responsável pela ligação química é na verdade um equilíbrio dinâmico em que as partículas envolvidas não se encontram em repouso, mas sim a oscilar em torno de uma posição de equilíbrio. À custa desse equilíbrio eletrostático é possível estabelecer que entre os núcleos dos átomos envolvidos numa ligação química existe uma dada distância média designada de comprimento da ligação. Outra maneira de encarar todo este sucedido é entender que os átomos se combinam de forma a alcançarem a configuração eletrônica mais estável. Esta estabilidade é atingida, quando um átomo se torna isoeletrônico com um gás nobre (Chang & Overby, 2017). Para formar uma ligação química os átomos interagem eletrostaticamente. As camadas mais exteriores das suas nuvens eletrônicas, onde se encontram os seus eletrões de valência, irão sofrer as consequências mais significativas dessa interação sendo destacáveis três tipos distintos muito embora haja situações intermédias entre eles. Assim as ligações químicas poderão ser consideradas de caráter covalente, metálico ou iónico consoante o grau de partilha de eletrões estabelecido entre as camadas de valência dos átomos envolvidos na ligação. Esse grau de partilha é ponderado pela carga dos núcleos, mas também pelo raio das nuvens eletrônicas.

As ligações covalentes ocorrem quando o equilíbrio eletrostático entre dois átomos implica a criação no espaço de uma região em que existe sobreposição de orbitais atômicas de valência dando origem a orbitais moleculares onde ocorre a partilha de até três pares de eletrões de valência nelas localizados: razão pela qual vulgarmente se denomina este tipo de partilha como partilha localizada. Normalmente essa ligação ocorre entre átomos de não metais, mas nem sempre. As ligações covalentes estão na origem das moléculas como a água, polímeros como o poliestireno e redes covalentes de átomos como acontece com o diamante e o grafeno. Os pares de eletrões de valência

compartilhados poderão sofrer iguais atrações por parte dos núcleos dos átomos se estes tiverem cargas iguais ou atrações desiguais se os núcleos dos átomos tiverem cargas diferentes, no primeiro caso as ligações denominam-se de covalentes apolares e no segundo caso de ligações covalentes polares, mas em ambos os casos são essas forças atrativas que mantêm os átomos ligados (Chang & Overby, 2017). Estas ligações estão por isso na origem de um conjunto de propriedades muito vasto e não apenas de um leque bem definido como acontece com os outros dois tipos de ligação.

As ligações metálicas ocorrem quando o equilíbrio eletrostático entre dois ou mais átomos os leva a uma aproximação espacial tão elevada entre eles que os níveis de energia de cada átomo são afetados pelos átomos restantes, isso faz com que a sobreposição de orbitais atômicas de valência origine neste caso orbitais moleculares com valores de energia muito próximos entre si ao ponto dos seus conjuntos poderem ser descritos como bandas. Às orbitais de valência sobrepostas, muito próximas entre si e que se encontram preenchidas de eletrões podemos denominar de banda de valência enquanto as que se encontram vazias de eletrões se denominam de banda de condução sendo esta adjacente à banda de valência (Chang & Overby, 2017). Pode-se, portanto, imaginar um cristal metálico como iões ou cernes positivos imersos num mar de eletrões de valência deslocalizados: esta interpretação segundo bandas ajuda a explicar o porquê de os eletrões possuírem tanta facilidade em se deslocar de cerne para cerne na banda de condução e dessa forma também explicar muitas das propriedades dos metais como por exemplo o brilho, ductilidade, maleabilidade, condutividade elétrica, elevados pontos de fusão e ebulição e elevadas densidades. Por isso é comum na literatura caracterizar-se este tipo de partilha de eletrões de valência como deslocalizada.

Quando se aproximam dois ou mais átomos em que a maior diferença de eletronegatividades possível é acentuada (≥ 2), os átomos que possuem eletronegatividade mais baixa cedem os seus eletrões de valência aos átomos com eletronegatividade mais elevada formando assim redes de iões, que se atraem eletrostaticamente estabelecendo-se assim as ligações iónicas. Estas ligações também ocorrem entre iões moleculares e não apenas vulgarmente entre átomos de metais e átomos de não metais. Isto ajuda a explicar muitas das suas propriedades como serem quebradiços, elevados pontos de fusão e de ebulição, mas também o facto de conduzirem a corrente elétrica, quando se encontram em fase líquida. As suas estruturas em redes de iões levam a diferentes empacotamentos/distribuições espaciais

o que explica as suas diferentes, mas consideráveis densidades. (Chang & Overby, 2017).

Os eletrões de valência são simbolizados por um sistema de pontos denominado de notação de Lewis. Esta notação é a mais vulgarmente usada para representar as ligações covalentes embora em certos manuais também apareça associada à ligação iónica, ou seja nos manuais didáticos, tanto escolares como de ensino superior é frequente não apresentarem representações distintas para os diferentes tipos de ligações químicas restringindo-se à notação de Lewis. Para além disso esta representação é a única que é apresentada como exequível para os alunos sendo por isso a que é utilizada por estes para representarem não apenas as ligações covalentes, mas todas as restantes devido à sua simplicidade (Becker et al, 2022). É notório nesses manuais, que os três tipos de ligação química são negligenciados quanto a representações que vincadamente os distingam e que sejam de fácil interpretação e reprodução por parte dos alunos em qualquer ciclo de estudos em que as ligações químicas aparecem nos seus currículos. É, no entanto, recomendável a notação de Lewis como introdução aos conteúdos das geometrias das moléculas ao abrigo do modelo de repulsão dos pares eletrónicos de valência.

2.2. Enquadramento de investigação educacional do tema ligação química

A ligação química é um tema que se desenvolve na interação entre os domínios macroscópico, submicroscópico, e representacional da Química (Johnstone, 1991) pelo que não é simples para quem leciona, tornar evidente para os alunos os seus conceitos, ainda menos para docentes em início da carreira (Coenders et al., 2022), por isso considera-se pertinente o uso de representações adequadas para melhor elucidar os alunos. Por outro lado, também não é igualmente simples para os alunos aprender este tema. É por isso fundamental que os docentes conheçam bem o tema, assim como este se enquadra no currículo e no percurso de aprendizagem dos alunos. Torna-se mais acessível o ensino e aprendizagem se os conceitos forem relacionados com aquilo que os alunos já aprenderam em anos anteriores. Como este tema foi abordado pela primeira vez no 9.º ano (DGE, 2018b) então torna-se pertinente, quando ele é reintroduzido no 10.º ano (DGE, 2018a), fazer um levantamento prévio das dificuldades que os alunos possam ter. É, neste tema, igualmente pertinente, que o docente tenha

os conhecimentos acerca das representações adequadas, tais como modelos, animações, simulações, ilustrações, etc, que tornem explícitos os conceitos e ajudem os alunos a estabelecer relações entre os níveis macro e micro e representacional dos conceitos (Coenders et al., 2022). Estas representações não apresentam apenas vantagens, mas também limitações e os docentes devem estar cientes de ambas. As representações só por si não constituem a realidade nem são válidas sempre e isso deve ser transmitido aos alunos. Segundo Coenders e seus coautores (2022) as ligações químicas devem ser introduzidas partindo do fenómeno de natureza eletrostática que lhes dizem respeito e que a ligação metálica deve ser compreendida antes da ligação iónica e só por fim a ligação covalente. Os mesmos autores são da opinião de que explicar as ligações químicas baseando-se na regra do octeto e utilizando linguagem antropomórfica conduz a concepções alternativas, os mesmos referem que a contextualização e exemplos da vida real contribuem para melhorar o ambiente de aprendizagem, a compreensão e cativa os alunos para a Química. Sobre as representações utilizadas na leção deste tema Coenders e coautores (2022) apoiam o uso de recursos digitais e referem que a sua vantagem assenta em usar representações de diferentes graus de complexidade. Para avaliar a estratégia de intervenção que o docente adotou este deve também saber como fazê-lo sendo uma forma eficaz a que envolve pedir aos alunos para fazerem as suas descrições e representações das diferentes ligações químicas.

É certo que a ligação química é dos temas mais centrais em Química tanto no ensino secundário como superior. Segundo Becker e colaboradores (2022) para que as representações utilizadas para as diferentes ligações químicas não se tornem repetitivas nem confusas estas devem ser muito distintas embora se baseiem em forças eletrostáticas. Uma das concepções alternativas muito comum neste tema é a ideia de que os compostos iónicos são apenas constituídos por um par de iões, ou seja, pensam-no como uma molécula em vez de uma estrutura de iões em rede. Ainda sobre os compostos iónicos outra concepção alternativa comum é restringir o seu conceito à cedência de eletrões ignorando completamente a atração eletrostática que daí resulta bem como a que existia antes dessa cedência ocorrer. Há também evidências de que os alunos não reconhecem a ligação entre iões poliatómicos como iónica após a leção deste tema o que também deve ser trabalhado. No que às ligações covalentes diz respeito os alunos ficam com a ideia errónea de que os átomos que participam neste tipo de ligação têm iguais tendências a compartilhar eletrões pois atendem apenas à notação de Lewis e não às interações eletrostáticas. Segundo os

mesmos autores outras ideias errôneas com que os alunos ficam é de que as ligações covalentes só são estabelecidas entre átomos não metálicos e de que ou são covalentes ou iônicas não existindo, portanto, nenhum contínuo entre ambas nem situações intermédias. Outra tendência que se deve reverter nos alunos durante e após a leção deste tema é que estes baseiam-se apenas na regra do octeto para explicar todas as ligações químicas ignorando o fenómeno de natureza eletrostática que o causa. Isto deve ser trabalhado de modo que a leção esteja assente no fenómeno físico que lhe dá origem e não tanto em regras para facilitarem a compreensão de conceitos. Relativamente às ligações metálicas as concepções alternativas mais comuns dizem respeito a assumir que nos metais a maleabilidade se deve apenas ao rearranjo estrutural e que a sua condutividade elétrica se deve à existência de iões positivos e negativos. Há, no entanto, poucos estudos que abordaram as impressões e *feedback* que os alunos possam ter acerca dos modelos e representações das ligações químicas (Becker et al, 2022).

Lecionar as ligações químicas partindo do fenómeno físico baseado em forças eletrostáticas é particularmente desafiante visto não haver analogias no quotidiano em que as forças atrativas e repulsivas atuam em simultâneo (Levy & Zohar, 2019). Os autores Levy e Zohar (2019) realizaram um estudo em que usam uma aplicação digital que desenvolveram para introduzir o tema das ligações químicas como um equilíbrio dinâmico entre forças atrativas e repulsivas para assim explicar o fenómeno físico intrínseco a todas as ligações químicas, aliás eles consideram que esta abordagem para introduzir o tema é a mais indicada, pois nem é demasiado difícil nem demasiado simples. Os mesmos autores referem que pode ser contraintuitivo entender como o equilíbrio dinâmico entre forças eletrostáticas opostas pode ser estável. Essa aplicação digital é um simulador computacional, que segundo os mesmos autores é a representação adequada para este tipo de fenómeno. Nesse simulador o aluno faz um átomo interagir com outro átomo e em simultâneo é automaticamente traçado o gráfico da curva de energia potencial química entre os dois átomos. Esta aplicação não só evitou que os alunos desenvolvessem com base nas suas imaginações as representações que explicam os fenómenos de natureza eletrostática subjacentes às ligações químicas conduzindo assim a concepções alternativas como também os ajudou a construir um modelo mental de ligação química com base no equilíbrio dinâmico entre forças atrativas e repulsivas e a entenderem o conceito associado à energia de ligação. Na verdade, antes da intervenção feita com a aplicação a maioria dos alunos desconhecia a existência de forças repulsivas entre átomos, pois entendiam que a

ligação química era alcançada quando os átomos ligados se encontravam em repouso. O estudo foi realizado com 21 estudantes do ES de Química de duas escolas secundárias rurais na periferia de Israel. A população estudantil dessas escolas era homogénea de nível socioeconómico médio a alto e com média de idades de 15,9 anos. Antes do estudo ser realizado já os alunos tinham aprendido ligação química com base na regra do octeto. Realizaram-se entrevistas pré e pós-teste sendo a pós-teste após a intervenção da aplicação, com as mesmas questões da pré e com questões adicionais relacionadas com o uso da aplicação. O resultado da entrevista pré-teste não foi homogéneo e os alunos explicaram as ligações químicas com modelos mentais de átomos em repouso tendo estes somente o objetivo de completar o octeto, esta entrevista também teve como resultado que o raciocínio em termos energéticos feito pelos alunos associado às ligações químicas se baseava em afirmações memorizadas, confusas e não na compreensão. Na entrevista pós-teste os alunos explicaram eficazmente as ligações químicas com base no modelo mental em que a aplicação se baseou. Portanto após a intervenção o modelo mental mudou.

3. Enquadramento didático-curricular

O estudo realizado no presente relatório relaciona-se com as seguintes AE de 10.º ano:

“Compreender que a formação de ligações químicas é um processo que aumenta a estabilidade de um sistema de dois ou mais átomos, interpretando-a em termos de forças de atração e de repulsão no sistema núcleos-eletrões.

Interpretar os gráficos de energia em função da distância internuclear de moléculas diatómicas.

Distinguir, recorrendo a exemplos, os vários tipos de ligação química: covalente, iónica e metálica.

Explicar a ligação covalente com base no modelo de Lewis.

Representar, com base na regra do octeto, as fórmulas de estrutura de Lewis de algumas moléculas, interpretando a ocorrência de ligações covalentes simples, duplas ou triplas”. (DGE, 2018a, pp.9-10)

Tendo como conhecimentos prévios as seguintes AE de 9.º ano:

“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”. (DGE, 2018b, p.9)

Como é possível verificar, o tema da ligação química é introduzido no 9.º ano sendo este um pormenor a ter em consideração para a lecionação do mesmo tema no ano seguinte. No que às AE de 10.º ano dizem respeito também é possível verificar que estas dão maior ênfase às ligações químicas de carácter covalente e às notações de Lewis.

4. Ensaio investigativo em Educação em Química

4.1. Caracterização do estudo e metodologia usada

Trata-se de uma investigação qualitativa, de modo particular, um estudo de caso com a turma em questão. Uma vantagem da metodologia qualitativa de investigação é de que esta se destaca pela descrição, a indução, a teoria fundamentada e pelo estudo das perceções pessoais sendo por isso indicada para o estudo de questões educacionais (Bilken & Bodgan, 1991). A pertinência da escolha desta metodologia deve-se ao facto de que em Educação os dados recolhidos podem conter muitos detalhes particularmente relevantes para os objetivos da investigação. Estes, não contemplam variáveis nem a sua operacionalização, mas não deixam de se aplicar ao estudo de "...fenómenos em toda a sua complexidade e em contexto natural" (Bilken & Bodgan, 1991, p.16). Esta metodologia permite que se formulem questões concretas à medida que se recolhem os dados e não tem como alvo responder a "...questões prévias ou de testar hipóteses" (Bilken & Bodgan, 1991, p.16), mas sim compreender comportamentos e atitudes através da perspetiva dos sujeitos da investigação, que na atual são os alunos. Uma estratégia muito utilizada nesta metodologia é a entrevista (anexo 1). Esta deve ser flexível e de natureza exploratória, deve conter perguntas abertas e projetadas

para que o sujeito entrevistado tenha oportunidade de conversar e partilhar detalhada e imparcialmente as suas experiências particulares (Whyte, 2005). Outra vantagem é o facto de esta metodologia permitir planear a investigação e ajustar esse plano e suas decisões à medida que esta vai decorrendo, pois não se parte de preconceitos, mas visam-se eliminá-los à medida que se conhece o ambiente e as suas fontes de dados (Bilken & Bodgan, 1991). No entanto, tal não dispensa que para investigar se tenham ideias com agenda própria e objetivos claros.

4.2. Descrição dos participantes

Os participantes são 27 alunos da disciplina de Física e Química A de uma turma do 10.º ano do ES da escola já mencionada. A média de idades é de 14,7. Apenas 6 alunos são do sexo masculino.

4.3. Descrição das estratégias de intervenção adotadas na investigação e material desenvolvido

Para trabalhar as dificuldades, não só conceptuais, mas também representacionais dos alunos relacionadas com o tema da ligação química foram selecionados, adaptados e integrados recursos digitais num powerpoint (PPT) (ver anexo 2) sendo que estes incluem recursos em formato vídeo, simulações computacionais, animações e imagens contendo representações 2D e 3D para os diferentes tipos de ligações químicas. Esse PPT foi usado para a leção da primeira aula sobre o tema com duração de 100 minutos. Para além dos recursos digitais foram também usados contextos de materiais vulgarmente conhecidos e suas propriedades como por exemplo a dureza do diamante, a maleabilidade de um fio de cobre e o razoável ponto de fusão do sal de cozinha para explicar as propriedades desses materiais com base nos diferentes tipos de ligações químicas. Foi, portanto, feita com base em representações adequadas uma abordagem macro micro macro para a leção de cada tipo de ligação química: iniciava-se a leção partindo de materiais do quotidiano, seguido do tipo de ligação química que lhe diz respeito e por fim com base nesse tipo de ligação química explicar a que se devem as suas propriedades. Adicionalmente, foi dada grande ênfase às diferentes

representações que podem ser feitas para os diferentes tipos de ligações químicas de como são exemplo as figuras 1 (adaptado de: Hartanto, 2024) , 2 (fonte: NRJC, 2018) e 3 (adaptado de: Veerendra, 2017) para assim os alunos terem um modelo mental distinto, descritivo e de fácil representação autónoma. A ênfase que também foi dada ao contexto material de partida e de chegada foi para os alunos perceberem a importância e centralidade deste tema na vida real com a qual interagem a todo o momento, tentando assim cativar os alunos como defendem Coenders e coautores (2022).

Figura 1 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter covalente (adaptado de: Hartanto, 2023)

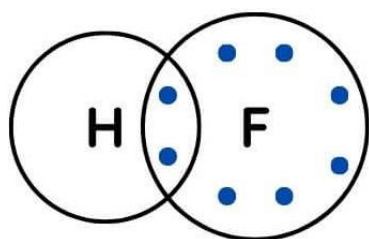


Figura 2 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter metálico (fonte: NRJC, 2018)

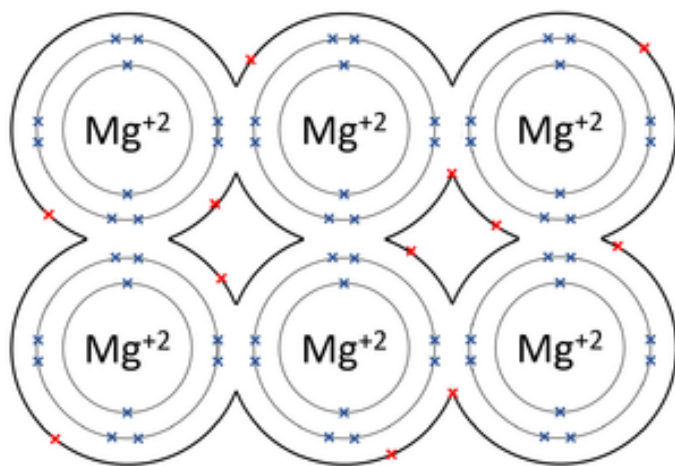
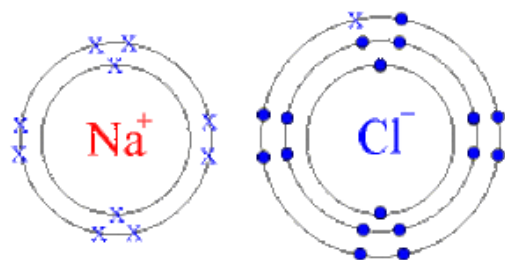


Figura 3 – Exemplo de uma representação de uma ligação química de carácter iónico (adaptado de: Veerendra, 2017)



4.4. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Foi desenvolvida uma ficha de diagnóstico (ver anexo 3), que os alunos realizaram antes da leção do tema, doravante designada de pré-teste. Este pré-teste era constituído por nove perguntas acerca dos conceitos relacionados com as ligações químicas sendo que duas eram de escolha múltipla e sete de resposta aberta. Após a intervenção foi realizada uma ficha de trabalho (ver anexo 4) na qual uma das suas questões solicitava aos alunos que realizassem representações de três espécies químicas cada uma correspondente a um tipo de ligação química distinto, doravante designada por pergunta 4 da ficha de trabalho. Após a intervenção, foi realizada, novamente a mesma ficha de diagnóstico, doravante designada de pós-teste. Também foi realizada uma entrevista após a intervenção em que através da formulação de questões (ver anexo 1) se pretendia que os participantes revelassem quais teriam sido as suas maiores dificuldades durante o pré-teste e melhorias durante o pós-teste bem como uma opinião acerca das representações digitais utilizadas na intervenção.

Na tabela 1 apresenta-se uma sistematização em função dos objetivos da investigação, de quais os instrumentos utilizados para recolher os dados.

Tabela 1 – Objetivos de investigação e respetivos instrumentos de recolha de dados.

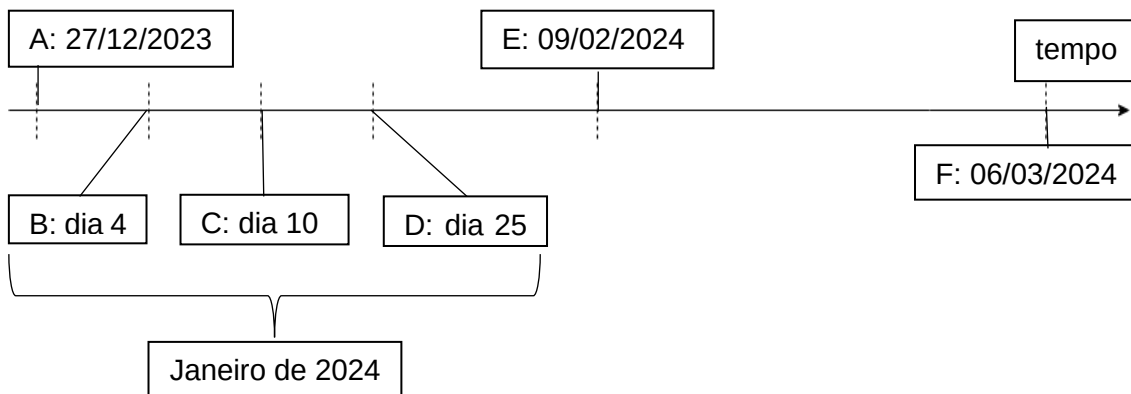
Objetivos de investigação	Instrumentos de recolha de dados
Diagnosticar dificuldades relacionadas com o entendimento dos conceitos de ligação química covalente, metálica e iónica, em particular, no que respeita ao uso de representações esquemáticas das	Ficha de diagnóstico (pré-teste e pós-teste)

referidas ligações químicas	Entrevista aos alunos
Averiguar a superação de dificuldades relacionadas com o entendimento das ligações químicas e suas representações	Ficha de diagnóstico (pós-teste) Entrevista aos alunos Ficha de trabalho (pergunta 4)
Conhecer na opinião de alunos o contributo dos recursos digitais utilizados para a sua aprendizagem acerca de ligação química	Entrevista aos alunos

4.5. Considerações sobre a recolha e o tratamento dos dados

Para uma melhor perceção deste tópico segue a figura 4 onde se apresenta um diagrama para as diferentes fases da investigação. O pré-teste foi disponibilizado aos alunos através da plataforma da turma denominada de *google classroom* uma semana antes da intervenção (A). As respostas ao pré-teste foram submetidas na mesma plataforma maioritariamente no dia que precedeu a intervenção. A intervenção consistiu numa aula teórica de 100 minutos em que se usaram as representações digitais (B). A ficha de trabalho, que continha a pergunta 4, foi realizada uma semana após a intervenção e submetida no mesmo dia pelos alunos na mesma plataforma (C). O pós-teste foi publicado duas semanas após a intervenção e respondido no mesmo dia na referida plataforma (D). As entrevistas foram realizadas em formato presencial um mês após a intervenção a 4 alunos (E) e o 5.º aluno foi entrevistado 2 meses após a intervenção (F). Para o tratamento dos dados e resultados recorreu-se a análise estatística descritiva e a análise de conteúdo (Bardin, 2002).

Figura 4 – Tempos em que ocorreram as diferentes fases da investigação



5. Apresentação e discussão dos resultados

Nesta secção irão ser apresentados e discutidos os resultados do pré-teste, pós-teste, ficha de trabalho (pergunta 4) e das entrevistas realizadas aos alunos.

Realizaram o pré-teste um total de 21 alunos da turma. Para o pós-teste obtiveram-se respostas de 18 participantes. Na pergunta 4 da ficha de trabalho foram obtidas 19 respostas.

Todas as respostas dadas pelos alunos foram classificadas como certas ou erradas e a sua análise foi estudada numa folha de cálculo a fim de perceber as diferenças de resultados entre o pré e pós-teste e a capacidade de representar os três tipos de ligações químicas.

O número total de alunos que fizeram tanto o pré como o pós-teste é 17. Sendo por isso comparáveis os resultados dos testes deste conjunto de estudantes.

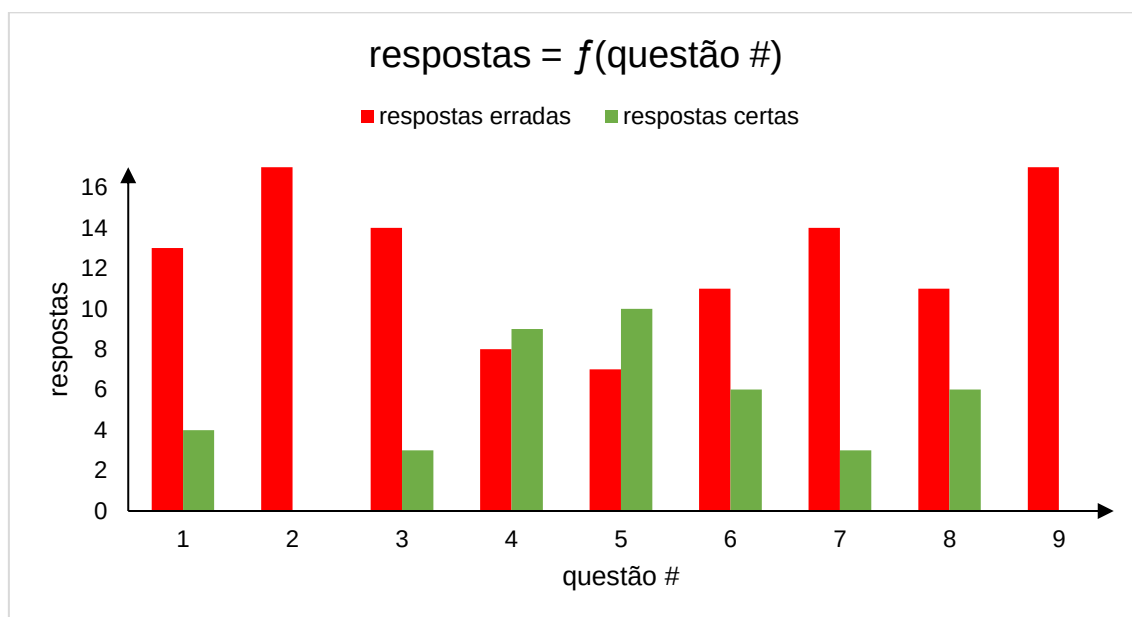
No entanto, o número total de alunos que fez o pré-teste, o pós-teste e a pergunta 4 da ficha de trabalho é 16.

A análise estatística descritiva feita aos resultados obtidos é de carácter preliminar e exploratório, tendo importância para o presente estudo, mas não para o aproveitamento curricular dos alunos.

Pré-teste

Dos 21 alunos que responderam, os resultados dos 17 alunos que também fizeram o pós-teste são demonstrados no gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultados das respostas dadas ao pré-teste.



É notória a prevalência de respostas erradas: ocorreu um número bastante mais acentuado de respostas erradas (assinaladas a vermelho) do que de respostas certas (assinaladas a verde). Percebe-se que a questão 2 relacionada com as representações das ligações químicas e a questão 9 relacionada com a condutividade elétrica de substâncias iónicas no estado líquido não tiveram qualquer resposta certa.

Apenas a questão 4 relacionada com o tipo de substâncias originadas pelas ligações iónicas e a questão 5 que solicitava exemplos de compostos iónicos, tiveram mais respostas certas do que respostas erradas.

A questão 1, que solicitava a definição de ligação iónica e a questão 3 relacionada com a representação das etapas de formação desse tipo de ligação tiveram um número de respostas erradas muito significativo. O mesmo sucedeu com as questões 6, 7 e 8 em que a questão 6 é referente à classificação das substâncias referidas na questão 5, a

questão 7 está relacionada com fórmulas químicas de compostos iónicos, que por sua vez haviam sido dadas por extenso na questão 5, e a questão 8 diz respeito à representação tridimensional de um composto iónico.

É perceptível neste pré-teste a existência de muitas dificuldades a nível conceptual devido às respostas erradas dadas pelos alunos às questões dessa tipologia, sendo elas a 1, 6, 7 e 9.

Também se percebem neste pré-teste a existência de muitas dificuldades a nível representacional através das repostas erradas dadas pelos alunos às questões desse cariz sendo elas a 2, 3 e 8.

Estes resultados e dificuldades sugerem a pertinência e a necessidade da intervenção nos moldes em que esta foi feita, pois os alunos evidenciaram não terem estabelecidas relações entre os níveis macro e micro relacionados com este tema e a intervenção foi nesse sentido através das representações e abordagens CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente) utilizadas tal como sugere Coenders e seus coautores (2022).

Estes resultados também sugerem segundo Coenders e seus colaboradores (2022), que o ensino e aprendizagem deste tema não será fácil para esta turma, uma vez que os alunos têm pouco presentes os conceitos com ele relacionados, que por sua vez foram, ou deveriam ter sido, lecionados no ano anterior.

Tudo isto dá suporte à conveniência da realização deste pré-teste, a fim de melhor se estruturar a intervenção tal como sugere Coenders e coautores (2022).

Pós-teste

Dos 18 alunos que responderam, os resultados dos 17 alunos que também fizeram o pré-teste são demonstrados no gráfico 2.

Gráfico 2 – Resultados das respostas dadas ao pós-teste.



É evidente uma melhoria geral: o pós-teste tem um número de respostas certas maior do que o número de respostas certas obtidas no pré-teste. Desta vez para além das questões 4 e 5 que por sua vez tiveram um aumento de respostas certas face ao pré-teste, também as questões 3 e 8 tiveram mais respostas certas do que respostas erradas sendo por isso sinal de melhoria.

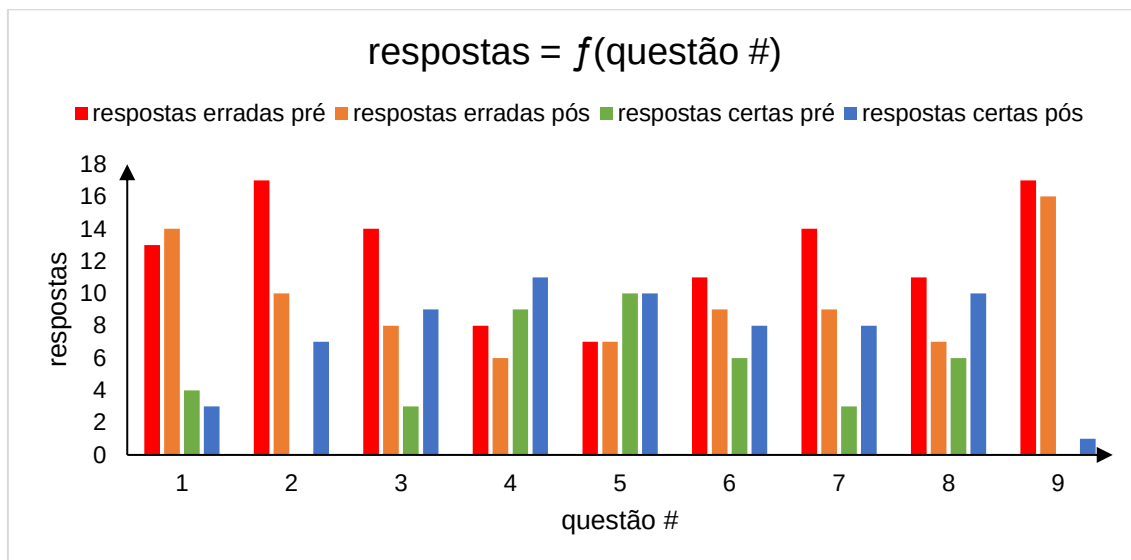
Também é evidente para as questões 2 e 9, que houve uma melhoria significativa: do pré para o pós-teste passou a haver respostas certas. Para a questão 7 e para a questão 6 o número de respostas certas face às erradas também apresenta uma melhoria em relação ao pré-teste. Apenas o resultado da questão 1 se manteve quase igual face ao pré-teste.

No entanto, a existência e prevalência de respostas erradas dadas pelos alunos às questões 1, 6, 7 e 9 revelam que as dificuldades a nível conceptual não foram superadas embora se encontrem desta vez menos longe de o serem.

Também se percebem neste pós-teste a não superação de todas as dificuldades a nível representacional através da existência de repostas erradas dadas pelos alunos às questões dessa tipologia sendo elas a 2, 3 e 8.

Combinando os resultados de ambos os testes temos o gráfico 3:

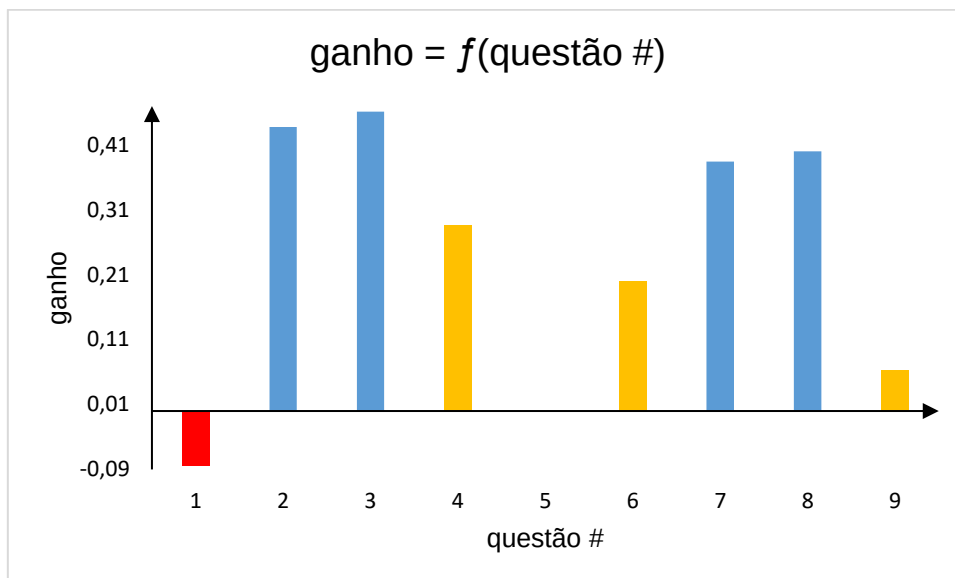
Gráfico 3 – Resultados das respostas dadas ao pré-teste e ao pós-teste.



Este gráfico torna explícito que do pré para o pós-teste houve de um modo geral um decréscimo das respostas erradas e um aumento das respostas certas. No entanto as questões em que no pós-teste o número de respostas erradas continua a superar o número de respostas certas são: 1, 2, 6, 7 e 9. Por isso estas foram relevadas para análise em entrevista.

Apresenta-se também o seguinte gráfico para se perceber quantitativamente para todas as questões, quais foram os ganhos de desempenho (Hake, 1998) dos alunos no pós-teste face ao pré-teste:

Gráfico 4 – Ganho de desempenho dos alunos no pós-teste face ao pré-teste.



O ganho de desempenho, g , em cada questão é calculado com recurso às classificações expressas em percentagem fazendo o quociente entre o ganho médio real, gmr , que é o resultado, que se obtém através da diferença de classificações obtidas no pós-teste, $\%pós$, e no pré-teste, $\%pré$, e o ganho médio possível, gmp , que é o resultado que se obtém através da diferença entre 100 e a classificação obtida no pré-teste como mostram as seguintes equações (Hake, 1998):

$$g = \frac{\text{ganho médio real}}{\text{ganho médio possível}} = \frac{gmr}{gmp} = \frac{\%pós - \%pré}{100 - \%pré}$$

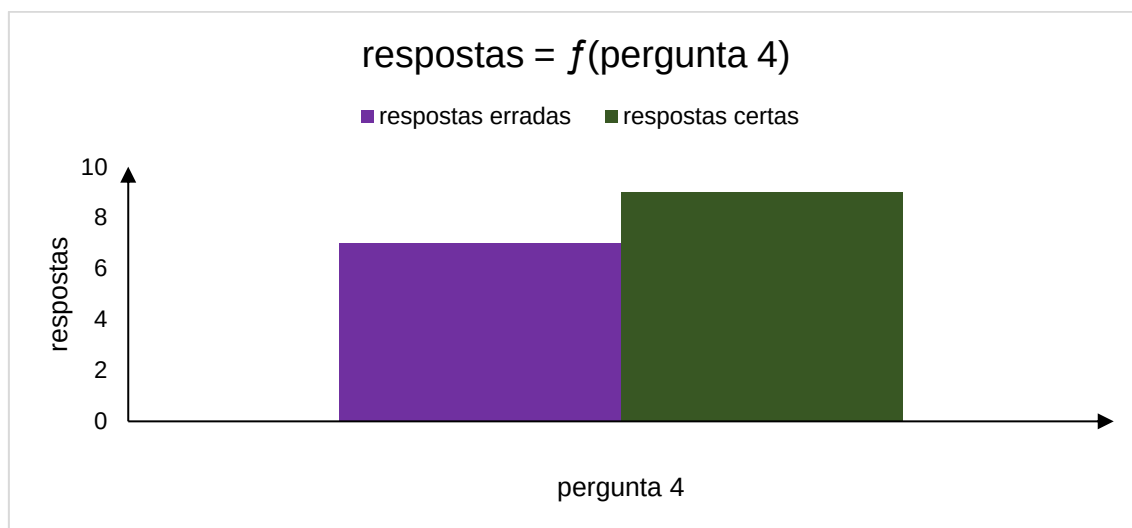
Segundo Hake (1998) o ganho de desempenho pode ser considerado elevado, quando este é superior ou igual a 0,7, razoável quando este é superior ou igual a 0,3 e inferior a 0,7 e baixo quando este é inferior a 0,3. Neste gráfico ficou legendado com cor azul as questões em que o ganho de desempenho foi razoável, a laranja as questões em que o ganho de desempenho foi baixo e a vermelho no caso em que houve perda de desempenho. Nas questões 2, 3, 7 e 8, o ganho de desempenho face ao pré-teste pode ser considerado como razoável (Hake, 1998), ou seja, foram as questões de natureza representacional 2, 3 e 8 que tiveram maior ganho de desempenho, uma vez que a intervenção incidiu mais insistentemente nas representações. Já as questões 4, 6 e 9 tiveram um ganho de desempenho baixo (Hake, 1998) sendo essas questões de natureza conceptual. Por outro lado, a questão 1 de natureza conceptual, devido à perda de uma resposta certa do pré para o pós-teste, teve perda de desempenho. Nenhum

ganho ou perda de desempenho ocorreu na questão 5 de natureza conceptual. Também não ocorreu do pré para o pós-teste nenhum ganho de desempenho que possa ser considerado elevado, i.e. superior ou igual, a 0,7 (Hake, 1998).

Ficha de trabalho – pergunta 4

A pergunta 4 da ficha de trabalho consistia em representar as ligações químicas existentes no dióxigénio, no alumínio e no fluoreto de cálcio. Pretendia-se com esta questão avaliar a capacidade de os alunos representarem ligações químicas após a intervenção, pois tal como refere Coenders e seus coautores (2022) esta é uma maneira de se avaliar a estratégia adotada na mesma. Apenas se consideraram como certas as respostas em que os alunos conseguiram representar os três tipos de ligações químicas. Dos 19 alunos que responderam apenas 16 realizaram o pré e pós-teste pelo que só serão considerados esse conjunto de alunos. O total das respostas certas e erradas é apresentado no gráfico 5:

Gráfico 5 – Resultados das respostas dadas à pergunta 4 da ficha de trabalho.



Existe um número de respostas certas superior ao número de respostas erradas pelo que a maioria destes 16 alunos souberam representar simultaneamente os três tipos de ligações químicas. O facto de haver mais respostas certas do que erradas nesta

pergunta sugere, segundo Becker e seus colaboradores (2022), que as representações adotadas na intervenção foram de um modo geral pouco confusas e distintas para estes 16 alunos.

Apresentam-se dois exemplos de respostas, uma certa (figura 5) e outra errada (figura 6):

Figura 5 – Exemplo de uma resposta certa na pergunta 4 da ficha de trabalho.

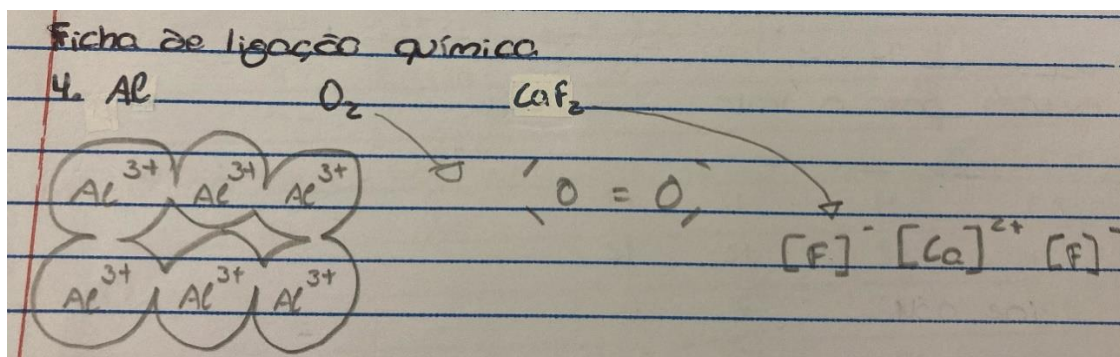
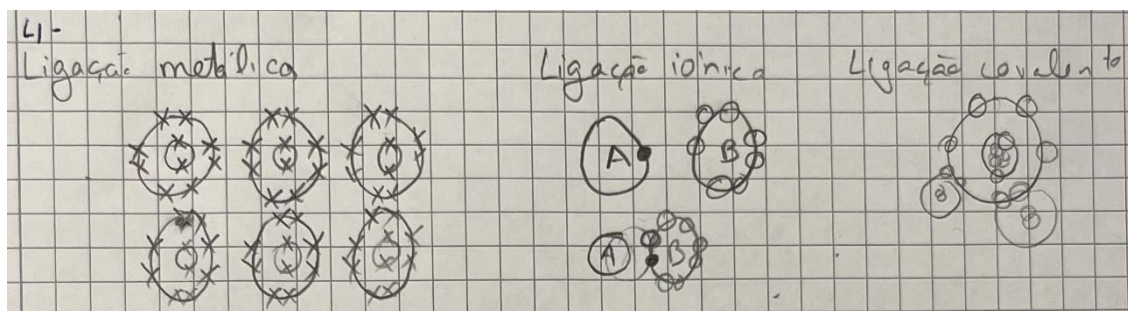


Figura 6 – Exemplo de uma resposta errada na pergunta 4 da ficha de trabalho.



Existe, portanto, a possibilidade de os recursos digitais usados na intervenção terem contribuído para o aproveitamento evidenciado pelos alunos após a mesma, em analogia com o sucedido no estudo, embora realizado com outros recursos digitais, de Levy e Zohar (2019).

Entrevistas realizadas aos alunos

Com base no guião da entrevista elaborado para os alunos (anexo 1) e atendendo aos problemas e objetivos desta investigação, projetou-se uma grelha de análise para as entrevistas, a partir da qual será estruturada a apresentação dos dados. Na tabela 5 apresentam-se as categorias e as subcategorias que constituem esta grelha de análise.

Tabela 2 – Estrutura de categorização da entrevista aos alunos

Categorias	Subcategorias	Descrição
A. Dificuldades prévias	A1. Conceitos A2. Representações	Lecionação em termos conceituais e representacionais do tema da ligação química no ano curricular anterior.
B. Dificuldades pós	B1. Conceitos B2. Representações	Dificuldades que ainda estão presentes após a intervenção: conceituais, representacionais, outras.
C. Representações dos tipos de ligação química		Contributo das representações digitais utilizadas.

Foram solicitados aos 16 alunos que participaram nas três recolhas de informação (pré-teste, pós-teste e ficha de trabalho – pergunta 4) a participação na entrevista, no entanto apenas cinco encarregados de educação consentiram (anexo 5) a participação dos seus educandos na mesma.

Para cada uma das categorias e subcategorias consideradas apresentam-se os dados obtidos dos 5 alunos entrevistados. As respostas e opiniões dos alunos será demonstrada através de citações e podem ser consultadas nos anexos de 6 a 10.

Enquanto as entrevistas eram realizadas, cada entrevistado tinha à sua frente no *display* de um computador o guião da mesma, bem como a ficha de diagnóstico, a pergunta 4

da ficha de trabalho e o PPT da intervenção que foram oportunamente exibidos, quando as questões que lhes eram feitas assim o exigiam.

A. Dificuldades prévias

Esta categoria pretende apurar se as dificuldades que os alunos tiveram em responder ao pré-teste se deveu ou não ao facto de o tema da ligação química não ter sido lecionado no ano curricular anterior.

No caso de este tema ter sido lecionado pretende-se também apurar quais foram as dificuldades que os alunos possam ter tido.

A1. Conceitos

Efetivamente algumas lacunas conceptuais foram evidenciadas no pré-teste.

Dois dos cinco alunos entrevistados revelaram que as suas dificuldades se deveram ao facto de no ano curricular anterior o tema da ligação química não ter sido lecionado:

“– Eu não dei isso, no 9.º ano não dei isso.” (Aluno, A1)

“– A maior dificuldade foi, de facto, [...] não ter sido lecionado [...] isso no ano anterior.” (Aluno, A2)

Também outras dificuldades foram evidenciadas por outros dois alunos tais como de memória:

“– Eu não me lembrava.” (Aluno, A3)

Outra dificuldade revelada por um aluno disse respeito a colocar em palavras suas as definições solicitadas:

“– eu acho que [...] é explicar por palavras minhas.” (Aluno, A4)

A2. Representações

As lacunas representacionais foram mais evidentes no pré-teste.

Dois dos cinco entrevistados revelaram que as dificuldades se deveram ao facto de no ano curricular anterior não terem sido dadas representações das ligações químicas:

- Um dos alunos revelou, embora sem ter a certeza, que tinha visto a representação dada na alínea c) da questão 2 da ficha de diagnóstico (anexo 3) e reafirmou que não lhe foi lecionado este tema no 9.º ano.

“– Só tinha visto... esta aqui.” (Aluno, A2)

“– A maior dificuldade que eu vi presente, para resolver o exercício, foi novamente de não ter sido lecionado isso no ano anterior.” (Aluno, A2)

- Outro aluno revelou não ter visto nenhuma das representações apresentadas na questão 2 da ficha de diagnóstico.

“– Esse tipo, não, não.” (Aluno, A4)

Outros dois alunos dos cinco entrevistados, embora já lhes tivessem sido fornecidas representações das ligações químicas no 9.º ano, estas não foram as mais adequadas:

- Um dos alunos revelou não fazer distinção entre as diferentes representações apresentadas na questão 2 da ficha diagnóstico.

“– Eu achava que queriam dizer quase todas a mesma coisa, só que eram com desenhos diferentes. Então não sabia qual era qual.” (Aluno, A3)

- Outro dos alunos entrevistados revelou não saber quais das representações se poderiam referir a uma ligação iónica.

“– Eu antes não sabia quais eram as iónicas, não tinha a certeza...” (Aluno, A5)

Ficou evidente que a maioria das dificuldades, quer conceptuais, quer representacionais esteve relacionada com a não lecionação deste tema no ano curricular anterior. Também é possível perceber que nos casos em que o tema foi lecionado não foram usadas representações adequadas tal como Coenders e seus coautores (2022) sugerem que se faça para a lecionação do tema criando assim dificuldades deste tipo. Uma possível explicação para as dificuldades conceptuais evidenciadas pelo aluno A4, será de que as ligações químicas não l_he foram lecionadas com base no fenómeno físico que l_hes dão origem como sugerem os autores Levy e Zohar (2019), Becker e seus coautores (2022) e Coenders e seus coautores (2022).

B. Dificuldades (pós)

Nesta categoria pretende-se apurar quais as dificuldades que ainda subsistiram após a intervenção sobre este tema. Serão analisadas as respostas, que os alunos deram à entrevista relacionada com as questões do pós-teste e com a pergunta 4 da ficha de trabalho.

B1. Conceitos

Após a intervenção existiram algumas dificuldades conceptuais remanescentes evidenciadas por três dos cinco alunos entrevistados:

- Um dos alunos entrevistados revelou não saber para a questão 9 da ficha de diagnóstico, que influência teria na condutividade elétrica de uma substância iónica os seus diferentes estados físicos.

“– Não sabia a diferença de estar no estado líquido ou nos outros estados.” (Aluno, A3)

- Outro aluno revelou não conseguir ainda definir ligação iónica (questão 1 da ficha de diagnóstico).

“– Eu acho que não consigo dar uma definição.” (Aluno, A2)

- O mesmo entrevistado revelou a propósito da questão 7 da ficha de diagnóstico que a sua maior dificuldade em indicar fórmulas químicas dos compostos iónicos se relacionava com as cargas dos iões.

“– [...] mas para escrever a fórmula química se eu tiver alguma dúvida, é mais quanto às cargas e não quanto a não saber identificar qual é o elemento.” (Aluno, A2)

- A propósito da questão 9 da ficha de diagnóstico outro aluno entrevistado explicou, que a sua maior dificuldade foi entender o como seria a condutividade elétrica de um composto iónico no estado líquido dado que para ele apenas os metais conduzem corrente elétrica.

“– É eu fiquei meio na dúvida, porque supostamente uma ligação iónica é entre um metal e um não metal. Os metais conduzem a eletricidade e os não metais não. Então a mistura, não sabia bem o que é que ia dar.” (Aluno, A1)

B2. Representações

Após a intervenção existiram algumas dificuldades relativamente às representações das ligações químicas presentes em quatro dos cinco alunos entrevistados e manifestadas tanto na pergunta 4 da ficha de trabalho como no pós-teste:

- Um dos alunos entrevistados revelou que as suas dificuldades se deviam a ter contactado com as representações das ligações químicas pela primeira vez durante a intervenção e por isso não tinha ainda o hábito de as representar.

“– Sim, eu nunca tinha feito antes.” (Aluno, A5)

- Outros dois alunos revelaram que as suas dificuldades foram mais acentuadas nos tipos de ligação iónica e metálica e menos na covalente.

“– A do O_2 foi a que eu tive mais facilidade em realizar. Quanto às outras, foi as que eu apresentei mais dificuldades. Porque também não me recordava. E ainda não tinha realizado um estudo.” (Aluno, A2)

“– Não depende. Depende, o O_2 eu sabia representar... os outros dois, nem por isso.” (Aluno, A1)

- O mesmo aluno revelou, no entanto, que na data da entrevista ainda tinha alguma dificuldade, mas desta vez somente quanto ao tipo de ligação iónica.

“– As metálicas e covalentes eu consigo fazer normalmente. As iónicas ainda tenho poucas dificuldades, mas melhor do que antes.” (Aluno, A1)

- Outro aluno revelou, que ainda tinha dificuldades em representar os três tipos de ligações químicas e que por isso se baseou nos apontamentos que tinha tirado da intervenção para o caderno para responder à pergunta 4 da ficha de trabalho.

“– Sim, eu fui ao caderno para os 3 para ver como é que se representava.” (Aluno, A3)

C. Representações dos tipos de ligação química

Nesta categoria pretende-se reunir as opiniões dos alunos acerca das representações digitais utilizadas na intervenção. Essas representações foram-lhes mostradas novamente durante a entrevista. Todos os alunos entrevistados consideraram, que em geral, foi benéfico para as suas aprendizagens o uso dessas representações. Tentou-se também apurar quais foram os benefícios que essas representações lhes trouxeram e sugestões de melhoria, as quais se apresentam de seguida:

- Dois alunos revelaram que as representações digitais tornaram mais perceptíveis os conteúdos associados ao tema, tal como sugerido por Coenders e seus colaboradores (2022).

“– Acho que ajudaram a perceber melhor o que é que acontecia.” (Aluno, A5)

“– Na parte das ligações iónicas, eu acho que as representações e simulações ajudaram-nos melhor a entender [...]” (Aluno, A2)

- Outro aluno revelou que apesar de não gostar de ilustrar, as representações digitais ativaram o mecanismo de aprendizagem, memória visual, que na sua opinião o auxiliou no estudo tanto representacional como conceptual.

“– Sim, isso ajudou imenso. Só não gostei de uma partezinha: não gosto de desenhar é só essa parte que é difícil para mim. Desenhar as coisas. Mas sim as representações ajudaram imenso... memória visual eu tenho memória visual e, por exemplo, a estudar, lembrava-me dessas imagens e conseguia perceber melhor.”

(Aluno, A1)

- Outro aluno entrevistado, quando lhe foram novamente mostradas as representações digitais revelou quais foram especificamente as que o auxiliaram (covalente e metálica) e quais as que teve mais dificuldade em perceber inicialmente (iónica). Este considera, que embora as representações utilizadas o tenham ajudado, estas se deviam fazer acompanhar de suporte textual para os restantes alunos conseguirem perceber na aula qual a ideia/mensagem conceptual que essas representações querem transmitir e assim lhes facilitar posteriormente o estudo.

“– Essa ajudou mais ou menos, sim, a da ligação metálica ajudou. A da ligação iónica já... ao início fez um bocado de confusão, mas depois já percebi mais ou menos. Acho que sim, mas se além de imagens podia ter, por exemplo, sei lá, frases a dizer mais ou menos resumidamente, o que é que se vai falar. Para ajudar a reter a matéria... sim textos, frases, mesmo curtinhas... exato porque senão normalmente os alunos só ficam com a noção da imagem e depois se tivesse alguma coisa escrita, talvez eles ainda fiquem com isso retido, isso ajude, depois no estudo.” (Aluno, A4)

- O mesmo entrevistado explicou a que se deveu essa dificuldade em perceber inicialmente as representações digitais utilizadas para as ligações iónicas, pois as considerou de certo modo próximas das que foram utilizadas para representar as ligações covalentes. Também fez questão de frisar, que os

modelos de representações adotados para introduzir e explicar as ligações metálicas lhe foram úteis, mas para as ligações covalentes achou serem complexos ao início, embora os tivesse entendido após a intervenção.

“– Faz lembrar mais ligações covalentes do que ligações iónicas. É esse tipo faz lembrar ligações metálicas. Esses dos eletrões deslocalizados sim, ajudou. Esse para as ligações covalentes no início parecia um bocado mais confuso. Mas depois já deu para entender melhor.” (Aluno, A4)

Estas respostas do aluno A4, ajudam a perceber tal como refere Coenders e seus coautores (2022), que as representações não são apenas vantajosas, mas que podem possuir limitações.

6. Conclusões e implicações da investigação

6.1. Conclusões e considerações finais

Foi possível concluir que os alunos têm dificuldades no que diz respeito à aprendizagem do tema das ligações químicas, essas dificuldades poderão decorrer da forma de ensino deste tema, tanto no ano corrente como no precedente. Por isso muito há para melhorar no seu ensino. A implementação de representações digitais foi apenas uma das muitas abordagens possíveis de melhoria no ensino deste tema e, a que foi de facto implementada na intervenção, também necessita de aperfeiçoamentos, alguns dos quais os alunos não deixaram de evidenciar em entrevista. Não é possível concluir se as melhorias tanto conceptuais como representacionais ocorridas do pré para o pós-teste se deveu à intervenção, ou se esta ajudou na aprendizagem dos alunos, pois embora alguns entrevistados sejam dessa opinião, o número de entrevistados não são todos os alunos, mas sim uma pequena parte (menos de $\frac{1}{5}$). Para além disso existem outros fatores a ter em consideração como por exemplo nem todos os alunos aprendem à mesma velocidade, nem têm essas aprendizagens facilitadas da mesma forma. Há evidências de que as representações digitais ativaram mecanismos de aprendizagem

nos alunos, mas tal não significa que todos possuam a mesma receptividade. As representações digitais podem facilitar a aprendizagem de alguns alunos, mas noutros pode ter o efeito oposto, por isso esta estratégia deve ser adotada com cautela e sentido crítico constante tendo previstas alternativas para uma lecionação mais plena como é o caso de analogias, textos, gráficos e até mesmo outros recursos digitais como é o caso de simuladores computacionais. Essas alternativas poderão ter de ser usadas de forma combinatória. As observações feitas pelos alunos nas entrevistas, foram construtivas e esclarecedoras. A opinião de que intervenção ganharia tendo suporte textual e de que os modelos representacionais devem ser ainda mais distintos deixam margem para melhorias. Aliás talvez o suporte textual evitasse muitas das dificuldades conceptuais evidenciadas pelos alunos no pós-teste e contribuísse para ganhos de desempenho a esse nível face ao pré-teste. Através das respostas recolhidas tanto nas entrevistas como à pergunta 4 da ficha de trabalho consegue-se perceber que alguns alunos ainda deram preferência às notações de Lewis para representar as ligações de carácter covalente devido à sua maior simplicidade, mas para representar os outros tipos de ligação química recorreram espontaneamente às representações que foram sugeridas na intervenção, embora com as nuances de que para a ligação de carácter iónico houve preferência em alguns casos de representá-la diretamente através da fórmula química dos iões deixando de parte as suas nuvens eletrónicas, o que também pode ser sinal de que essa poderá talvez ser uma melhoria para o próprio modelo representacional proposto na intervenção.

6.2. Significância da investigação e suas implicações para a Educação em Química e em Ciências

O tema das ligações químicas é de grande formalismo. Envolve o entendimento de interações eletrostáticas de um nível considerável para o ano curricular em que é introduzido, 9.º ano, mas também no ano curricular em que é explorado, 10.º ano. Este entendimento envolve grande maturação formal. Não será intuitivo abordar este tema recorrendo apenas a uma estratégia, nomeadamente se esta for de carácter exclusivamente textual. Qualificar e quantificar as interações eletrostáticas com recursos a diferentes estratégias digitais como um gráfico e representações é uma das estratégias possíveis e a que foi implementada. Foi dada relevância contextual aos materiais usados no quotidiano e ao longo da história para integrar essas interações o

que despertou a curiosidade nos alunos cativando-os (abordagem CTSA) tal como sugerido por Coenders e seus colaboradores (2022). Na literatura as concepções alternativas associadas a este tema e as estratégias digitais para as combater encontram-se muito exploradas inclusive no mesmo nível de escolaridade em que a presente investigação foi realizada, no entanto o mesmo já não se pode dizer quanto às representações digitais como as que foram especificamente implementadas. Estudos como o que foi feito e relatado aqui, com recurso a representações digitais de diferentes níveis de complexidade tal como sugerido por Coenders e coautores (2022) e Becker e seus colaboradores (2022), tanto fixas como animadas para os três tipos de ligações químicas acompanhadas de recolhas de dados dos alunos, como é exemplo o *feedback* em entrevista acerca dessas representações, não se encontra muito presente na literatura tal como corroborado por Becker e coautores (2022) daí este estudo ser uma mais-valia para a Química Educacional. Outro fator que dá relevância a esta investigação está também relacionado com a escolha de representações digitais adequadas para a lecionação deste tema, uma vez que ainda hoje os manuais didáticos carecem desse tipo de representações. Esses manuais não enfatizam de forma distinta e intuitiva as representações digitais dos diferentes tipos de ligações químicas com a qualidade desejável. No entanto, tal é compreensível se levarmos em consideração os descritores das AE relacionadas com este tema em ambos os anos curriculares em que é lecionada, pois tanto a nível conceptual como representacional o mínimo que é exigido restringe-se às ligações covalentes e suas notações de Lewis. Creio que neste tema para que um entendimento seja mais claro e menos suscetível a erroneidades se deva ser um pouco mais ambicioso nesses descritores a fim de incluir no mesmo nível de exigência os outros dois tipos de ligação química.

7. Reflexão autocrítica e projetos futuros

Um aspeto que gostava, que tivesse corrido diferente foi o tempo da intervenção. De forma mais distribuída no tempo e com mais tempo gostaria de ter lecionado e explorado este tema tão central na Química. Também gostava de ter tido um número maior de participantes no pré e pós-testes, na pergunta 4 da ficha de trabalho e sobretudo nas entrevistas.

Não deixou, no entanto, de ser desafiante para a lecionação deste tema selecionar e compilar as representações que considere adequadas. A exigência desta tarefa foi de uma grande responsabilidade: a profundidade com que essas representações foram exploradas exigiu muitas adaptações da minha parte a fim de tornar evidentes para os alunos todas as características abstratas dos diferentes tipos de ligações químicas. O esforço em adaptar, quer em termos teóricos como teórico-práticos, o nível de rigor e de clareza deste tema foi determinante para investigação.

De futuro gostaria de realizar um estudo mais profundo colmatando as lacunas que referi no primeiro parágrafo (desta secção) recorrendo desta vez a recursos digitais de maior sofisticação como simuladores computacionais de interações eletrostáticas, não apenas para lecionar as ligações químicas, mas também para estabelecer a ponte para a lecionação do tema seguinte, que são as interações intermoleculares. Creio que o recurso ao digital na lecionação dos temas mais formais da Química são um aliado imprescindível, pois tornam concreto e acessível aquilo que é abstrato e difícil de compreender e uma vez que no mundo digital as coisas acontecem como as projetamos então podemos facilmente prevenir erroneidades.

Efetivamente é impossível colocar um preço à aprendizagem que tudo isto representou para mim e para o ensino deste tema. Confesso que a investigação que realizei ainda enquanto aprendiz de professor formatou o meu ensino: agora não consigo tomar outra atitude diante do meu ensino, seja de que tema for, sem realizar uma entrevista/pedido de *feedback* aos meus alunos, quanto às estratégias/abordagens, que adotei para lecionar esse tema. Inicialmente a minha atitude diante de um ensino investigativo era de total indiferença, pois não lhe conseguia fundamentar relevância, mas afinal nem eu fazia a mínima ideia de iria gostar tanto de o fazer. Descobri nele um potencial para a minha aprendizagem como professor incalculável. Percebi que no que toca ao ensino tenho tudo a aprender com os meus alunos e de que essa aprendizagem é a preciosidade da profissão. Ir ao encontro das aprendizagens é um caminho que tem de ser trilhado e iniciado por mim: agora não consigo ensinar sem estar a investigar...

Referências Bibliográficas

- Bardin, L. (2002). *Análise de Conteúdo* (70, Ed.).
- Becker, N. M., Hunter K. H., & Rodriguez J.-M. G. (2022). A Review of Research on the Teaching and Learning of Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2451-2464. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação* (Porto, Ed.).
- Chang R., & Overby J. (2017). Chemical Bonding I. In *Chemistry* (13 ed.). McGraw Hill.
- Coenders F. G. M., McKenney S., Pepin B., van Dulmen T. H. H. & Visser T. C. (2022). Learning to teach chemical bonding: a framework for preservice teacher educators. *Chemistry Education Research and Practice*(3), 18. <https://doi.org/10.1039/d2rp00049k>
- DGE – Direção-Geral da Educação (2018a). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 10.º ano. Ensino secundário. Física e Química A*. Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- DGE – Direção-Geral da Educação (2018b). *Aprendizagens essenciais. Articulação com o perfil dos alunos. 9.º ano. Ensino secundário. Física e Química A*. Direção-Geral da Educação. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hartanto, A. (2024). Ikatan Kimia – Bab 3 Kompetensi Dasar. ADOC.PUB. <https://adoc.pub/ikatan-kimia-tabel-31-konfigurasi-elektron-unsur-unsur-gas-ma7864dc6af24a94b377a8a9dc15d198264542.html>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Levy S. T., & R. Zohar A. R. (2019). Attraction vs. repulsion – learning about forces and energy in chemical bonding with the ELI-Chem simulation [10.1039/C9RP00007K]. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 667-684. <https://doi.org/10.1039/C9RP00007K>

NRJC. (2018). Metallic Boond

<https://keystagewiki.com/images/4/40/MagnesiumMetallicBond.png>

Veerendra. (2017). Selina ICSE Solutions for Class 9 Chemistry – Atomic Structure.

Aplustopper. <https://www.aplustopper.com/selina-icse-solutions-class-9-chemistry-atomic-structure/>

Whyte, W. F. (2005). *Sociedade de esquina: a estrutura social de uma área urbana pobre e degradada* (R. d. J. Jorge Zahar, Ed.).

Anexos

Todos os anexos invocados neste relatório de estágio encontram-se disponíveis para consulta em:

https://drive.google.com/drive/folders/1OSGm_giaoCfhazwt1ISDUynqhBggTpaa

A lista dos anexos é a seguinte:

- Anexo 1 – Guião de entrevista;
- Anexo 2 – Intervenção;
- Anexo 3 – Ficha de diagnóstico;
- Anexo 4 – Ficha de trabalho;
- Anexo 5 – Consentimento Informado;
- Anexo 6 – Aluno entrevistado – A1;
- Anexo 7 – Aluno entrevistado – A2;
- Anexo 8 – Aluno entrevistado – A3;
- Anexo 9 – Aluno entrevistado – A4;
- Anexo 10 – Aluno entrevistado – A5.