

Os metais na cidade de Oliveira do Bairro: uma sequência didática para o ensino secundário de Química

Fátima Pires

Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal,
fcpires@ua.pt

Cecília Guerra

Departamento de Educação e Psicologia, Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Portugal,
cguerra@ua.pt

Resumo: A relação entre a História, a Arte e a Química na cidade de Oliveira do Bairro (Portugal) serviram de mote para o desenvolvimento de um projeto centrado no desenvolvimento (conceção, implementação e avaliação) da sequência didática “CtoC – Chemistry to City”. O caráter inovador do projeto relaciona-se com o envolvimento ativo de vinte alunos de uma disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade no desenvolvimento de módulos de comunicação e educação em química. Inspirados na abordagem de *design thinking*, cada módulo explora as relações entre a Química, a Tecnologia e a Sociedade, e divulga o capital social, cultural e científico de diversos pontos da cidade, contribuindo para a melhoria da literacia científica da comunidade escolar e civil envolvente. A recolha de dados do projeto implicou a aplicação de um questionário (antes e após a realização da sequência didática) e a realização de uma entrevista aos alunos envolvidos e a observação participante da professora-investigadora. A análise de conteúdo dos dados recolhidos demonstra que houve a mobilização de competências dos alunos, tais como: a compreensão da relação entre as propriedades dos metais, sua estrutura e ligações metálicas (alterando concepções alternativas como, por exemplo perceber a ligação metálica como molecular ou iónica); o sentido crítico e criativo e de relacionamento interpessoal durante o processo de desenvolvimento dos módulos.

Palavras-chave: Ciências e Tecnologia e Sociedade; Comunicação e Educação em Ciência; Design thinking; Metais e ligas Metálicas; Percorso Científico.

INTRODUÇÃO

No Ano Internacional da Tabela Periódica (2019), professores do Agrupamento de Escolas de Oliveira do Bairro (ex. professores de Biologia-Geologia, Físico-Química) colaboraram no projeto “Ciência pela Cidade”, no âmbito do Clube de Ciência Viva (<https://clube-ciencia-viva-aeob.webnode.pt/os-meus-servicos/>). Os professores desenharam atividades de divulgação científica sobre a importância da Química no desenvolvimento científico e tecnológico da cidade. Todavia, não foi realizada a avaliação do impacto do projeto nos participantes envolvidos (ex. desenvolvimento de aprendizagens dos alunos, particularmente em Química), o que impossibilitou, tal como preconiza Guerra (2021), a sustentabilidade dos resultados do projeto.

Durante o ano letivo 2021/2022, foi desenvolvida a sequência didática “CtoC – Chemistry to City”, envolvendo uma turma de vinte alunos a frequentar a disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade da referida escola. A sequência didática trabalha a temática dos metais e ligas metálicas associadas a aspetos históricos e arquitetónicos da Cidade de Oliveira do Bairro. Para tal, foram delineados os seguintes objetivos: i) conceber um conjunto de atividades de aprendizagem e recursos didáticos a integrar na sequência didática “CtoC”, para o ensino e aprendizagem de Química (Metais e Ligas Metálicas) do 12.º ano de escolaridade, assumindo a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); ii) avaliar o potencial científico e didático das atividades e recursos concebidos, na promoção de competências esperadas dos alunos envolvidos.

CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

A Química tem sido considerada pelos alunos uma disciplina difícil, apesar do seu conhecimento ser fundamental para várias áreas da sociedade (ex. Medicina, Construção Civil) e para o modo de vida tecnológico. O cidadão dificilmente reconhece o caráter essencial da Química no seu dia-a-dia (Martins et al., 2004). Com um vocabulário científico próprio, a Química exige um olhar macroscópico e um pensar microscópico para a compreensão das propriedades e das características observáveis dos materiais que nos rodeiam (Chang & Goldsby, 2013).

Acresce que a ligação metálica tem sido aquela na qual os alunos têm apresentado mais dificuldades. A sua compreensão permite a explicação das propriedades dos metais, tais como condutividade elétrica e térmica, altos

pontos de fusão e ebulição, formação de ligas e reatividade química (Acar & Tarhan, 2008). Todavia, vários autores têm identificado concepções alternativas (CA) sobre os metais, e suas propriedades, e a natureza da ligação metálica (Tabela 1).

Tabela 1: Concepções alternativas sobre os metais, e suas propriedades, e a natureza da ligação metálica.

A ligação metálica e a Natureza eletrostática da ligação
<ul style="list-style-type: none">• Metais possuem ligação covalente e/ou iônica (Taber, 2001 citado por Acar & Tahran, 2008);• Não há ligação entre metais; há apenas uma força e não uma ligação real nos metais (Taber, 2001 citado por Acar & Tahran, 2008);• As espécies carregadas em redes metálicas são núcleos; as estruturas metálicas contêm átomos neutros (Coll & Taylor, 2001);• Pouca apreciação da natureza eletrostática subjacente à ligação química (Taber, 1995b; De Posada, 1997; Boo, 1998, citado por Coll & Taylor, 2001);• a atração entre duas espécies de cargas opostas ser pensada como neutralização (Schmidt, 1997; Boo, 1998 citado por Coll & Taylor, 2001).
Estrutura da Rede Metálica e Ligação covalente
<ul style="list-style-type: none">• As redes metálicas contínuas são de natureza molecular; sólidos metálicos são de natureza molecular; (Harrison & Treagust, 1996 citado por Coll & Taylor, 2001);• A ligação metálica não é uma ligação real, pois não envolve o compartilhamento de elétrons (Taber, 1995a, 1998; De Posada, 1997, citados por Coll & Taylor, 2001);• A luz atravessa o vidro, mas não os metais, porque as moléculas estão mais próximas nos metais do que no vidro (De Posada, 1997);• O alumínio se liga a outro alumínio compartilhando elétrons para obedecer a regra do octeto (Coll & Treagust, 2003).
Ligação Metálica e Ligação Iônica
<ul style="list-style-type: none">• Os metais possuem altos pontos de fusão e ebulição porque possuem características iônicas (Taber, 2003)• A ligação metálica é similar a ligação iônica porque é entre positivo e negativo (Taber, 2003).
Propriedades dos Metais
<ul style="list-style-type: none">• A ligação metálica é uma ligação fraca (Coll & Taylor, 2001);• Em metais maleáveis as ligações são fracas (Coll & Taylor, 2001);• A ligação metálica é inferior a outras formas de ligação (Coll & Taylor, 2001);• Os elétrons conduzem corrente elétrica no metal (De Posada, 1997);• A ligação metálica só existe nas ligas metálicas (De Posada, 1997);• O Metal é bom condutor de corrente elétrica, seus átomos transmitem a corrente elétrica porque vibram com a energia que recebem. (De Posada 1997).

Taber (2013) tem estudado sobre metodologias para reduzir as CA em Química, em particular da ligação metálica, tais como: i) explorar a ligação química com base nas interações elétricas, antes de explorar cada ligação em detalhe, dando maior ênfase às interações que mantêm as estruturas unidas; ii) realçar que nas reações químicas os metais não tendem a ser átomos, eles estão quimicamente ligados; iii) usar com cuidado a linguagem metafórica - os átomos “querem”, “mar” de elétrons; iv) evitar a tónica na discussão das ligações iônicas e covalentes, parecendo que são formas de ligação mais importantes; v) iniciar a abordagem das ligações químicas pela metálica, que é menos complexa, para iônica, para covalente gigante, para simples estruturas covalentes, evitando a transferência de aspectos específicos de um modelo para outros (Taber, 2013).

Urge continuar a investir no desenvolvimento de estratégias e recursos que permitam alterar as CA dos alunos e romper com as barreiras que dificultam a compreensão de tais conceitos (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002). Neste contexto, sugere-se que os professores de Química sejam criativos nas suas práticas, com vista a motivar os alunos para a aprendizagem (Veerasinghan, Balakrishnan, Ibrahim, Damanhuri & Gengatharan, 2021; Höper & Köller, 2018). Para tal, é fundamental que o professor recorra a abordagens holísticas e progressistas, investigando, instigando, avaliando e reformulando as suas práticas letivas (Behrens, 2005).

A investigação em educação em ciências, em particular na linha CTS, tem estudado novas abordagens para a compreensão da realidade e dos fenómenos da natureza, contribuindo para uma maior compreensão da relação entre o saber científico, o saber técnico e o saber social, passando da concepção de “Ciência pura” para a “concepção Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)” (Cachapuz et al., 2002; Martins, et al., 2004; (Oliveira, Guerra, Costa & Pino et al., 2018).

O envolvimento dos alunos em atividades de comunicação de ciência pode estimular atitudes mais positivas face à Ciência, promovendo a compreensão do conteúdo científico, dos processos e dos fatores sociais relacionados com a ciência e a tecnologia (Burns et al., 2003). No presente projeto, procurou-se responder a este desafio.

METODOLOGIA

De natureza predominantemente qualitativa, o projeto assenta no paradigma sócio-crítico (Coutinho, 2020), e segue princípios do plano de investigação &

desenvolvimento (I&D) (Guerra, 2021) durante o processo de desenvolvimento da sequência didática “CtoC”. Neste artigo apresenta-se o processo de desenvolvimento do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”, sendo uma componente central na sequência didática CtoC.

No início do ano letivo 2021/2022, uma turma de vinte alunos (doze do sexo feminino e oito do sexo masculino), que frequentavam o 12.º ano de escolaridade do curso de Ciências e Tecnologia de uma escola da cidade de Oliveira do Bairro (zona urbana), envolveram-se na construção do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”.

Os alunos optaram pela disciplina de Química, no 12.º ano de escolaridade, sendo uma das autoras deste artigo a professora-investigadora titular da turma. Três alunos residiam na cidade de Oliveira do Bairro, cede do concelho; quatorze alunos nas outras freguesias do concelho, dois alunos eram de outros concelhos e um dos alunos era italiano, encontrando-se em programa de intercâmbio (Erasmus).

Inspirado no trabalho “Create an Amazing Science Trail”, e seguindo princípios e Design Thinking (Doran et al., p. 39, 2021), o desenvolvimento do percurso científico TuQ-TuC realizou-se em quatro momentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Desenvolvimento da sequência didática “CtoC”

Momento	Duração	Descrição
Sentir	Início 2021-09-20 até 2021-09-30 4 sessões (200 min)	<p>“Sentir a Química” A Química é... (Mentimeter) Ano Internacional da Química – 2011 Vídeo 1 Química das Coisas: Visualização Vídeo 2</p> <p>“O Meu Olhar sobre Oliveira do Bairro” Foram colocadas e discutidas questões em turma e comparadas com as informações recolhidas na investigação sobre os problemas locais. Trabalho em grupo: Elaboração de documento de divulgação de turismo científico com 5 monumentos metálicos de OB (padlet)</p>
Imaginar	até 2021-10-04 2 sessões 100 minutos	<p>“O desenho da árvore do projeto” As Raízes - problemas e potencialidades; O Caule - o projeto; As Folhas - os objetivos. Comunicação do projeto a turma surgindo um projeto único – o percurso Químico.</p>
Criar	até 2022-03-07 20 sessões 1000 minutos	<p>“A História, a Arte, a Tecnologia e a Química” As aulas são contextualizadas de acordo com o projeto e os alunos / professor integram os conteúdos lecionados nos temas com a inclusão também de contributos oriundos de parcerias estabelecidas com Universidades, centros de ciências, e poder local.</p>
Partilhar	2022-03-31 e 2022-04-07	<p>“TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade” Partilha da Atividade incluída no plano anual de atividades, dirigida aos colegas do 10 ano do curso de Ciência e Tecnologia e a comunidade em geral.</p>

O percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade” integra sete módulos de comunicação e educação em Química. Os grupos de trabalho (2-3 elementos) foram formados pelos alunos de acordo com seus interesses em termos de relações pessoais e preferência por determinados metais, monumentos, conteúdos possíveis de serem abordados (momento sentir).

Cada grupo desenvolveu um módulo (momentos imaginar e criar referidas na Tabela 2), integrando atividades e recursos de divulgação científica sobre as propriedades dos metais e das ligas metálicas presentes em diversas estruturas históricas e arquitetônicas da cidade de Oliveira do Bairro (ex. estruturas sub-microscópicas e a natureza das ligações dos metais, tais como os vitrais da Biblioteca da cidade) (Tabela 3).

Tabela 3 – Potencial do património de Oliveira do Bairro em temas CTS(A)

Património / Estrutura	Metal	Temas abordados pelos alunos
1- Porta	Alumínio	Densidade; Reação de oxidação-redução (proteção anódica) Reciclagem.
2- Vitral Biblioteca	Chumbo	Força de Ligação Metálica, dureza e ponto de fusão; Rede cristalina e Densidade; Toxicidade.
3- Telhado da Biblioteca e Busto do Escritor António de Cértima	Cobre Bronze (Cu-Sn)	Condutividade elétrica e térmica; Reatividade e reação de oxidação - verdete; Liga substitucional; Resistência a corrosão; Arte e Cultura de OB
4 - Monumento aos Combatentes	Ferro e Aço Inoxidável	Magnetismo – Ferromagnetismo e Antiferromagnetismo; Reações de oxidação – redução; Reações de complexão e os íons ferro no sangue; Arte, Arquitetura e História.
5 - Letreiro Ourivesaria	Latão (Cu-Zn)	Liga substitucional; Dilatação dos metais; Valor de mercado dos metais; Exploração mineira.
6- Bicicletas elétricas	Lítio	Pilhas e baterias; Exploração mineira de recursos, sociedade, economia e ambiente.

Património / Estrutura	Metal	Temas abordados pelos alunos
7- Monumentos Escultório	Aço Inoxidável	Liga Intersticial e a dureza; Resistência a corrosão; História de Oliveira do Bairro (Carta Foral)
8- Monumento Epopeia Marítima	Ferro Zincado	Proteção galvânica; História e Poesia

No final do processo de desenvolvimento dos módulos (momento partilhar), os alunos comunicaram ciência com seus pares (10.º ano) e para um público diferente do seu habitual. O público-alvo dos módulos dos módulos eram: a comunidade escolar (alunos do 10.º ano de escolaridade da escola); e a comunidade civil da cidade de Oliveira do Bairro.

Durante o processo de desenvolvimento do percurso científico, os dados foram recolhidos através de: i) inquérito por questionário para identificar e comparar a mudança (ou não) de CA em Química, especificamente em Metais e Ligas Metálicas (Acar & Tarhan, 2008); ii) a observação participante da professora-investigadora; iii) inquérito por entrevista aos alunos (Carvalho, 2020).

O inquérito por questionário (Acar & Tarhan, 2008) foi traduzido e validado para o contexto brasileiro (Ferreira; Campos & Fernandes, 2013) e adaptado ao contexto português, no âmbito do presente projeto. Os dados recolhidos foram analisados recorrendo à análise descritiva dos dados quantitativos (questionário) e à técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2016) dos dados qualitativos (entrevista e observação).

RESULTADOS

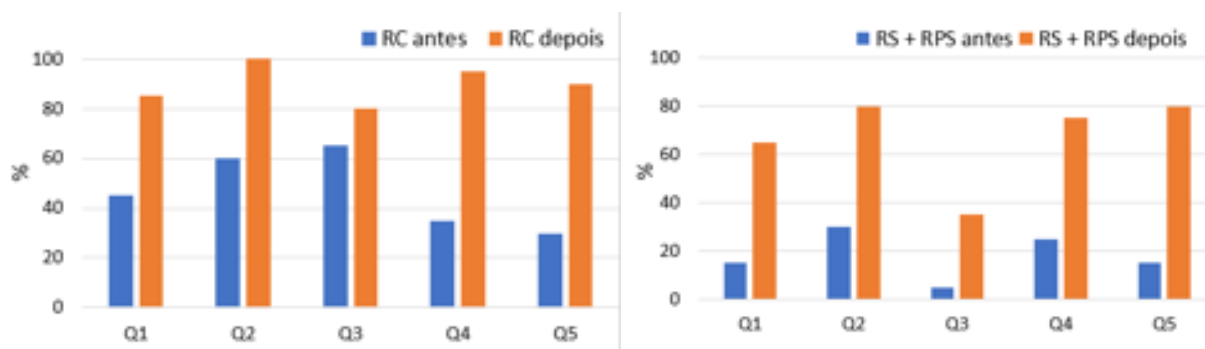
A partir da aplicação do inquérito por questionário antes da implementação da SD foram identificadas CA nos alunos, já elencadas por outros autores de referência (ver Tabela 1), tais como: i) falta de conhecimento da partilha de eletrões deslocalizados pelos cernes (catiões) - natureza eletrostática subjacente à ligação metálica; ii) não percebiam a movimentação orientada de eletrões livres como a causa da condutividade elétrica dos metais consideraram que os eletrões de valência livres transportam as cargas elétricas, ou que existe propagação de corrente elétrica ao longo do metal; iii) consideraram a natureza iónica/covalente das ligações metálicas; iv) a força da ligação metálica diminui de cima para baixo num grupo da TP com o aumento do raio atómico; v) a força

da ligação metálica não afeta o ponto de ebulição; vi) os metais têm baixo ponto de fusão; vii) a causa da maleabilidade dos metais é a fraca intensidade da ligação metálica; e viii) os metais não podem formar misturas.

Situações de ensino foram intencionalmente pensadas procurando resolver estas CA como, por exemplo, dando mais ênfase à natureza eletrostática da ligação e a estrutura de rede dos sólidos cristalinos com a discussão do modelo do “mar de elétrons” (Vídeo – Química: Metais e Ligações Metálicas – ver Tabela 2) e a resolução do problema de determinação do raio atômico do elemento metálico a partir de medidas de um cubo do seu material (Simoni & Tubino, 1999).

A figura 1 apresenta uma síntese da distribuição de respostas de escolha múltipla dos alunos, antes e depois da implementação da sequência didática “CtoC”, bem como a distribuição das justificações por categoria.

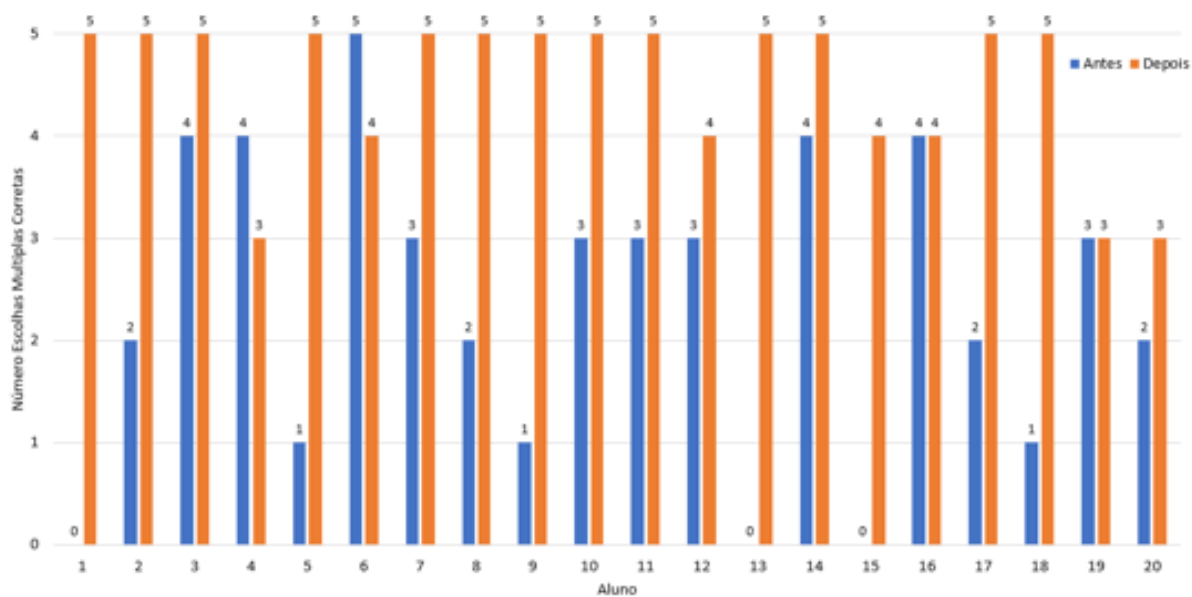
Figura 1 – Distribuição das respostas de escolha múltipla e distribuição das justificações por categoria



O gráfico da esquerda representa a percentagem de respostas corretas às escolhas múltiplas. Após a implementação da SD foi possível observar um aumento do número de respostas corretas às questões – barra laranja.

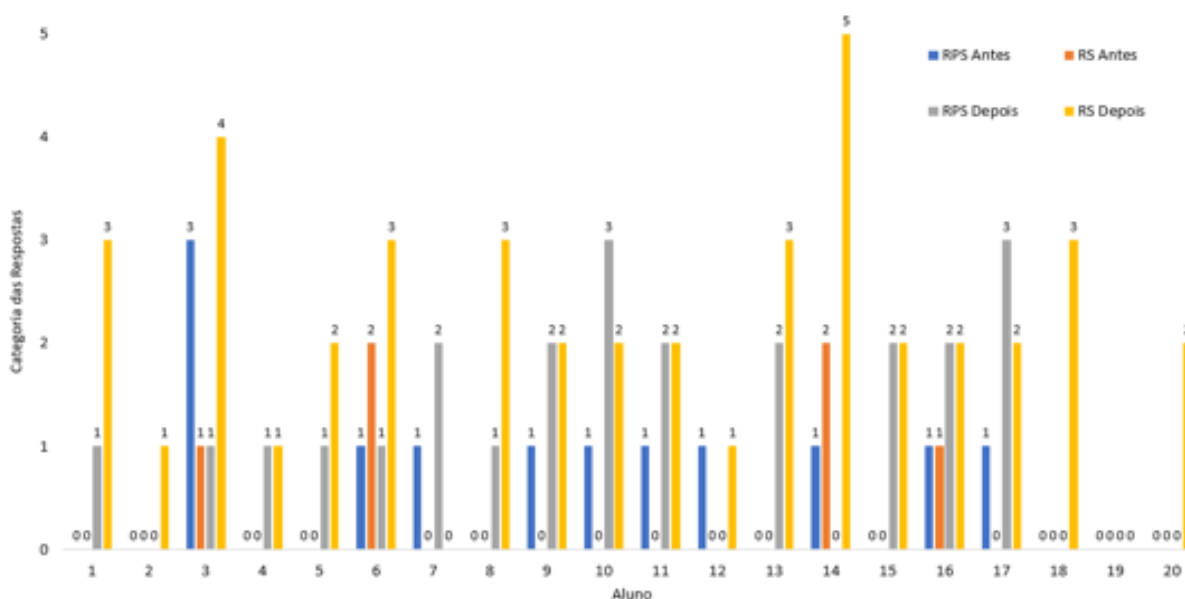
Numa análise global dos resultados obtidos por aluno (Figura 2) é possível observar que 16 alunos progrediram, com maior número de respostas corretas (barra laranja) após a implementação da SD, 2 alunos mantiveram e 2 regrediram.

Figura 2- Resultado individual em relação as categorias de repostas antes e depois da implementação da SD



Na figura 3 é apresentado o resultado individual de cada aluno em relação as categorias de repostas das antes e depois da implementação da SD. Verifica-se que todos os alunos progrediram - aumento das barras cinza e amarelo – com a exceção do aluno n.º 19 que não justificou nenhuma opção depois do desenvolvimento da SD.

Figura 3 - Análise global dos resultados obtidos por aluno.



As diferenças dos resultados no inquérito por questionário antes e depois da implementação da SD evidenciam os efeitos positivos da abordagem CTS para a compreensão de aspetos relativos aos conceitos dos Metais - ligação metálica e as suas propriedades.

A análise de conteúdo dos dados recolhidos (entrevista e observação) permitiram identificar potencialidades e constrangimentos da SD (Figura 4).

Figura 4 – Potencialidades e Constrangimentos da SD



Os resultados alcançados com a aplicação do inquérito por entrevista evidenciam que dezanove dos vinte alunos envolvidos conseguiram identificar a Química nas estruturas metálicas da cidade, nos módulos do percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade” na cidade de Oliveira do Bairro relacionado a História, a Arte, a Sociedade e a Química.

A sequência didática “CtoC – Chemistry to City”, concebida como um conjunto de atividades e recursos intencionais para o ensino e aprendizagem de Química (Metais e Ligas Metálicas) do 12.º ano de escolaridade, tem potencial científico e didático para promoção das aprendizagens esperadas dos alunos envolvidos.

CONCLUSÕES

A sequência didática CtoC integra atividades e recursos didáticos para a exploração das aprendizagens essenciais dos alunos na disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade, com foco no domínio de Metais e Ligas Metálicas.

Neste âmbito, o percurso científico “TuQ-TuC Científico – Química para a Cidade”, desenvolvido pelos alunos com a orientação da professora-investigadora, permitiu evidenciar uma relação entre a História, a Arte e a Química na cidade de Oliveira do Bairro, conferindo-lhe um caráter inovador para o processo de ensino e aprendizagem da Química.

Em síntese, os resultados alcançados com o projeto evidenciaram que, em geral, todos os alunos: identificaram a Química nas estruturas metálicas da cidade de Oliveira do Bairro (Portugal); produziram módulos de comunicação e educação em Química inspirados num contexto real (a cidade); comunicaram os resultados do percurso científico ao público em geral (neste caso, a alunos do 10º ano de escolaridade da referida escola).

Neste âmbito, pode-se concluir que o projeto: possibilitou a integração de construtos teórico-práticos promotores de uma abordagem CTS (Martins, 2020) durante o processo de desenvolvimento do percurso científico TuQ-TuC na cidade de Oliveira do Bairro; contribuiu para o desenvolvimento de aprendizagens essenciais dos alunos da disciplina de Química do 12.º ano de escolaridade, especificamente relacionadas com as propriedades dos metais e ligações metálicas; concorreu para a interligação entre o ensino formal da Química e outros cenários de educação não formal (o percurso científico).

Os resultados permitiram identificar potencialidades e constrangimentos durante o processo de desenvolvimento da sequência didática CtoC, resultando na integração de melhorias na conceção das atividades e recursos didáticos concebidos. A versão final da sequência didática será apresentada na conferência.

AGRADECIMENTOS

Câmara Municipal de Oliveira do Bairro; Universidade de Aveiro; Instituto de Educação e Cidadania da Mamarrosa; Agrupamento de Escolas de Oliveira do Bairro; Orientadora do Mestrado e aos docentes que partilham comigo a alegria de ensinar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acar, B., & Tarhan, L. (2008). Effects of Cooperative Learning on Students' Understanding of Metallic Bonding. *Res Sci Educ*, 38, 401–420. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9054-9>

Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo* (A. Brasil (ed.); 1ª).

Behrens, M. A. (2005). *O Paradigma Emergente e a Prática Pedagógica* (Vozes (ed.); 3.ed. Rio).

Burns, T. W., O'connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). *Science communication: a contemporary definition*. www.sagepublications.com

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *Perspectiva de Ensino: Caracterização e Evolução*.

Carvalho, A. S. de S. (2020). *Educação para a Saúde no 2º CEB: Conceção e Avaliação de uma Sequência Didática sobre o Efeito dos Microrganismos na Saúde Humana*. Universidade de Aveiro.

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*. 11ª Ed. <http://livrospdf12.blogspot.com/2018/03/quimica-11-ed-2013-changgraymond.html>

Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative Conceptions of Chemical Bonding Held by Upper Secondary and Tertiary Students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171–191. <https://doi.org/10.1080/02635140120057713>

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2003). Investigation of Secondary School, Undergraduate, and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding. *J Res Sci Teach*, 40(5), 464–486. <https://doi.org/10.1002/tea.10085>

Coutinho, C. P. (2020). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática* (2ª edição).

De Posada, J. S. (1997). Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. In *Sci Ed* (Vol. 81).

Doran, P., Tsourlidaki, E., Mentxaka, I., Vicente, T., Gomes, M., & Doran, R. (2021). *Design Thinking in STEM Education: A legacy from the Islands Diversity for Science Education project*. IDiverSE islands diversity.

Ferreira, I. da M., Campos, A. F., & Fernandes, L. dos S. (2013). *Concepções Alternativas dos Alunos Sobre Ligação Metálica*.

Guerra, C. (2021). Sustentabilidade da Investigação em Educação: da Concepção à Implementação de um Referencial. *Praxis Educacional*, 17(48), 196–212.

Martins, I. P., Simões, M. O., Simões, T. S., Lopes, J. M., Costa, J. A., & Ribeiro-Claro, P. (2004). *Educação em Química e Ensino de Química-Perspectivas curriculares Química e Ensino - Parte I*.

Monteiro, M. D. D. S., & Da Silva, S. A. (2020). Sequência de ensino e aprendizagem sobre radioatividade pautada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). *Dialogia*, 36, 595–609. <https://doi.org/10.5585/dialogia.n36.18314>

Oliveira, E. C., Guerra, C., Costa, N., & Pino, J. C. Del. (2018). Abordagem CTS em manuais escolares de Química do 10º ano em Portugal: um estudo de avaliação. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(4), 891–910. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040006>

Simoni, J. A., & Tubino, M. (1999). Determinação do raio atômico de alguns metais. *Química Nova Na Escola.*, 9, 41–43.

Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87(5), 732–758. <https://doi.org/10.1002/SCE.10079>

Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *This Journal Is Cite This: Chem. Educ. Res. Pract*, 14, 156. <https://doi.org/10.1039/c3rp00012e>

Veerasinghan, K., Balakrishnan, B., Ibrahim, M., Damanhuri, M., & Gengatharan, K. (2021). Design Thinking for Creative Teaching of Chemistry. *Social Sciences*, 11(3), 670–687.