



CAPÍTULO 1 - A ABORDAGEM CTEAM (STEAM) NO CURRÍCULO PORTUGUÊS: DISTANCIAMENTOS E APROXIMAÇÕES

Jorge Bonito e Hugo Oliveira

1 - Enquadramento teórico

No último decénio, são várias as fontes que apontam para a necessidade de tornar os sistemas educativos capazes de preparar os alunos para o desenvolvimento do pensamento crítico e analítico, almejando impulsionar a competitividade, através do desenvolvimento de ideias inovadoras (Land, 2013). Perante esta necessidade, o ensino das ciências passou a privilegiar a abordagem CTEM (em inglês, *STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics*) como forma de promover um conhecimento interdisciplinar, que tem o potencial de fomentar a capacidade de transferência de conhecimento entre distintos cenários, a chamada “transferência distante”, para além da transferência de conhecimento entre contextos similares – “transferência próxima”. Esta abordagem no ensino das ciências recobre-se de enorme relevância pois, *“the skills learned today will soon be outdated due to fast-changing technology, industries, and other societal aspects”* (Belbase et al., 2021, p. 11). Sob o ponto de vista curricular, a abordagem CTEM possibilita, ainda, uma otimização na medida em que o conhecimento que é adequado para a transferência distante, tem a importante capacidade de reduzir a sobrecarga curricular, potenciando uma compreensão mais aprofundada ao longo do tempo, pois encontra-se intrinsecamente relacionada com diferentes tópicos e disciplinas. Isto significa que existe um potencial de redução da quantidade de conteúdos a abordar, se determinados conhecimentos transversais forem aprendidos em contextos múltiplos (OECD, 2019).

A abordagem CTEM pode admitir múltiplas formas de concetualização e operacionalização, sendo a Educação CTEM Integrada (*Integrated STEM Education*) digna de nota (Thibaut et al., 2018). Preconiza-se, globalmente, a inter-relação entre cinco dimensões estruturantes: 1) integração de conteúdo CTEM (*integration of STEM content*); 2) aprendizagem centrada nos problemas (*problem-centered learning*); 3) aprendizagem baseada em investigação (*inquiry-based learning*); 4) aprendizagem baseada em *design* (*design-based learning*); 5) aprendizagem cooperativa (*cooperative learning*). As suas dinâmicas organizam-se, de acordo com Bryan et al. (2015), no sentido de permitir que os alunos possam desenvolver as competências de



aprendizagem estabelecidas para o século XXI. Na área respeitante à aprendizagem e às competências de inovação incluem os 4 C's: pensamento crítico (*critical thinking*), comunicação (*communication*), colaboração (*collaboration*) e criatividade (*Creativity*) (Partnership for 21st Century Learning, 2022). Um dos pontos fortes desta abordagem consiste na integração de duas concepções, consideradas atualmente muito importantes no ensino das ciências – a aprendizagem baseada em investigação e a baseada no *design* –, interessando deste modo descortinar quais os pressupostos gerais de cada um.

A aprendizagem baseada em investigação está relacionada com o desenvolvimento de projetos, visando a resolução de problemas existentes no quotidiano. Os alunos desenvolvem uma mentalidade (*mindset*) investigativa, podendo concluir os seus projetos com um conjunto de respostas relativamente abertas. Estes ambientes de aprendizagem podem ser estruturados tanto no ensino formal como no ensino não-formal das ciências.

As atividades podem ser realizadas num curto período (por exemplo, numa aula) ou durante um período mais extenso (por exemplo, ao longo de um semestre). Pode também envolver um cenário que será mais estruturado. O professor ou investigador, com o intuito de ensinar princípios científicos, sugere que o aluno se envolva na investigação, sendo imerso no assunto em estudo. Ou então, também se pode constituir como um projeto de natureza mais aberta, cujo objetivo é dar resposta à curiosidade inata dos alunos. Independentemente da forma, a aprendizagem baseada em investigação assenta a sua base teórica no construtivismo social, onde os alunos são agentes ativos na construção do seu próprio conhecimento e dos seus significados (Chu et al., 2017).

A aprendizagem baseada em *design* é um pouco mais específica, porque pressupõe que os estudantes trabalhem em conjunto, particularmente na criação ou projeção de uma nova invenção / protótipo. Deste modo, os alunos aprendem conteúdos enquanto constroem um artefacto, situação que tem o potencial de aumentar a quantidade e a qualidade das suas aprendizagens. Isto ocorre através das experiências que decorrem do processo de *design*, e que se interconectam com a aquisição e mobilização de conhecimentos científicos. Este tipo de estratégia educativa pode ainda encorajar os alunos a aprenderem os conteúdos associados à investigação desenvolvida, de uma maneira mais significativa (Ellefson, et al., 2008).



Ainda assim, a abordagem CTEM começou por se alicerçar em concepções de ensino tradicionais, baseadas em processos de memorização de aprendizagens, bem como na utilização de testes standardizados nos seus processos avaliativos. Na sociedade ocidental, caracterizada pela sua juventude apressada, com grande foco na autoindulgência e altamente valorizadora dos seus momentos de lazer, parecia conveniente tornar a abordagem CTEM mais apelativa.

Assim, e perante a necessidade de se facilitar o encontro de múltiplas soluções para problemas complexos, nomeadamente em situações mais próximas da realidade, procedeu-se à integração da Arte dentro das áreas CTEM, surgindo a abordagem CTEAM, numa tentativa de providenciar mais oportunidades para a autoexpressão e a conexão social, tão desejadas pelas novas gerações.

Para além desta capacidade, o papel da Arte é muito mais abrangente, pois como nos demonstra Aprotosoiaie-Iftimi (2020):

art is important because it is an essential component of human culture, heritage and creativity, summing up ways to know, present, represent, interpret and symbolize human experience. Contact with art requires the ability to ask, explore and compare, involving the expansion and development of one's own ideas and others' ideas. Artistic creation requires a certain professional specificity, an adaptation to work discipline and the ability to respond positively to challenges (p. 198).

Os problemas em Arte nunca têm uma só solução, e a sua essência incita os alunos a articularem a sua própria interpretação da realidade material, através de uma exploração extensiva das suas possibilidades, desenvolvendo um pensamento divergente que, ao invés de seguir um processo linear até ao encontro de uma solução para um determinado problema (método associado do pensamento convergente), explora muitas soluções possíveis para um mesmo problema (Madden et al., 2013). Com o objetivo de clarificar o conceito, Katz-Buonincontro (2018) considera que CTEAM pode ser amplamente definido como:

the integration of the arts disciplines into curriculum and instruction in the areas of science, technology, engineering, and mathematics. This integration is often perceived as advantageous for generating new learning opportunities rooted in the process of hands-on design and production using creative thinking and problem solving (p. 73).



Deste modo, a abordagem CTEAM considera que o progresso advém da fusão entre a tecnologia e o pensamento criativo através da Arte e do Design. Analisando a situação relativamente aos alunos norte-americanos, Land (2013) refere que *“the push for the STEAM platform derives from the lack of creativity and innovation in recent college graduates in the United States”* (p. 548). De facto, e de acordo com os resultados apresentados por um estudo da OECD (2021a), relativo ao período decorrido entre 2016-2019, a percentagem de alunos dos Estados Unidos da América que opta por cursos de engenharia, à saída do ensino secundário, é de cerca de 7,19%, colocando-o no 42.º lugar numa lista de 44 países. Enquanto a média, para os países da OECD, é de 14,25%, a lista é encabeçada pela Alemanha (24,23%), ficando Portugal com o 5.º lugar (19,64%) e o Brasil com a 24.ª posição (12,83%).

A abordagem CTEAM deverá ser, ainda, facilitadora de uma verdadeira chegada à igualdade de género, já que, nos países da OECD as mulheres jovens entre os 25 e os 34 anos de idade, têm mais probabilidade de virem a frequentar percursos no ensino superior do que os homens na mesma faixa etária. Nestes países, em média, 52% das mulheres jovens possui um grau académico do ensino superior, por comparação com 39% dos homens, sendo que esta diferença média de género aumentou entre 2010 e 2020 em favor das mulheres. No entanto, os dados agregados mascaram importantes disparidades de género, quando se consideram diferentes campos de estudo, pois na maioria dos países as mulheres dominam nas áreas da saúde e bem-estar, encontrando-se, no entanto, sub-representadas no amplo campo da ciência, tecnologia, engenharia e matemática (OECD, 2021b).

Para além do seu importante papel nas questões de género, uma das importantes preocupações da abordagem CTEAM, é aumentar a participação das comunidades minoritárias, como nos indicam Belbase et al. (2021): *“several schools and universities in the USA have implemented STEAM pedagogy in their curricula to bring marginalized and underrepresented communities into the inclusiveness and justice in pedagogy”* (p. 4).

Os processos criativos muitas vezes envolvem um estado especial de consciência chamado de fluxo (*flow*), que é caracterizado por uma completa absorção numa atividade a desenvolver. Neste estado mental, a pessoa ao desenvolver uma atividade torna-se completamente imersa numa sensação de concentração, de envolvimento completo e prazer (Conradty & Franz, 2018). No estado de fluxo, as ações sucedem-se de acordo com uma lógica interna que parece não necessitar de



uma intervenção consciente do sujeito. O próprio, experencia-a como se fosse um fluxo unificado de ações, de um momento para o seguinte, no qual ele continua no controlo das mesmas, mas onde existe pouca distinção entre si próprio e o ambiente circundante, entre os estímulos e as respostas, ou entre o passado, o presente e o futuro (Csikszentmihalyi, 1985). A tarefa de construir um estado de fluxo profundo, no quotidiano de todas as pessoas apresenta-se como uma tarefa incomensurável, isto porque as dimensões sociais, políticas e económicas, formam barreiras à habilidade que as pessoas manifestam para controlar o meio envolvente e, por sua vez, a sua habilidade para verdadeiramente experienciar o estado de fluxo. Deste modo, um conhecimento mais profundo sobre o que é a criatividade, e quais as suas implicações para a cultura e a economia do século XXI, permitem, também, a mudança de paradigma nos métodos de ensino e aprendizagem. Para este sentido, a abordagem CTEAM parece ser uma aproximação auspiciosa na promoção da motivação e da criatividade, tendo apresentado resultados promissores relativamente aos índices de criatividade e de estado de fluxo dos alunos (Conradty & Franz, 2018).

Na lógica associada à abordagem CTEAM, *“students should not be assessed on how well they can remember the parts of a cell by name but instead on the inner workings, attributes, or how they relate to the individual”* (Land, 2013, p. 549). De acordo com o autor, quando um indivíduo aprende, por exemplo, um conceito simples, o cérebro cria vias neurais que permitem conectar esse conceito à experiência do indivíduo, e desta forma a abordagem CTEAM pode, também, contribuir para estabelecer mais pontos de acesso ou vias neurais, aumentando, não só a probabilidade de retenção e revocação do conceito, como possibilitando a sua exploração sob diversos pontos de vista. Na sua conceção, esta abordagem preconiza uma equivalente quantidade de aprendizagens nas suas áreas constituintes, que se desenvolvem em torno de uma grande ideia, e que se poderá analisar no seguinte exemplo (Land, 2013): *“if the big idea was data, the mathematics teacher could introduce skills related to data collection and frequency charts. Simultaneously, the art educator could introduce the skills related to visual literacy through a use of color and icons”* (p. 550).

Assim, em guisa de conclusão, a revisão de Aguilera e Ortiz-Revilla (2021) concluiu que tanto a abordagem CTEM como a CTEAM são intervenções educativas em plena expansão, encontrando-se centradas na criatividade da pessoa, sendo que, no entanto, a educação CTEAM aparenta destinar maior atenção ao contexto no qual



o processo criativo é desenvolvido, enquanto a CTEM tem demonstrado ser de natureza mais finalista, focando-se com mais afinco na análise dos produtos criados pelos estudantes.

2 – Por onde optar entre CTS, CTSA, CTEM e CTEAM

As grandes descobertas tecnológicas que aconteceram ao longo do séc. XX, bem como as catástrofes de origem natural e antropogénica, conduziram a uma maior necessidade de compreensão das múltiplas inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, tornando o ensino das ciências cada vez mais democrático, humanista, e com a capacidade de tornar os indivíduos mais interventivos numa lógica de exercício de cidadania consciente e informada. A *United Nations Conference on the Human Environment*, realizada em 1972, surge precisamente num contexto de resposta aos problemas socioambientais que foram surgindo ao longo do século XX. Posteriormente, em 1983, é criada a *World Commission on Environment and Development – Our Common Future*. Um grande volume de investigações, que se debruçam sobre o impacto humano nas condições do meio ambiente e acerca do impacto das alterações ambientais nas condições de vida humana, têm vindo a ser levadas a cabo, originando, por exemplo, a *The United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)*.

A partir da década de 1970, começam a surgir projetos com o intuito de apoiar uma nova orientação de cariz CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade (em inglês, *STS – Science, Technology and Society*), reformulando o ensino formal das ciências. O foco desta nova orientação apontava no sentido da contextualização das abordagens didáticas, contrapondo a ciência como via de interpretação do mundo, relativamente a outras formas de conhecimento ou de pensamento, e contribuindo para a importante distinção entre atitudes científicas de atitudes não-científicas. Este movimento educativo, como a Educação Ambiental, prestaram importantes contributos numa dinâmica que acabou por aproximar as duas correntes, num movimento convergente que começou a ser designado por movimento CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (em inglês, *STSE – Science, Technology, Society and Environment*) (Vilches, Pérez, & Praia, 2011).

Apesar da designação CTSA ter surgido no rescaldo da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Eco-92), no Rio de Janeiro, dando ênfase à compreensão e intervenção sobre os graves problemas planetários,



relacionados com o desenvolvimento sustentável, para alguns autores como Osorio & Martins (2011) prevalece a designação CTS, por considerarem que tais preocupações ambientais já se encontram, inequivocamente, integradas nas múltiplas inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, podendo em certo sentido a inclusão do 'A' ser encarada como uma redundância. Estes autores, desconsideram as perspectivas CTS e CTSA como vias alternativas.

Martins (2020) considera, relativamente ao papel global da educação em ciências, que este deve ter como horizonte a preparação dos estudantes para um mundo sócio-tecnológico em mudança, atribuindo especial relevância aos valores sociais e éticos, numa perspectiva de CTS. Para a autora, a educação em ciências, de orientação CTS, deve procurar “abordar temas e conceitos de C&T inseridos em contextos reais, sociais, dando, assim, sentido funcional aos conceitos canónicos. Tal não significa que se aligeiram os conceitos, mas advoga-se a conveniência de mostrar a importância social da C&T” (p. 18).

Nesta senda, a educação CTS para todos deve apresentar um propósito transversal, sendo também criteriosamente planificado e conduzido. Sobre este tópico, Martins (2020) defende que:

pensar o ensino das ciências para todos, assumindo escolas com população heterogénea resultante de uma crescente miscigenação de culturas, e que estar na escola é um direito de todos e não apenas das elites e dos bons alunos, implica conceber um ensino flexível, individualizado e motivador para cada um dos alunos (p. 15).

Para além de existirem vários estudos e projetos CTS | CTSA a serem desenvolvidos em diversos países, o interesse crescente nesta perspectiva conduziu, em 2010, à criação da Associação Ibero-Americana Ciência-Tecnologia-Sociedade na Educação em Ciência (AIA-CTS), sediada na Universidade de Aveiro, em Portugal. Um dos seus objetivos é, precisamente, “reunir educadores e investigadores da comunidade ibero-americana que trabalham e tenham interesse no conhecimento da Ciência-Tecnologia-Sociedade na Educação em Ciência, com a intenção de aprofundar, divulgar e promover o desenvolvimento dessa área” (AIA-CTS, 2022), contando, à data, com a participação de 22 países da Europa e das Américas do Sul, do Norte e Central.



Este movimento, no sentido da gênese de ambientes de aprendizagem eticamente responsáveis e reflexivos sobre o papel da ciência e tecnologia nas sociedades atuais, salvaguardando as preocupações ambientais em linha com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da agenda 2030, requer a existência de professores formados em investigação em CTS, pressupondo que os seus programas de formação, quer inicial, quer contínua, devem estar bem ajustados a esta perspectiva do ensino das ciências. Numa era de acesso massificado à informação, em que paradoxalmente a desinformação apresenta a capacidade de assumir proporções cientificamente desvirtuadoras, “aprender ciências desde cedo, em contextos sociais, e compreender as inter-relações CTS | CTSA, será uma via para rejeitar superstições, irracionalidades e formas primitivas de credulidade” (Martins, 2020, p. 26).

Partindo de uma revisão documental, relacionada com o ensino e a didática das ciências, particularmente ao nível do ensino secundário, Mendes e Martins (2016) tinham já definido o referencial “Cinco Orientações para o Ensino das Ciências”. A pretensão deste referencial prendeu-se com a prestação de auxílio na tomada de “decisões que envolvessem: *i*) escolhas de estratégias de ensino; *ii*) prioridades de formação de professores, ou ainda; e *iii*) a definição de linhas orientadoras de currículos formais das ciências de ensino secundário”. Com este intuito e através da análise de artigos de publicações da especialidade, na qual se incluiu a interpretação de documentos do Conselho Europeu, da Comissão Europeia, da *Eurydice*, da UNESCO, do Banco Mundial e da OECD, foram estabelecidas cinco orientações para o ensino das ciências, de acordo com a perspectiva CTS:

1 – Centralidade dos alunos: a organização de ambientes de aprendizagem que captem a atenção e interesse dos alunos fica a cargo dos professores, com o intuito de permitir um envolvimento cognitivo e simultaneamente emocional, no processo de construção de conhecimento científico através da pesquisa de respostas, atuando e pensando de forma mais autónoma e informada.

2 – Contextualização do ensino: através de estratégias que envolvem o estudo de situações abertas, onde se exploram as inter-relações CTS. O envolvimento cognitivo e emocional dos alunos, é mais efetivo quando nas aulas de ciências se mobilizam e problematizam situações reais e atuais, interconectadas com os conteúdos programáticos a lecionar, mas também com os próprios interesses dos alunos.



3 – Realização de trabalhos práticos: atribuindo especial enfoque aos trabalhos práticos de carácter investigativo, de natureza laboratorial, experimental e desenvolvidos em ambientes exteriores à sala aula, implicando a pesquisa de informação, a análise e apresentação de pontos de vista cientificamente fundamentados, e a redação de documentos como relatórios. Os trabalhos práticos poderão concorrer para uma melhor compreensão dos problemas e das hipóteses, bem como a interdependência entre a teoria e a experimentação, debruçando-se também sobre o estatuto falível dos resultados e dos mecanismos próprios aplicados à sua validação.

4 – Compreensão da natureza da ciência: implica a concepção de intervenções desenhadas para o desenvolvimento de uma correta imagem do que é o trabalho científico, equilibrando a ênfase entre conceitos e processos na construção do conhecimento científico, bem como no desenvolvimento de atitudes positivas face às ciências e às tecnologias.

5 – Articulação de disciplinas: visa impedir uma visão fragmentada da realidade e do trabalho científico, promovendo estratégias multidisciplinares com vista à exploração e interconexão de diferentes áreas do saber, aproximando-se assim da exploração e compreensão de problemáticas reais, tal como o preconizado pelo movimento CTS no ensino das ciências.

Steele, Brew e Beatty (2012) ensinam que *“without the contextualization provided by the STSE framework for instance, our students (and those students they will soon teach) will not learn the lessons that will be needed to live ethically, and by extension, sustainably on the planet”* (p. 119). Assim, a perspectiva CTSA do ensino da ciência e tecnologia, assenta na comunicação e na análise das implicações sociais e ambientais, relacionadas com a ética da ação humana. De acordo com esta visão, equilibrar a ciência e a tecnologia com as preocupações sociais e ambientais, permite abordar a sustentabilidade presente e futura, agindo moralmente, sabiamente e pragmaticamente partindo de uma perspectiva ética consciente.

No entanto, os mesmos autores também consideram que a abordagem CTEM | CTEAM é amplamente focada na criação de lucros através da inovação, assumindo-se como a chave de um futuro mais próspero, orientando-se para o desenvolvimento de vantagens culturais e económicas de uma nação. Aqui, a busca desses interesses permanece livre de responsabilidade por todas as consequências possíveis, para além das fronteiras da nação. De modo global, as abordagens CTEM | CTEAM



encontram-se então mais ligadas a substanciais oportunidades de financiamentos corporativos, para escolas e universidades, enquanto a perspectiva CTSA pretende oferecer um contexto mais amplo, mais influenciado pela ética, no qual se podem aprender as suas disciplinas estruturantes.

Perante a falta de um evidente movimento em direção a uma consciência mais ecológica também na abordagem CTEAM, começam a surgir novas perspectivas que visam colmatar esta lacuna. Uma delas é a Ciência da Sustentabilidade que, na visão de Vilches e Pérez (2015), surge da estreita vinculação dos problemas socioambientais que caracterizam a grave situação de emergência planetária, dando resposta aos objetivos 13-15 para o desenvolvimento sustentável (BSSD, 2022). O tratamento das questões associadas a esta problemática será, segundo a sua ótica, menos eficaz se for efetuado por diferentes disciplinas do que pela Ciência da Sustentabilidade. Esta nova área, que já tem uma revista a si dedicada – *Sustainability Science (Springer)* – deverá então ter a capacidade de integrar campos aparentemente tão distantes como a economia, o estudo da biodiversidade e a eficiência energética, mas que apresentam em comum aspetos que se referem às ações humanas com impacto na natureza. Desta forma, os autores oferecem o seguinte exemplo paradigmático: *“el uso del DDT, plaguicida sintetizado tras la segunda guerra mundial para lograr mejores cosechas y dar a comer a una población en rápido crecimiento: hubo que acabar prohibiéndolo por sus graves efectos permanentes sobre el medio ambiente, incluida la propia especie humana”* (p. 51).

Esta interdisciplinaridade implícita à Ciência da Sustentabilidade não deve limitar-se unicamente às disciplinas científicas, mas estender-se a todos os campos do conhecimento, incluindo a Arte.

Relativamente ao CTEM, Steele, Brew e Beatty (2012) vêm à colação, para afirmar que apesar de parecer convidativo devido à sua aparente dimensão interdisciplinar, o processo de ensino e aprendizagem pode, inadvertidamente, ficar muito aquém da sua promessa de fornecer respostas eticamente fundamentadas para preocupações globais prementes, encontrando-se mesmo ausente um enquadramento ético próprio para o guiar. Outros autores como, por exemplo, Belbase et al. (2021), sugerem uma abordagem mais abrangente, que identificaram como CTEAM-h – Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática através das Artes da Humanidade (em inglês, *STEAM-h – Science, Technology, Engineering, and Mathematics through the Arts of Humanity*), isto porque os autores consideraram que



as abordagens inter e transdisciplinares se encontravam incompletas ao não atribuírem especial enfoque ao bem-estar ecológico, juntamente com os valores e as artes humanas, como maneira de promover o bem estar coletivo no nosso planeta, de uma forma sustentável. Nesta linha, e durante o processo de desenvolvimento da qualidade de vida, as escolas devem, portanto, concentrar-se nos tópicos associados ao ambiente natural, integrando o raciocínio económico com as lógicas de sustentabilidade e de conservação.

A comunidade académica parece, assim, recomendar a constituição de uma comunidade educativa CTEAM, com praticantes e investigadores, para projetar e desenvolver programas, políticas e práticas com consciência ética, ecológica, cuidadosa e harmoniosa.

3 - Os benefícios da abordagem CTEAM

Depois de uma análise dos principais elementos da abordagem CTEAM, convém identificar as vantagens que derivam da sua aplicação em situações concretas, reconhecidas por evidências, no panorama internacional da educação em ciências. Assim, a dinâmica CTEAM:

- a) É uma abordagem à aprendizagem que usa a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia, as Artes e a Matemática como pontos de acesso para guiar as investigações dos alunos, fomentando o diálogo e o pensamento crítico. (EducationCloset, 2022).
- b) providencia aos alunos as ferramentas cognitivas e metacognitivas para explorarem métodos criativos de resolução de problemas. A implementação desta abordagem permite, ainda, uma maior compreensão, inovação e uma educação coesiva na sala de aula (All Education Schools.com, 2022).
- c) encoraja o ensino por investigação interdisciplinar (*interdisciplinary inquiry*), fomentando a colaboração ao integrar a Arte e o Design com as disciplinas CTEM (Graham, 2021).
- d) torna os alunos cada vez mais curiosos sobre o mundo em seu redor, empoderando-os para mudá-lo para melhor (Ministry of Education, New Zeland, 2019).
- e) a ciência e o design, apesar de se focarem no estudo de particularidades próprias, informam-se pelo estudo divergente e entrelaçado de relações entre campos expandidos. Este fluxo dinâmico tem a capacidade de abrir o pensamento linear para inovações inesperadas (Keane & Keane, 2016).
- f) encoraja os professores de arte a ensinar sobre questões de justiça social nas suas salas de aula (e.g., racismo, sexismo, segurança alimentar, preocupações ambientais), ajudando os estudantes a explorar questões urgentes de equidade para a construção de uma sociedade mais habitável (Chung & Li, 2021).



- g) no ensino da *augmented reality*, pode contribuir para o desenvolvimento de um conjunto de competências complementares, tais como: desenvolvimento de protótipos, trabalho com simulações de física, aprendizagem de geometria computacional e linguagem de programação, estímulo do espírito artístico, domínio de competências sociais e de comunicação, desenvolvimento de projetos e de pensamento crítico (Jesionkowska, Wild & Deval, 2020).
- h) os alunos podem alcançar uma melhor compreensão dos conceitos científicos e matemáticos desenvolvendo assim ganhos cognitivos e afetivos (Kang, 2019).
- i) promove o trabalho colaborativo, não apenas entre estudantes, mas também entre professores. A natureza colaborativa das aulas CTEAM permite a cada estudante partilhar as suas ideias e experiências, resultando em aulas aprimoradas através do conhecimento partilhado. A colaboração interdisciplinar entre professores alivia a pressão da preparação de aulas em isolamento, providenciando uma atmosfera de criatividade e inovação dentro da comunidade de professores (Doniger, 2018).
- j) permeia melhorias assinaláveis no desempenho académico e do aumento do interesse pela ciência e tecnologia. Os estudantes percebem uma melhoria nas suas competências no que concerne ao trabalho colaborativo, à criatividade, à comunicação e à autoavaliação. Devido ao impacto produzido pelas ações desenvolvidas em torno do projeto, tornam-se agentes educacionais (Queiruga-Dios et al., 2020).
- k) permite uma transformação do sistema educativo, preparando-o para enfrentar os desafios do século XXI, que se encontram num processo de aceleração a uma taxa que, por sua vez, se encontra também para além da imaginação. A educação CTEAM poderá ser uma esperança para o futuro, na medida em que nos poderá preparar para a resolução de problemas tais como: o que irá acontecer à Terra nos próximos 5 anos, se a desflorestação continuar à atual taxa? Qual será a composição da população de um país nos próximos 50 anos? Como será o padrão climático? O que irá acontecer ao gelo polar? O que irá acontecer a muitas espécies que se encontram em perigo de extinção? Como será a geografia dos países? Que tipo de relações internacionais irá prevalecer nos próximos anos? Estas não são apenas questões para uma disciplina em particular, por serem alguns dos desafios que têm sido recentemente enfrentados pela humanidade, e que requerem uma abordagem multi e transdisciplinar (Belbase et al., 2021).

4 – A abordagem CTEAM e a educação inclusiva

Como foi anteriormente afluído, a abordagem CTEAM pode ser enquadrada num processo de aprendizagem baseado em investigação, explorando problemas e situações que se aproximam, de maneira mais holística, à vida real, através da integração de áreas como a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia, as Artes e a



Matemática. Esta abordagem permite que os alunos possam conhecer como todas estas áreas interagem entre si, desenvolvendo simultaneamente competências que serão essenciais, nas suas futuras profissões. Esta abordagem tem, também, a capacidade impulsionadora de fomentar uma cultura de aprendizagem inclusiva, onde os alunos podem desenvolver as suas competências, através de ambientes de aprendizagem acessíveis e adaptáveis. Nesse sentido, Lathan (2022) advoga que a abordagem CTEAM, empodera os professores para desenvolverem contextos de aprendizagens, baseados em projetos que cruzem cada uma das suas cinco disciplinas. Isto permite a promoção um ambiente de aprendizagem inclusivo, no qual todos os alunos se sintam capazes de se envolver, manifestando-se simultaneamente confiantes, ao darem o seu contributo. Tomar e Garg (2020) ensinam que a educação inclusiva bem-sucedida acontece quando:

students' differences and diversity are appropriately challenged, accommodated, and welcomed, which can include physical, cognitive, academic, social, and emotional limitations or challenges (...) Students with special needs face difficulty according to the limitations they have, which primarily include reading, writing, listening, and speaking skills. If these skills are addressed appropriately, then it is easy for students to engage with the concept well (p. 96).

O modo de promover a educação inclusiva no âmbito da CTEAM, sob a perspectiva dos mesmos autores, passará pelas três dimensões que incorporam o DUA – Desenho Universal para a Aprendizagem (em inglês, *UDL – Universal Design for Learning*), proposto, na década de 1980, por um grupo de investigadores do *Center for Applied Special Technology* (CAST, 2022). O DUA assume-se como um quadro teórico, com o objetivo de otimizar o ensino e a aprendizagem para todas as pessoas, sustentado em conhecimento científico, acerca de como os seres humanos desenvolvem as suas aprendizagens.

Numa primeira dimensão, o DUA pretende providenciar múltiplos meios de envolvimento aos estudantes, onde se explora o porquê de aprender, sustendo esforços e persistência na personalização das aprendizagens, tendo em atenção os seus interesses, atribuindo-lhes autonomia para guiar os processos CTEAM ao integrar elementos de aplicação à vida real, e guiando-os apropriadamente para a chegada até eles.

Numa segunda dimensão, deverão ser providenciados múltiplos meios de representação da informação, bem como do currículo, para ajudar os estudantes a



compreender a forma que melhor lhes serve. Isto implica também o fornecimento da informação através de diferentes modalidades para acomodar, precisamente, as necessidades de todos os alunos. É também essencial que a informação seja providenciada num formato que permita a ajustabilidade pelo utilizador (tipos e tamanhos de letra maiores, amplificação / redução de sons) pois *“such multiple representations not only ensure that information is accessible to learners with particular sensory and perceptual disabilities but also easier to access and comprehend for many other learners who face similar challenges at varying degrees”* (Tomar & Garg, 2020, p. 98).

Numa terceira dimensão, o desenvolvimento inclusivo da abordagem CTEAM deve ser capaz de providenciar a flexibilidade, para os alunos apresentarem a sua aprendizagem, através de múltiplos meios de expressões. Isto pode ser alcançado através da incorporação de uma variedade de formatos de avaliação, encorajando o uso de tecnologias, como forma de assegurar que expressam a sua compreensão de forma precisa. A existência de um ambiente de aprendizagem holístico é, pois, determinante para o incremento dos processos de inclusão nas dinâmicas educativas, como é apontado por Skowronek et al. (2022), num estudo sobre a aplicação da educação inclusiva CTEAM, em disciplinas dedicadas à energia sustentável e inteligência artificial:

generating a holistic learning environment encourages greater inclusion and diversity. It also addresses social barriers that have hampered the collaborative spirit based on gender, racial, socioeconomic, and professional differences. It concedes the necessity for weaving diverse perspectives in confronting those barriers associated with maintaining global sustainability. The STEAM education as well as support of minority students through special programs, suggested here, are encompassing these important aspects, and hence are seen as promising approaches in sustainable education (p. 4).

Sinteticamente, pode concluir-se que o ensino inclusivo das ciências beneficia em grande medida, de uma simbiose entre a abordagem CTEAM e o DUA, assentando sobre três pilares estruturantes: *a)* o envolvimento (*engagement*) – o porquê de aprender – que define estratégias de motivação para estimular o interesse pelas aprendizagens; *b)* a representação (*representation*) – o que aprender – apresenta orientações com o intuito de tornar os alunos mais engenhosos e conhecedores, permitindo ainda a apresentação dos conteúdos e das informações



sob múltiplas formas; c) a ação e a expressão (*action and expression*) – o como aprender – sugere diretrizes, que podem ser adotadas para o desenvolvimento de capacidade estratégica nos alunos, e de diferenciação das formas de como os alunos podem exprimir o que sabem.

Pode concluir-se que o DUA se integra nos princípios de atuação CTEAM, particularmente no cruzamento de saberes das diferentes disciplinas científicas com as artes, permitindo um melhor enquadramento com as necessidades de alunos com dificuldades especiais de aprendizagem (Zayyad, 2019). Provê vários benefícios como a aprendizagem de valiosas competências sociais para vida dos alunos, tais como a cooperação, a colaboração e a perseverança face aos desafios. Estas competências vão evoluindo também durante a realização de diversas atividades práticas do tipo *hands-on*, tais como as desenvolvidas, por exemplo, pelo *Watson Institute* (2022), e que contemplam a construção e pilotagem de aviões de papel, projetar e construir caminhões de bombeiro feitos de gengibre, criar dispositivos para proteger um ovo aquando da sua queda de uma altura significativa, construir cartões solares, fazer ‘bombas’ de banho perfumadas, medir o crescimento de bolor no pão, e realizar a síntese de cristais.

Por último, outra importante potencialidade da abordagem CTEAM, enquadrando-se numa perspetiva inclusiva, é que muitos dos seus projetos também podem ser realizados e/ou completados em casa dos alunos, utilizando-se para o efeito, utensílios domésticos relativamente fáceis de adquirir.

5 - Críticas e desafios à abordagem CTEAM

Apesar de todas as intenções positivas associadas a esta abordagem à educação em ciências, e das muitas evidências que apontam para um aprimoramento do desenvolvimento das aprendizagens, têm também surgido estudos que dão conta de algumas limitações associadas à abordagem CTEAM, sendo possível elencar as principais críticas:

- a) a introdução da Arte na abordagem CTEAM pode reduzir o tempo disponível para a exploração científica da matemática, ciência, tecnologia e engenharia (Rabalais, 2014).
- b) o uso excessivo das artes na abordagem CTEAM pode dispersar a atenção dos estudantes do campo CTEM, enfraquecendo, eventualmente, o rigor da educação matemática, da ciência e da engenharia (All Education Schools.com, 2019).



- c) muitos professores não se encontram preparados para criar materiais, planificações de aulas e ensinar com um currículo CTEAM interdisciplinar (Kim & Bolger, 2016).
- d) Apesar do contributo da Arte ser inquestionável, quando levado longe demais pode diluir a necessidade essencial e o foco da abordagem CTEM (Constantino, 2017).
- e) o ensino integrado das diferentes áreas CTEAM pode enfatizar demais o valor da Arte e do Design em detrimento das outras áreas (Liao, 2019).
- f) ainda são encontradas algumas inconsistências devido à falta de clareza concetual na terminologia, na pedagogia e na investigação CTEAM (Colluci-Gray et al., 2017).
- g) existe pouca evidência de estudos empíricos sobre o impacto da abordagem CTEAM e das suas implicações, nas diferentes áreas do conhecimento, prática e desenvolvimento em particular (Haesen & Van de Put, 2018).
- h) adicionar mais disciplinas pode aumentar a abrangência, mas não a profundidade de cada disciplina, tornando cada uma delas mais superficial, relativamente aos conhecimentos e competências desenvolvidos, em nome da epistemologia transdisciplinar (Belbase et al., 2021).
- i) A ideia do conhecimento matemático como mero produto de outros conhecimentos e experiências, apresentando-se como um subproduto de outras disciplinas, não apoia a aprendizagem ativa desta área disciplinar (Li & Schoenfeld, 2019).

Os mesmos autores concluem que a abordagem CTEAM enfrenta diversos desafios, nomeadamente, na formação contínua de professores para a atualização da filosofia e dos métodos transdisciplinares a aplicar em contexto de sala de aula; na obtenção de fundos e recursos particularmente nos países em desenvolvimento; no combate ao negativismo acerca de outras perspetivas para além da visão da própria disciplina lecionada; na falta de consenso acerca do que precisa de ser integrado quando se constrói um currículo CTEAM (deverá haver um maior enfoque na integração do currículo? Ou no método de ensino? Ou na colaboração entre diferentes disciplinas nos projetos de ensino-aprendizagem?); na colaboração interdisciplinar ou transdisciplinar devido a fatores logísticos (isto porque é bastante desafiante construir espaços comuns com todos os tipos de materiais de suporte no mesmo local); na gestão do tempo (porque se demonstra complicado calendarizar as atividades, principalmente quando a codocência é exigida); na gestão de eventuais confrontos entre professores de diferentes áreas do conhecimento devido a diferentes crenças e valores, que podem tornar a colaboração mais complicada ou impossível; na tentativa de fazer com que a integração real de disciplinas no CTEAM não seja apenas um esforço vigoroso para colocar coisas diferentes juntas na mesma bagagem, onde não



há espaço para reajustes, realocações e remediação de eventuais falhas nas diferentes áreas.

6 – A relação da abordagem CTEAM com a perspectiva CTSA no currículo nacional português – O caso das Ciências Naturais

Em Portugal, o XXI Governo Constitucional promoveu, em 2018, a identificação das Aprendizagens Essenciais (AE) a partir das Metas Curriculares (MC), articuladas com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins et al., 2017). As AE passaram a corresponder:

a um conjunto de conhecimentos a adquirir, identificados como os conteúdos de conhecimento disciplinar estruturado, indispensáveis, articulados concetualmente, relevantes e significativos, bem como de capacidades e atitudes a desenvolver obrigatoriamente por todos os alunos em cada área disciplinar ou disciplina, tendo, em regra, por referência o ano de escolaridade ou de formação. Os documentos designados por Aprendizagens Essenciais apresentam, ainda, o racional específico de cada disciplina, bem como as ações estratégicas de ensino orientadas para o Perfil dos Alunos, visando o desenvolvimento das áreas de competências nele inscritas (Despacho n.º 8476-A/2018, de 31 de agosto).

A génese das Metas Curriculares e das AE, na disciplina de Ciências Naturais, consagra um lugar privilegiado ao ensino experimental (Oliveira & Bonito, 2022). Mais recentemente, em 2021, “são revogados os demais documentos curriculares relativos às disciplinas do ensino básico e do ensino secundário com aprendizagens essenciais definidas” (Despacho n.º 6605-A/2021, de 6 de julho), sendo que, a partir desse momento, os documentos de orientação curricular base na planificação, realização e avaliação do ensino e da aprendizagem em vigor são unicamente as AE. Deste modo, interessa, pois, descodificar qual o tipo de abordagem e perspectiva sobre o ensino das Ciências Naturais, preconizado pelos documentos orientadores mais recentes, nos diferentes níveis do segundo e terceiro ciclo de estudos do ensino básico português.

Numa primeira análise, através de um olhar transversal às AE estabelecidas para o 5.º e 6.º anos (segundo ciclo do ensino básico), assim como para as estabelecidas para o 7.º, 8.º e 9.º anos (terceiro ciclo do ensino básico), é possível descortinar que estes documentos orientadores se estruturam de acordo com uma perspectiva CTSA, em que “a natureza da ciência deve ser valorizada, procurando, sempre que possível, adotar estratégias que evidenciem o processo de construção do



conhecimento científico e explorando as inter-relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (CTSA)” (DGE, 2018a).

De forma semelhante à abordagem CTEAM, na perspectiva CTSA o ensino das Ciências Naturais “implica a contextualização das temáticas abordadas em situações reais e atuais” (DGE, 2018b, p.1). No respeitante à questão da avaliação das aprendizagens, ao invés de se atribuir maior enfoque aos produtos obtidos, a perspectiva CTSA determina que:

a avaliação deverá ter um carácter interativo, centrar-se nos processos cognitivos dos alunos e estar associada a mecanismos de *feedback* que incidam não apenas nos produtos, mas também nos processos, fomentando a autoavaliação consciente, como mecanismo de autorregulação do ensino e das aprendizagens (DGE, 2018b, p.3).

Com o objetivo de enfatizar a relevância da ciência na compreensão e resolução de questões do quotidiano, bem como a sua aplicação na tecnologia e no ambiente, as AE dos diferentes níveis do 2.º e 3.º ciclo do ensino básico, estabelecem, por sua vez, e no interior do seu corpo, um conjunto de aprendizagens que visam possibilitar uma melhor interação com as diferentes áreas do saber, como as que de seguida se identificam:

- Selecionar e organizar informação a partir de fontes diversas, integrando saberes prévios para construir novos conhecimentos.
- Descrever e classificar entidades e processos com base em critérios, compreendendo a sua pertinência.
- Construir explicações científicas baseadas em conceitos e evidências científicas, obtidas através da realização de atividades práticas diversificadas – laboratoriais, de campo, de pesquisa, experimentais - planeadas para responder a problemas.
- Construir, usar, discutir e avaliar modelos que representem estruturas e sistemas.
- Reconhecer que a ciência é uma atividade humana, com objetivos, procedimentos e modos de pensar próprios, através da exploração de acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a sua natureza.
- Aplicar as competências desenvolvidas em problemáticas atuais e em novos contextos.
- Formular e comunicar opiniões críticas e cientificamente relacionadas com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).
- Integrar saberes de diferentes disciplinas para aprofundar temáticas de Ciências Naturais.
- Interpretar problemáticas do meio com base em conhecimentos adquiridos.



- Desenvolver uma atitude crítica construtiva que conduza à melhoria das condições de vida e da saúde individual e coletiva (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e).

As AE das Ciências Naturais no 2.^o e 3.^o ciclo do ensino básico português, definem, ainda, um conjunto de áreas de competências do perfil dos alunos (ACPA), que assumem o papel de descritores nas ações a desenvolver na própria disciplina, conhecidas como ações estratégicas de ensino orientadas para o PASEO. As ACPA identificadas pelas AE são, a saber:

- A) Linguagens e textos.
- B) Informação e comunicação.
- C) Raciocínio e resolução de problemas.
- D) Pensamento crítico e pensamento criativo.
- E) Relacionamento interpessoal.
- F) Desenvolvimento pessoal e autonomia.
- G) Bem-estar, saúde e ambiente.
- H) Sensibilidade estética e artística.
- I) Saber científico, técnico e tecnológico.
- J) Consciência e domínio do corpo (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e).

As ACPA privilegiam o desenvolvimento do trabalho prático e colaborativo, em interação com diferentes áreas do saber. A título de exemplo, podem considerar-se os seguintes tipos de ações a desenvolver:

- Usar e articular de forma consciente e com rigor conhecimentos (incluindo de outras áreas do saber);
- Estabelecer relações intra e interdisciplinares;
- Formular hipóteses face a um fenómeno ou evento (atividade laboratorial/experimental);
- Criar um objeto, texto ou solução face a um desafio (construção de modelos explicativos);
- Prever resultados (atividade laboratorial/experimental);
- Usar modalidades diversas para expressar as aprendizagens (ex.: imagens, modelos, gráficos, tabelas, texto);
- Organizar debates que requeiram sustentação de afirmações, elaboração de opiniões ou análises de factos ou dados;
- Discutir conceitos ou factos numa perspetiva disciplinar e interdisciplinar, incluindo conhecimento disciplinar específico;
- Problematizar situações em atividades laboratoriais / experimentais / campo;
- Confrontar ideias e perspetivas distintas sobre a abordagem de um dado problema e/ou maneira de o resolver, tendo em conta, por exemplo, diferentes perspetivas culturais, sejam de incidência local, nacional ou global;



- Realizar tarefas de planificação, de revisão e de monitorização (ex.: atividade laboratorial / experimental);
- Colaborar com outros, apoiar terceiros em tarefas;
- Participar em ações solidárias para com outros nas tarefas de aprendizagem ou na sua organização;
- Assumir uma posição perante situações dilemáticas de ajuda a outros e de proteção de si (DGE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e).

Apesar de grande parte das orientações estabelecidas pelas AE, embebidas numa perspetiva CTSA, se encontrarem em linha com a abordagem CTEAM, estes documentos de orientação curricular são, também, alvo de algumas críticas a nível individual, relativamente à operacionalização das AE efetuada pelos professores, ao nível da organização da escola e do agrupamento de escolas, mas também numa dimensão macro, imputada à natureza dos próprios documentos. Particularmente sobre este assunto, Costa et al. (2022) referem que:

ao nível macro, os resultados (..) fazem sobressair obstáculos decorrentes desde logo na apreciação do documento, sendo os mais significativos o considerarem que os documentos das AE são generalistas, vagos e permitem interpretações múltiplas, que os conteúdos / programas e o próprio documento são demasiado extensos, e sobressaem ainda obstáculos decorrentes das condições de implementação, com maior relevo para as questões relativas à desadequação da carga horária das disciplinas e a (des)articulação com a avaliação/exames externos (p. 90).

Segundo os professores, os documentos das AE deveriam explicitar mais adequadamente a articulação entre as várias aprendizagens, tanto ao nível da articulação concetual-temática, quer disciplinar e em progressão. Foram identificadas dificuldades de articulação entre os documentos orientadores e o desfasamento dos manuais escolares com as AE.

Em último lugar, destaca-se a necessidade da Direção-Geral de Educação, auscultar os docentes, com vista à otimização da operacionalidade das AE. Sobre este aspeto sugere-se que sejam escutadas, também, as associações profissionais, considerando que estas são as responsáveis pela dinamização de alguns dos *fora*, debates e até de participação no Conselho Nacional de Educação e outros organismos consultivos (Costa et. al, 2022).

No concernente à avaliação das AE, enquanto referencial curricular, a maioria dos professores são favoráveis e manifestam elevada adesão a estes documentos orientadores, entendendo que “focam o essencial, possibilitam maior flexibilidade,



facilitam o trabalho colaborativo, agilizam a articulação curricular (...)” (Costa et al., 2022, p. 242). No entanto, um dado interessante retirado da avaliação da implementação das AE, está ligado ao facto de 56,9% dos professores considerarem a adesão às AE como vantagem relativa. Cerca de 73,0% assegura que o que é proposto nas AE está próximo da sua prática, *i.e.*, daquilo que já faziam, tendo, por isso, aplicabilidade prática (72,4%). Esta observação é um indicador de que, apesar da maior parte professores reconhecerem que as AE acrescentam valor, não alteraram substancialmente a sua prática.

Perante a evidência de que as AE se encontram estruturadas segundo a perspectiva CTSA do ensino das ciências, interessa, pois, questionar se o currículo português permite uma coexistência, iminentemente simbiótica, com a abordagem CTEAM. Numa primeira fase, a busca de uma resposta para esta questão parece ter pouco sentido prático, mas a sua clarificação assume especial relevância num contexto europeu, em que cada vez mais projetos de investigação e desenvolvimento no ensino das ciências são desenhados à luz da abordagem CTEAM, beneficiando de importantes financiamentos da União Europeia, alocados ao seu plano estratégico de desenvolvimento. Tal foi o caso da linha de financiamento “*Developing a STE(A)M roadmap for Science Education in Horizon Europe*” (European Commission, 2022) inserida no Programa Horizonte Europa 2021-2027.

Globalmente, pode afirmar-se que o currículo português tem a capacidade e é flexível ao ponto de poder incluir a abordagem CTEAM nas suas dinâmicas, nomeadamente através da criação de domínios de autonomia curricular (DAC), estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho. Os DAC, ao contrário do que eventualmente possam sugerir, não correspondem à génese de novas áreas disciplinares, mas sim a uma:

combinação parcial ou total de componentes de currículo ou de formação, áreas disciplinares, disciplinas ou unidades de formação de curta duração, com recurso a domínios de autonomia curricular, promovendo tempos de trabalho interdisciplinar, com possibilidade de partilha de horário entre diferentes disciplinas (Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho).

É precisamente nesta partilha de tempos, de recursos e de estratégias, tais como o trabalho prático e o ensino experimental, que se podem constituir bases para simbioses, onde projetos com a abordagem CTEAM podem prosperar, de forma



simultânea e em interação, com as dinâmicas CTSA próprias de cada área curricular individual. Será, também, de considerar que a liberdade de atuação dos professores, no concernente à escolha das estratégias pedagógicas mais adequadas às suas turmas, no decorrer da prática letiva, bem como os projetos de investigação desenvolvidos por instituições do ensino superior e centros de investigação, constituem-se como importantes nichos de desenvolvimento das estratégias CTEAM. Sobre este último caso, pode tomar-se como exemplo o projeto Droide II – Robots em Educação Matemática e Informática (Martins & Fernandes, 2020). Ao longo de dois anos escolares, os alunos do 2.º e 3.º ano do ensino básico, escreveram e dramatizaram uma história, em que as personagens foram robots construídos e programados pelos próprios alunos. Esta construção implicou a atribuição de características físicas e psicológicas a cada um, bem como o estabelecimento das relações de amizade entre eles, tendo-se por último procedido à negociação do enredo principal e escrita da história, com a colaboração de todos os grupos de trabalho. A fase final correspondeu à realização de um filme, baseado na história escrita, tendo os alunos criado e participado em equipas de montagem, filmagem, realização, som, programação dos robots, vozes e iluminação. Para além das equipas de investigação, também as professoras das áreas curriculares estiveram sempre presentes, contando ainda com a colaboração dos professores de Expressão Plástica. Pode considerar-se que em Portugal, e de forma particular ao nível da educação não formal, a abordagem CTEAM tem vindo a prosperar sob múltiplas formas. Uma dessas formas são os programas desenvolvidos pelas equipas educativas da rede de centros Ciência Viva, que se dedicam a construir ambientes de aprendizagem interativos, cuja exploração pode ser efetuada através de uma visita ao centro, ou através de ações educativas desenvolvidas pela sua equipa educativa numa visita à própria escola. A “Escola Ciência Viva”, um projeto específico desenvolvido neste âmbito, resulta da parceria entre a Universidade de Aveiro, a Fábrica – Centro de Ciência Viva e a Câmara Municipal de Aveiro (Escola Ciência Viva, 2022).

Outra ação igualmente assinalável é o projeto “Academia de Cidadania Digital” desenvolvido no município de Odivelas, distrito de Lisboa. Nele se prevê a realização de formação contínua e acreditada de professores sobre a abordagem CTEAM, providenciando a articulação com a literacia dos media, processo no qual os professores desenham e implementam oficinas de formação com os seus alunos (Tomé et al., 2021). Os objetivos passam por intervir no desenvolvimento de



competências sociais e emocionais, em crianças dos 3 aos 12 anos, fornecendo-lhes condições para intervenção através dos media, empoderando para elaborarem estratégias empreendedoras. Os investigadores concluíram que as crianças, com base no seu relato, apresentaram algumas dificuldades em reconhecer as situações em que tiveram a iniciativa, se efetivamente ajudaram os colegas na resolução dos problemas surgidos, e se as suas opiniões foram ouvidas e respeitadas. Ainda assim, sentiram-se confortáveis e apreciaram genericamente das atividades propostas por lhes permitir trabalhar em grupo, aprender novos conteúdos de modo divertido, como são, por exemplo, diferentes formas de intervenção social.

Estes dois exemplos sugerem que, no quadro português, a perspetiva CTSA (estruturante curricular das disciplinas no ensino formal das ciências) e a abordagem CTEAM (mais associada a contextos educativos não formais), podem articular-se e interconectar-se, inclusivamente nos mesmos ambientes de aprendizagem, quer estes se encontrem integrados, ou até mesmo fora dos espaços escolares.

7 – Conclusões possíveis

A abordagem CTEM do ensino das ciências surgiu como resposta a uma necessidade de se impulsionar a competitividade e o pensamento crítico dos alunos, motivando-os a enveredarem por caminhos profissionais no campo das ciências, através de uma transdisciplinaridade entre as suas diferentes áreas. A sua finalidade, prende-se também com o intuito de os preparar para responder a questões atuais e prementes, de natureza técnica e científica, que se colocam no nosso contexto social.

No entanto, após a abordagem CTEM se ter demonstrado pouco motivante para os alunos em diferentes sistemas de ensino, como vem a ser o caso do norte-americano, não produzindo ainda os efeitos desejados na melhoria das suas aprendizagens em ciências, nesta abordagem foi integrada a arte, como forma de promover o pensamento divergente, explorando múltiplas soluções numa conexão mais intrínseca com o meio envolvente. Esta nova conceptualização do ensino das ciências passou a ser conhecida por abordagem CTEAM.

Alguns autores consideram que a abordagem CTEAM pressupõe uma preocupação com as questões ambientais e o impacto do ser humano nos ecossistemas, mas, esta relação não é nitidamente evidente. Este movimento interdisciplinar de ensino parece focar-se mais nas questões práticas da competitividade económica de um país em relação aos seus competidores. Por este



motivo, consideram o desenvolvimento de perspectivas alternativas e/ou complementares da abordagem CTEAM, como é o caso da perspectiva CTSA, a Ciência da Sustentabilidade ou a CTEAM-h, como abordagens que preconizam uma verdadeira transdisciplinaridade entre as disciplinas científicas e a Arte, mas considerando ainda todas as questões ecológicas, que derivam da intervenção humana nos ecossistemas, procurando vias para a promoção da saúde ecológica, através de um desenvolvimento humano, que pretende ser verdadeiramente sustentável.

Apesar de diferentes investigadores terem apontado várias críticas e desafios à implementação da abordagem CTEAM, desde a falta de preparação dos professores para ensinarem segundo os seus métodos, até ao risco de tornar o ensino das suas diferentes áreas, mais superficial, os benefícios imputados ao desenvolvimento desta abordagem, parecem ser bem mais significativos.

Estes benefícios anteriormente aludidos impulsionam a educação em ciências no sentido de promover o consensualmente desejado ensino por investigação (*inquiry teaching*), articulando a partilha de ideias e de conhecimento entre alunos e entre professores de diferentes áreas. Esta partilha de informação entre docentes, particularmente ao nível da preparação das suas aulas, cruzando saberes através da promoção de um pensamento divergente, poderá ser enriquecida através, por exemplo, do contributo do design.

Em Portugal, verifica-se que as AE, enquanto documentos de organização curricular, se encontram estruturados de acordo com a perspectiva CTSA, não sendo impeditivos para o surgimento de projetos transdisciplinares com uma abordagem CTEAM. Esta abordagem tem sido cada vez mais enfatizada no quadro comunitário europeu, tendo em Portugal encontrado terreno fértil para se desenvolver, tanto em projetos transdisciplinares promovidos pelas diferentes áreas curriculares, como também em ambientes de aprendizagem não formal das ciências. A legislação portuguesa prevê, ainda, a possibilidade de criação de DAC, que se poderão constituir como uma importante base para o desenvolvimento de projetos educativos, enquadrados numa abordagem CTEAM, possibilitando também a articulação com a perspectiva CTSA de cada uma das suas áreas constituintes.

De momento, parece ser relevante perceber como estão a ser trabalhadas a abordagem CTEAM e a perspectiva CTSA, nos cursos de formação inicial de professores e nas ações de formação contínua, de modo a relacionar estes produtos



com o impacto na sua prática letiva, e por inerência, na qualidade das aprendizagens desenvolvidas pelos alunos.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/04312/2020.

Referências

Aguilera, D. & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331.

<https://doi.org/10.3390/educsci11070331>

AIA-CTS. (2022, March 9). AIA-CTS: Associação ibero-americana ciência-tecnologia-sociedade na educação em ciências. https://aia-cts.web.ua.pt/?page_id=2

All Education Schools.com. (2022, March 9). Resources for current and future STEAM educators. <https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education/>

Aprotosoiaie-Iftimi, A. (2020). The role of arts in school education. *Review of Artistic Education*, 20(1), 198-203. <https://doi.org/10.2478/rae-2020-0024>

Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*.

<https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>

BCSD. (2022, March 9). *Objetivos de desenvolvimento sustentável e o BCSD Portugal*. <https://www.ods.pt/>

Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C. and Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton and T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integration* (pp. 23–37). London: Taylor & Francis.

CAST. (2022, March 9). *About universal design for learning*. <https://www.cast.org/impact/universal-design-for-learning-udl>

Costa, F., Paz, A., Pereira, C., Cruz, E., Soromenho, G., & Viana, J. (2022). *Relatório de avaliação da implementação das aprendizagens essenciais*. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. <http://www.dge.mec.pt/noticias/relatorio-de-avaliacao-da-implementacao-das-aprendizagens-essenciais>

Chu, S., Reynolds, R., Tavares, N., Notari, M., & Lee, C. (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning: From theory to practice*. Springer.



Chung, S., & Li, D. (2021). Issues-based STEAM education: A case study in a Hong Kong secondary school. *International Journal of Education & the Arts*, 22(3), 1-22.
<http://www.ijea.org/v22n3/>

Colucci-Gray, L., Burnard, P., Cooke, C., Davies, R., Gray, D., & Trowsdale, J. (2017). *Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: how can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education?* British Educational Research Association.
<https://jotrowsdale.files.wordpress.com/2017/11/bera-research-commission-report-steam.pdf>

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2018). From STEM to STEAM: How to monitor creativity. *Creativity Research Journal*, 30(3), 233-240.
<https://doi.org/10.1080/10400419.2018.1488195>

Costantino, T. (2017). STEAM by another name: transdisciplinary practice in art and design education. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 100-106.
<https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1292973>

Csikszentmihalyi, M. (1985). *Boredom and anxiety*. Jossey-Bass Publishers.

Decreto Lei n.º 55/2018, de 6 de julho. *Diário da República*, I série, n.º 129.
<https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/55-2018-115652962>

Despacho n.º 8476-A/2018, de 31 de agosto. *Diário da República*, II série, n.º 168. <https://dre.pt/application/file/a/116278990>

DGE - Direção-Geral da Educação. (2018a). *Aprendizagens essenciais - articulação com o perfil dos alunos - 5.º ano - 2.º ciclo - Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/2_ciclo/5_ciencias_naturais.pdf

DGE - Direção-Geral da Educação. (2018b). *Aprendizagens essenciais - articulação com o perfil dos alunos - 6.º ano - 2.º ciclo - Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/2_ciclo/6_ciencias_naturais.pdf

DGE - Direção-Geral da Educação. (2018c). *Aprendizagens essenciais - articulação com o perfil dos alunos - 7.º ano - 3.º ciclo - Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_7a_ff.pdf

DGE - Direção-Geral da Educação. (2018d). *Aprendizagens essenciais - articulação com o perfil dos alunos - 8.º ano - 3.º ciclo - Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.



https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_8a_ff.pdf

DGE - Direção-Geral da Educação. (2018e). *Aprendizagens essenciais - articulação com o perfil dos alunos - 9.º ano - 3.º ciclo - Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.

https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/ciencias_naturais_3c_9a_ff.pdf

Doniger, T. (2018). Art infusion: Ideal conditions for STEAM. *Art Education*, 71(2), 22–27. <https://doi.org/10.1080/00043125.2018.1414534>

EducationCloset. (2022). *What is STEAM education?*

<https://artsintegration.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/>

Ellefson, M., Brinker, R., Vernacchio, V., & Schunn, D. (2008). Design-based learning for biology: Genetic engineering experience improves understanding of gene expression. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(4), 292-298.

<https://doi.org/10.1002/bmb.20203>

Escola Ciência Viva. (2022, March 15). *Escola ciência viva - fábrica centro ciência viva de Aveiro*. <http://www.escolacienciaviva.pt/>

European Commission. (2022, Março 15). *Developing a STE(A)M roadmap for science education in horizon Europe*. <https://bitly.com/kubpS>

Graham, M. (2021). The disciplinary borderlands of education: Art and STEAM education. *Journal for the Study of Education Development*, 44(4), 769-800.

<https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926163>

Haesen, S., & Van de Put, E. (2018). *STEAM education in Europe: A comparative analysis report*. EuroSTEAM.

https://www.eurosteamproject.eu/res/Comparative_analysis_report_vlatest.pdf

Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active learning augmented reality for STEAM education - a case study. *Education Sciences*, 10(8), 198.

<https://doi.org/10.3390/educsci10080198>

Katz-Buonincontro, J. (2018). Gathering STE(A)M: policy, curricular, and programmatic developments in arts-based science, technology, engineering, and mathematics education Introduction to the special issue of arts education policy review: STEAM focus. *Arts Education Policy Review*, 119(2), 73-76.

<https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1407979>

Kang, N-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education* 5(1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>



Keane, L., & Keane, M. (2016) STEAM by design. *Design and Technology Education: An International Journal*, 21(1), 61-82.

<https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2085>

Kim, D., & Bolger, M. (2016). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587-605.

<https://doi.org/10.1007/s10763-015-9709-3>

Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>

Lathan, J. (2022, March 8). *Why STEAM is so important to 21st century education*. University of San Diego. <https://onlinedegrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/>

Li, Y., & Schoenfeld, A. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as “given” in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 44.

<https://doi.org/10.1186/s40594-019-0197-9>

Liao, C. (2019). Creating a STEAM map: A content analysis of visual art practices in STEAM education. In M. S. Khine, & S. Areepattamannil (Eds.), *STEAM education: theory and practice* (pp. 37–55). Springer.

Madden, M., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M, Ladd, B., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science*, 20(2013), 541-546.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.316>

Martins, G., et al. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Direção-Geral da Educação, Ministério da Educação.

https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, M., Nery, R., & Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Direção-Geral da Educação, Ministério da Educação.

https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf

Martins, I. (2020). Revisitando orientações CTS|CTSA na educação e no ensino das ciências. *Revista APEDuC - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia*, 1(1), 13-29.

<https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/issue/view/3>



Martins, S., & Fernandes, E. (2020). Robots na aprendizagem das STEAM. In A. Duarte & N. Cristóvão (Eds.), *Educação, artes, cultura: discursos e práticas* (pp. 188-202). Universidade da Madeira – Centro de Investigação em Educação.
<http://hdl.handle.net/10400.13/2813>

Mendes, A., & Martins, I. (2016). Cinco orientações para o ensino das ciências: a dimensão CTS no cruzamento da didática e de políticas educativas internacionais. *CTS - Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11(33), 93-112.
<http://www.revistacts.net/contenido/numero-33/cinco-orientaciones-para-o-ensino-das-ciencias-a-dimensao-cts-no-cruzamento-da-didatica-e-de-politicas-educativas-internacionais/>

Ministry of Education New Zeland. (2019, March 9). *Future focused learning: STEM/STEAM*. <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>

OECD. (2019). *OECD future of education and skills 2030. OECD learning compass 2030. A series of concept notes*. OECD. https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

OECD. (2021a, october 29). *Tertiary graduates by field*.
<https://data.oecd.org/students/tertiary-graduates-by-field.htm>

OECD. (2021b). *Education at a glance 2021: OECD indicators*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/b35a14e5-en>.

Oliveira, H., & Bonito, J. (2022). O ensino experimental das ciências naturais: impacto das aprendizagens essenciais nas suas dinâmicas. In M. Sá, & L. Morgado (Eds.), *Livro de atas do V ENJIE: investigação em educação e responsabilidade social – vozes dos jovens investigadores* (pp. 485-497). Universidade de Aveiro.
<https://doi.org/10.48528/tr7a-j538>

Osorio, C., & Martins, I. (2011). La educación científica y tecnológica para el espacio iberoamericano de conocimiento. In M. Albornoz, & J. Cerezo (Eds.), *Ciencia, tecnología y universidad en Iberoamérica* (pp. 121-143). Eudeba, Organización de Estados Iberoamericanos. http://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2013/11/ciencia_universidades.pdf

Partnership for 21st Century Learning. (2022, March 25). *Partnership for 21st century learning: A network of battelle for kids*.
<http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>

Queiruga-Dios, M., Lopez-Iñesta, E., Diez-Ojeda, M., Saíz-Manzanares, M., & Vázquez-Dorrio, J. (2020). Implementation of a STEAM project in compulsory secondary education that creates connections with the environment (implementación de un proyecto STEAM en educación secundaria generando conexiones con el entorno). *Journal for the Study of Education and Development / Infancia Y Aprendizaje*, 44(4), 871-908. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925475>



- Rabalais, M. (2014). STEAM: A national study of the integration of the arts into STEM instruction and its impacts on student achievement [Doctoral dissertation, University of Louisiana]. ProQuest Dissertations and Theses. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/steam-national-study-integration-arts-into-stem/docview/1669973460/se-2>.
- Skowronek, M., Gilberti, R. M., Petro, M., Sancomb, C., Maddern, S., & Jankovic, J. (2022). Inclusive STEAM education in diverse disciplines of sustainable energy and AI. *Energy and AI*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2021.100124>
- Steele, A., Brew, C., & Beatty, B. (2012). The tower builders: a consideration of STEM, STSE and ethics in science education. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(10), 118-133. <http://ro.ecu.edu.au/ajte/vol37/iss10/8>
- Tomar, G., & Garg, V. (2020). Making STEAM accessible for inclusive classroom. *Global Journal of Enterprise Information System*, 12(4), 94-101. <https://gjeis.com/index.php/GJEIS/article/download/605/566>
- Tomé, V., Livramento, A., Rosa, A., Alves, A., Mendes, A., Peres, A., Dias, A., Proença, B., Rodrigues, C., Machado, C., Alves, C., Monteiro, E., Saraiva, G., Cortes, I., Guimarães, J., Contente, J., Gomes, J., Lopes, M., Mora, M., ... Fernandes, T. (2021). "Fazer o mundo inteiro" – atividades de STEAM e literacia dos media do pré-escolar ao 2.º ciclo. Ministério da Educação – Direção-Geral da Educação. <https://www.leme.gov.pt/recursos/fazer-o-mundo-inteiro-atividades-de-steam-e-literacia-dos-media-do-pre-escolar-ao-2o-ciclo>
- Vilches, A., Pérez, D., & Praia, J. (2011). De CTA a CTSA: Educação por um futuro sustentável. In W. Santos, & D. Auler (Eds.), *CTS e educação científica, desafios, tendências e resultados de pesquisa* (pp. 161-184). Universidade de Brasília.
- Vilches, A., & Pérez, D. (2015). Ciencia de la sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*, 69(1), 39-60. <https://rieoei.org/RIE/article/view/152/265>
- Watson Institute. (2022, March 16). *Incorporating STEAM into special education curriculum*. <https://www.thewatsoninstitute.org/incorporating-steam-learning-into-special-education-curriculum/>
- Zayyad, M. (2019). STEAM education for students with specific learning disorders. In W. Wu, & S. Alan (Eds.), *Research highlights in education and science* (pp. 31-42). ISRES Publishing.