



EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: PENSAR O TODO

SCIENCE EDUCATION: THINKING THE WHOLE

EDUCACIÓN EN CIENCIAS: PENSAR EL TODO

António Cachapuz ¹

Resumo: Tendo como referência a epistemologia da complexidade de Edgar Morin, o estudo visa apoiar uma reflexão crítica sobre a natureza interdisciplinar da Educação em Ciências. Discute-se o próprio campo epistémico da Educação em Ciências como uma ilha de racionalidade segundo Fourez e, em articulação com o anterior argumento, destacam-se três dimensões interdisciplinares: orientação CTS do currículo escolar; pluralismo metodológico no ensino; práticas pedagógicas dos professores. Apresentam-se sugestões de trabalho para os professores visando ajudar os alunos a reinventarem a sua relação com o conhecimento permitindo-lhes dar sentido, unidade e coerência à diversidade das suas representações e experiências com o mundo

Palavras-chave: Educação em ciências. Interdisciplinaridade.

Abstract: Based on the epistemology of complexity of Edgar Morin, the study aims to support a critical reflection on the interdisciplinary nature of Science Education. The epistemic field of Science Education itself is discussed as an island of rationality according to Fourez and articulated with the previous argument, three interdisciplinary dimensions stand out: STS orientation of the school curriculum; methodological pluralism in teaching; teachers' pedagogical practices. Suggestions for work are presented to science teachers to help students reinvent their relationship with knowledge, allowing them to give meaning, unity and coherence to the diversity of their representations and experiences with the world.

Keywords: Science education. Interdisciplinarity.

Resumen: Teniendo como marco de referencia la epistemología de la complejidad de Edgar Morin, el estudio tiene como objetivo apoyar una reflexión crítica sobre el carácter interdisciplinario de la Educación en Ciencias. Se discute el campo epistémico de la Educación en Ciencias como una isla de racionalidad según Fourez y en articulación con el argumento anterior, se destacan tres dimensiones interdisciplinarias: orientación CTS del currículo escolar; pluralismo metodológico en la enseñanza; prácticas pedagógicas docentes. Se presentan sugerencias de trabajo a los profesores para ayudar a sus estudiantes a reinventar su relación con el conocimiento, permitiéndoles dar sentido, unidad y coherencia a la diversidad de sus representaciones y experiencias con el mundo.

Palabras-clave: Educación en ciências. Interdisciplinarietà

Submetido 15/02/2023

Aceito 26/04/2023

Publicado 27/04/2023

¹ Professor Catedrático (aposentado) da Universidade de Aveiro/CIDTFF, Portugal. ORCID 0000-0001-9112-6087, cachapuz@ua.pt

Introdução

Pensar o todo, é uma expressão de que me apropriei do filósofo e sociólogo Marcel Mauss para o título deste estudo e referida por Edgar Morin (1996) sobre a necessidade de uma outra forma de pensar o conhecimento em linha com a epistemologia da complexidade de que é um dos mais conhecidos arautos. Para Morin, a complexidade significa bem mais do que complicação, ou seja, não é só “uma tal imbricação de ações, retroações, que nem o espírito humano nem um computador extremamente potente poderiam medir ou mesmo discernir os elementos e processo desta teia emaranhada” (MORIN, 1996, p.14). Para ele, complexidade é algo mais profundo, “é o problema da dificuldade de pensar, porque o pensamento é um combate com e contra a lógica, com e contra as palavras, com e contra o conceito” (MORIN, 1996, p.14). Para ele há uma deficiência fatal no conhecimento contemporâneo baseado num conhecimento segmentado unidimensional, quantificável e burocratizado:

Os conhecimentos multiplicam-se exponencialmente de tal forma que ultrapassam a capacidade de nos apropriarmos deles; lançam, sobretudo, um desafio para a complexidade: como confrontar, selecionar, organizar os conhecimentos de forma adequada, ao mesmo tempo religando-os e integrando as incertezas. Para mim, isso revela mais uma vez a insuficiência do modo de conhecimento que nos foi inculcado, que nos faz separar o que é inseparável e reduzir a um único elemento aquilo que é ao mesmo tempo uno e diverso. (MORIN, 2020, p.6).

Palavras certas

Em contraponto, Morin defende na esteira de pré-socráticos como Heráclito de Éfeso o princípio sistémico de que o todo é mais do que a soma das partes e que há que valorizar o que une e não o só o que separa, antítese do pensamento reducionista. O que é que este princípio tem a ver com a Educação em Ciências como área emergente do conhecimento (no sentido epistémico, não confundir com o ensino das ciências propriamente dito ou com a formação de professores)? Tem muito.

Desde logo para apoiar uma reflexão crítica sobre a natureza interdisciplinar da Educação em Ciências (a sua complexidade), no fundo sobre o que qualifica e legitima sob o ponto de vista epistémico o seu discurso sobre o ensino e a aprendizagem das ciências (seu objeto). Mas não só. Ficar por aqui seria um registo meramente académico. Pensar o todo aplica-se não só à natureza do construído (saberes epistémicos), mas também ao sentido do

construído, em particular à visão de ciência. Ou seja, de como a visão de ciência defendida por Morin pode ser apropriada para a Educação em Ciências. É o que o autor nos revela ao afirmar que,

A ciência é intrínseca, histórica, sociológica e eticamente complexa. É essa complexidade específica que é preciso reconhecer. A ciência tem necessidade de um pensamento não só apto a pensar a complexidade do real, mas desse mesmo pensamento para considerar sua própria complexidade e a complexidade das questões que ela levanta para a humanidade. (MORIN, 2005, p.9).

Dito de outro modo, a ciência (quem a faz) deve refletir sobre si mesma e das implicações do seu projeto. E acrescenta à guisa de aviso, “é dessa complexidade que se afastam os cientistas não apenas burocratizados, mas formados segundo os modelos clássicos do pensamento” (MORIN, 2005, p.9). Mas há quem reflita, em particular autores envolvidos na reflexão sociológica, axiológica e epistemológica sobre a ciência.

Para Federico Mayor, “a ciência deve continuar a sondar os inúmeros mistérios que perduram. Mas ela não pode mais - e sobretudo nós não podemos mais, graças a ela e ao seu lado – iludir a questão fundamental: a ciência para quê e para quem?” (Mayor, 1999). Também a UNESCO (1999) ao debruçar-se sobre que ciência para o século XXI na sua “Conferência Mundial sobre Ciência para o século XXI”, alertava para o papel estratégico do conhecimento científico e do peso cada vez maior do conhecimento científico nas decisões públicas e privadas e sublinhava a necessidade do acesso generalizado ao conhecimento científico e tecnológico como parte do direito à educação, ou seja, para todos. Mas também alertava que o uso do conhecimento científico deve ter pelos direitos humanos e a dignidade dos seres humanos; os riscos que algumas aplicações da ciência podem trazer aos indivíduos e à sociedade, ao ambiente e à saúde humana; os contributos da ciência à causa da paz e do desenvolvimento à segurança mundial; a necessidade de praticar e aplicar as ciências de acordo com requisitos éticos apropriados (UNESCO, 1999). Mais perto de nós, a UNESCO (2017) no “Fórum Mundial da Ciência” reiterou o papel da Ciência para a Paz como potenciadora do desenvolvimento sustentável, paz e entendimento global.

Do que necessitamos é de uma ciência de rosto humano, de sentido emancipatório e exigindo uma maior responsabilidade humana pela escolha e pela decisão:

Não faltam problemas e/ou dilemas ambientais, bioéticos, de desenvolvimento sustentável...com que somos confrontados todos os dias e é frequente autores debruçarem-se sobre temáticas pertinentes de estudo (OZDEN, 2020). Do que se trata é da defesa de uma ciência mais perto das pessoas, socialmente comprometida, no quadro de um ideal emancipatório e ancorada numa ética de responsabilidade e de solidariedade. Estes são princípios que consubstanciam uma deslocalização epistémica no quadro de uma visão do conhecimento científico como lugar de um reencontro de cariz humanista do Homem com a natureza e consigo mesmo. É o acentuar do papel do sujeito (CACHAPUZ, 2022, p. 68).

Na esteira de Edgar Morin, o que aqui se defende é que a Educação em Ciências (também ela) deve promover um diálogo inovador entre diversas áreas do saber que ajude os jovens e menos jovens a reinventar a sua relação com o conhecimento permitindo-lhes dar sentido, unidade e coerência à diversidade das suas representações e experiências com o mundo. Na primeira (mas não única) linha de um tal empreendimento estão os professores de ciências eles mesmos sendo capazes de recriar o currículo escolar mobilizando de modo interdisciplinar a diversidade dos seus saberes académicos e profissionais. É sobretudo para eles que este estudo se dirige e a sua finalidade é dupla. Por um lado (foco epistémico), valorizar uma visão interdisciplinar da Educação em Ciências (enquanto quadro epistémico) ou seja, uma reflexão ainda que sumária, sobre a lógica da sua construção e o que a constitui e qualifica como área emergente do conhecimento indo para lá da mera projeção intradisciplinar das disciplinas envolvidas na ciência escolar (biologia, física, química...). Por outro lado (foco educacional), e em articulação com a matriz epistémica, destacar três importantes dimensões interdisciplinares da Educação em Ciências, em particular no ensino não superior: orientação CTS do currículo escolar; pluralismo metodológico no ensino; práticas pedagógicas dos professores.

O que me traz aqui não são elaborações teóricas obre a interdisciplinaridade (sobre o assunto ver, por exemplo, FAZENDA, 2008; POMBO, 2021) nem o estudo de uma problemática ou temática particular sobre o ensino das ciências ou sobre a formação de professores. O que me traz aqui é uma reflexão mais alargada a montante de temáticas particulares. Tal exercício pode ajudar a uma reflexão crítica (ou seja, para além da experiência empírica) de futuros professores/professores de ciências sobre o ensino e apoiar o seu desenvolvimento profissional. É a defesa do professor como sujeito reflexivo, do seu

empoderamento profissional e da problematização das práticas educativas em oposição ao discurso do “professor artesão”. Para Pimenta (2000),

a reflexão é um atributo humano e, portanto, do professor. Todavia, não basta incorporá-la de forma técnica e mecânica e acreditar que, por si só, ela solucionará todos os problemas e obstáculos pedagógicos. Faz-se necessário um embasamento teórico que dê suporte a essa inserção da reflexividade na prática docente. (PIMENTA, 2000, p.21).

Por exemplo, Boszko e Rosa (2020) reportam o pensamento de vários autores sobre o “discurso reflexivo” da formação e descrevem o potencial formativo dos designados diários reflexivos. Sendo certo que é possível construir saberes a partir da experiência, sem quadros teóricos de referência (em particular os oriundos da pesquisa), competências exigidas para a mesma (sobretudo de metacognição) e condições de socialização (debate interpares) o exercício de reflexão será de alcance limitado. Ou seja, dificilmente gerador da mudança.

O estudo explorou uma abordagem da pesquisa qualitativa de natureza interpretativa (LUDKE; ANDRÉ, 1986). O processo de análise seguiu técnicas de análise documental (FLICK, 2009) com uma imersão nos diferentes dados obtidos, seu escrutínio e seleção em função da finalidade do estudo. Como fontes privilegiadas foi usada documentação institucional da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) e bibliografia pertinente para a finalidade do estudo.

Da construção da Educação em Ciência

Na ausência de uma teoria geral que unifique e dê coerência a conceitos, fenômenos e circunstâncias com respeito ao ensino, aprendizagem e formação na área das ciências, foi necessário na construção da Educação em Ciências proceder à apropriação de saberes elaborados e sistematizados de outras áreas do conhecimento. É um processo recente (menos de um século) na escala temporal da história dos saberes constituídos o que a qualifica como área emergente do conhecimento. Na figura 1 representa-se tentativamente o campo epistêmico da Educação em Ciências como uma ilha de racionalidade no sentido dado por Fourez (1995) assinalando diferentes campos epistêmicos presentes na sua construção e correspondentes formulações teóricas. Ao contrário da visão hierárquica e segmentada do conhecimento que o reducionismo Positivista consagrou, a visão interdisciplinar não confunde diferentes áreas do

conhecimento, mas valoriza a compreensão do todo, a multidimensionalidade e multirreferencialidade do conhecimento, no caso da Educação em Ciências.

Figura 1: Representação possível do campo epistêmico da Educação em Ciências



Fonte: Próprio

Nesta representação interdisciplinar, na figura 1 os círculos representam campos epistêmicos, vulgo disciplinas acadêmicas. No essencial, quem decide sobre o conhecimento de cada uma dessas áreas representadas do conhecimento é a investigação (estado da arte). Tipicamente, as Ciências da Educação englobam a Teoria da Educação, Sociologia da Educação, Psicologia da Educação, Teoria do Currículo... sendo aliás possível reconhecer facilmente permeabilidades e contágio entre elas (por exemplo, sócio – construtivismo de Vigostky ou aprendizagem situada de Lave e Wenger, entre outros. Embora no texto, por simplicidade, se use simplesmente a designação de ciência, no círculo correspondente inscreveu-se ainda tecnociência para assinalar que a unidade ciência/tecnologia é uma característica que distingue a ciência contemporânea da ciência tradicional. A ciência contemporânea (tecnociência) opera num contexto bem mais vasto (em linha com necessidades das sociedades contemporâneas tecnologicamente evoluídas) do que a ciência académica de

caracter eminentemente disciplinar. Uma tal transição também trouxe outras incertezas e implicações.

As linhas representam transposições disciplinares (1ª ordem), isto é, apropriações de conhecidas áreas de conhecimento para a construção epistêmica da Educação em Ciências. Nem todo o conhecimento científico (física, biologia ...) é suposto ser transposto para a ciência escolar, pelo menos no ensino não superior. Por exemplo, a linha (transposição) “Ciência” > “Educação em Ciências” representa o que se transpõe (paradigmas disciplinares) do corpus da ciência (física, química...) para a ciência escolar em função do nível de ensino. A transposição “Filosofia da Ciência” > “Educação em Ciências”, dimensão epistemológica, representa apropriações da epistemologia das ciências (Bachelard, Toulmin, Lakatos, Khun, entre outros) para a Educação em Ciências. De registrar que, embora sejam conhecidas singularidades de ordem epistêmica entre esses autores (por exemplo, visões internalistas vs. externalistas sobre a construção do conhecimento científico), algo de fundamental e mais importante os une, a saber, a defesa de uma visão pós - positivista da ciência, em particular na problemática do conhecimento a não separação/ocultação entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Tal convergência epistemológica fundamental não impede que, para um dado estudo, a opção por cada um desses autores depende do propósito do mesmo: por exemplo, no estudo de relações dialógicas entre ciência e arte (Bachelard), mudança conceitual (Toulmin) ou exploração das controvérsias científicas no ensino das ciências (Khun). A mesma lógica aplica-se ao círculo da “Ética”, dimensão axiológica relevante para a construção da Educação em Ciências pelo que representa de abertura à consciência e interpelação éticas, em particular a uma ética de responsabilidade. É importante incorporar uma visão humanista através de apropriações do pensamento de diversos autores (ainda que com singularidades conhecidas, Kant, Stuart Mill...). Por exemplo, sobre problemáticas da responsabilidade e dignidade individuais na abordagem de questões da contemporaneidade (suscitadas pela bioética, desenvolvimento e impactos da tecnociência, desenvolvimento sustentável...). Também no que respeita à dimensão social, a transposição “Sociologia da Ciência” > “Educação em Ciências” tem implicações educacionais importantes pois envolvem articulações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (vulgo CTS) em linha com referências acima (ver UNESCO e Mayor). Foram estudos sobre implicações sociais do desenvolvimento científico/tecnológico (sobretudo na Europa e Estados Unidos ainda que com tradições diferenciadas (GARCIA, M.; CERESO, J.;

LÓPEZ,1996) que estão na gênese de posteriores apropriações educacionais/curriculares CTS bem conhecidas. Nas transposições “História da Ciência” > “Ciência”, ao invés da visão a-histórica ou pseudo-histórica da descoberta científica, as apropriações da História da Ciência devem sinalizar o seu caráter contextualizado (ver por exemplo, HIDALGO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2021, sobre a análise crítica à apresentação do princípio de Arquimedes em vários livros didáticos).

O que se transpõe de cada uma das partes representadas para a ciência escolar depende naturalmente das finalidades e contextos de ensino. Assim, ao contrário do ensino fundamental, no ensino superior, a transposição “Ciência” > “Educação em Ciências” tradicionalmente privilegia a transposição da lógica interna das disciplinas (o seu corpus) já que a visão de Educação em Ciências é aí frequentemente entendida como uma mera projeção intradisciplinar das disciplinas mãe (química, física, biologia...). Nesse caso essa seria na figura 1 a transposição dominante em qual caso faria mais sentido falar de Educação para as Ciências e não em Ciências. Como um todo, a consistência do referencial representado depende da sua auto - coerência interna das diferentes formulações teóricas transpostas. Por exemplo, seria incongruente uma transposição valorizando o behaviorismo (da “Psicologia da Educação”) em simultâneo com uma transposição CTS (do “Ciências da Educação/ Currículo”), com uma visão pós-positivista (“Filosofia da Ciência”).

Um possível exercício na formação de professores (formação contínua ou prática pedagógica na formação inicial) é, para um dado caso em estudo (do próprio ou da literatura) usar a figura 1 como chave de leitura. Ou seja, identificar qual ou quais das áreas cartografadas na Figura 1 estão envolvidas nesse estudo, analisar as especificidades apresentadas e discutir que tipo de abordagem é feita. Em particular, que transposições de 2ª ordem (não representadas, entre o campo epistêmico da Educação em Ciências assim construído e posteriores práticas de ensino) seriam as mais desejáveis para um dado contexto e situação de ensino da ciência escolar. E ainda de quais as relações dialógicas entre os saberes acadêmicos com a epistemologia da prática dos professores.

Três teses sobre a educação em ciências

A transposição do nível epistêmico da Educação em Ciências para o nível dos contextos de ensino e de formação de professores não é linear nem de resposta única. Registre-se que a

análise da literatura recente não permite identificar nenhum quadro teórico sistêmico inovador relativo ao ensino e à formação em ciências (em particular artigos de revisão e meta-análise em jornais de referência, por exemplo, *Studies in Science Education*, 2022; 2023). A profusão de estudos analisados em várias revistas internacionais (*IJSE*, *S&E*, *JRST*, entre outras) diz respeito a temáticas particularizadas e contextos específicos, por certo abordagens de elevado mérito, mas inserindo-se em conhecidas linhas de investigação (natureza da ciência; resolução de problemas; história da ciência; manuais escolares; trabalho experimental; mudança conceptual; contextos não formais de ensino; concepções alternativas (aparentemente com novo fôlego); atitudes em relação à ciência; formação inicial de professores; CTS; ambiente e sustentabilidade (estas mais recentes), entre outras. Não fica claro se tal situação se deve a dificuldades de elaboração teórica global sobre a Educação em Ciências ou se em termos epistêmicos já teria atingido o que se poderia chamar de “velocidade de cruzeiro”.

No que se segue, e em linha com a finalidade deste estudo, apresenta-se uma reflexão crítica sobre três aspetos relativos ao ensino e formação no âmbito da Educação em Ciências considerados nucleares de modo a valorizar uma abordagem interdisciplinar do campo em estudo, em particular no ensino não superior: currículo de ensino; pluralismo metodológico; práticas pedagógicas dos professores. Os dois primeiros dizem respeito ao ensino propriamente dito; o último à formação de professores. Outros haveria que referir que não cabem nos limites deste estudo.

Defender uma orientação CTS do currículo escolar

Defende-se que a melhor forma atual de transpor uma visão interdisciplinar e humanista da ciência (ver acima) para o ensino das ciências é através de uma orientação CTS (cujá sigla por simplicidade resume aqui diversas tradições, em particular a europeia e a americana (ver GARCIA *et al.* 1996) ou tendências conhecidas em particular CTSA englobando a dimensão ambiental). Como noutra lado referi, a orientação CTS

apesar de críticas de vária ordem (algumas das quais pertinentes), tem seu espaço educacional consolidado na educação em ciências e abundantemente estudado (ver por exemplo, SANTOS; AULER, 2011). Tenham-se em conta as várias linhas de investigação em curso, produção científica, eventos internacionais sobre o tema, currículos de ensino e de formação, jornais/revistas, por exemplo, Alexandria: Revista de Educação em Ciência e

Tecnologia (já com 15 volumes publicados), em suma, uma comunidade científica dinâmica, respeitada e atuante. (CACHAPUZ, 2022, p.70).

É um avanço considerável em relação a orientações tradicionais de orientações do currículo escolar bem tipificadas no quadro 1:

Quadro 1: Orientações do ensino das ciências: tradicional e CTS

Orientaciones tradicionales	Orientaciones CTS
Los profesores y los libros de texto son las principales fuentes de conocimiento	Los estudiantes buscan activamente la información que usan
La Ciencia es abstracta y no tiene relación con la Tecnología	Los estudiantes ven la Ciencia como una forma de tratar los problemas de la vida diaria
Los estudiantes se concentran sobre problemas que son identificados por el profesor o los libros de texto	Los estudiantes identifican problemas sobre ellos mismos o su comunidad y se responsabilizan de resolverlos utilizando la Ciencia
Se da una consideración mínima a la capacidad adaptativa humana	Se enfatizan la adaptación humana y las futuras alternativas
No se interpretan los valores en los problemas de la disciplina	Se consideran las cuestiones relacionadas con las dimensiones en valores, éticas y morales de los problemas
El currículo está centrado en los libros de texto, es inflexible; solo se considera el conocimiento científico válido (y desde una visión limitada del contenido)	El currículo está centrado en los problemas, es flexible y válido tanto cultural como científicamente
La información está enmarcada en el contexto de la lógica y estructura de la disciplina	La información se enmarca en el contexto del estudiante como una persona en un entorno social/cultural

Fonte: Perales e Aguilera (2020)

Da minha longa experiência na formação de professores de ciências aprendi que: nem todos os professores tiveram oportunidades de formação adequada para uma orientação CTS, o que apela a uma formação contínua adequada; apesar do esforço feito por equipas de desenvolvimento curricular em vários países continuam a faltar adequados recursos didáticos de suporte ao ensino CTS o que exige um maior esforço na investigação didática e programas (e não só projetos) de desenvolvimento curricular envolvendo investigadores e professores; à medida que nos aproximamos dos anos terminais de escolaridade (sobretudo com exames de fim de ciclo) mais difícil se torna instituir um currículo CTS; só quando a avaliação das

aprendizagens estiver em linha com uma orientação CTS é que o ciclo se fecha. De um modo geral os professores reconhecem uma maior motivação dos alunos por temas de índole CTS por mais facilmente reconhecerem através do tratamento contextualizado dos problemas abordados o potencial do conhecimento científico, sobretudo por alunos menos academicamente orientados. Por exemplo, não é o mesmo abordar a História da Ciência como uma sucessão assética de fatos descontextualizados (abordagem académica ahistórica muito frequente nos manuais escolares em que os alunos não reconhecem sentido) ou, em alternativa, no estudo de um ou outro tema curricular explorar elementos biográficos de reconhecidos cientistas, na relação com o seu tempo, o valor das suas descobertas e invenções, a sua contextualização sócio/histórica e impactos das mesmas: homens (Einstein quando do estudo curricular do efeito foto - elétrico) e mulheres (Marie Curie quando do estudo curricular da radioatividade). Ou ainda, quando do estudo do pH, enfatizar o caráter dinâmico e problemático do conhecimento científico (“nova” verdade e não “a” ou sequer “mais” verdade) através das diferentes elaborações teóricas de Arrhenius, Bronsted/Lowry ou Lewis. Mas não só uma leitura especificamente epistemológica; o mesmo tema permite também abordar temas sócio/científicos relativos ao impacto ambiental da diminuição do pH dos oceanos (acidificação dos oceanos) na biodiversidade marinha, fauna e flora, devido ao excesso de CO₂ na atmosfera (pela queima de combustíveis fósseis) que é depois dissolvido na água (sobretudo à superfície) alterando o seu equilíbrio químico (efeito da concentração no seu deslocamento). Naturalmente é sempre possível estudar com maior ou menor profundidade qualquer assunto em função do nível de ensino, mas é preciso ter em conta que uma boa parte dos alunos não fará estudos superiores de ciências. Outros exemplos poderiam ser apresentados embora esse não seja o objetivo deste estudo (a revista Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia ou as atas dos vários simpósios internacionais da organização AIA-CTS (Associação Ibero/Americana CTS na Educação em Ciência) oferecem boas sugestões de abordagens curriculares para diferentes níveis de ensino.

A abordagem CTS, ainda que episódica, pode ajudar além dos conteúdos estritamente científicos, a desenvolver o espírito crítico dos alunos, uma visão das dinâmicas de construção do conhecimento científico (em particular, o papel do erro), conhecimento historicamente situado e inter-relações com valores éticos, promovendo uma educação para cidadania com cidadãos eticamente vinculados. E para os professores uma oportunidade de experimentarem

novas abordagens menos rotineiras e desafiantes aprofundando o seu desenvolvimento profissional. Como fazer? Por exemplo, em vez de um teste de cruzinhas os alunos participarem numa pequena pesquisa (tempo e objetivos definidos; se possível por grupos de alunos) através do uso dos seus celulares (com consulta à web) e posterior apresentação dos resultados ao coletivo (por meios analógicos ou virtuais).

A orientação CTS não é a única orientação da Educação em Ciências com cariz interdisciplinar. Vale a pena recordar aqui a orientação STEM (usa-se aqui o acrónimo saxónico *Science/Technology/Engineering/Mathematics* para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática dado ser o mais divulgado e mais fácil reconhecimento do que CTEM). Não sendo o objetivo deste estudo uma crítica elaborada a essa orientação feita na literatura (TAKEUCHI *et al.* 2020) vale a pena acrescentar que não se descortina o que é que a orientação STEM trouxe de original ao ensino das ciências (em particular à ciência para cidadania). Nem sequer a nível metodológico trouxe novidades pois privilegia metodologias de trabalho bem conhecidas (ainda que relevantes) em particular o *Problem Based Learning* e o *Project Based Learning*. Nada de essencialmente novo. O que não significa que estudos apresentados não tenham mérito e de que um recente exemplo é Arztman *et al.* (2023) com uma meta análise (39 estudos) sobre a aprendizagem baseada em jogos (*Game - based learning*).

Para Garcia-Carmona (2020) o que preocupa na orientação STEM (ou seus derivativos STEMA) é:

que no haya sido conceptualizado adecuadamente para hacerlo factible y operativo en las aulas, sin caer en meras "caricaturas" de lo que sería un enfoque STEAM integrado.

que una parte importante de propuestas educativas enmarcadas bajo el prisma de STEAM sean, en realidad, aquellas que hasta hace relativamente poco eran propuestas de enseñanza de la ciencia;

que el enfoque STEAM integrado no haya superado aún unas pruebas mínimas de validez educativa exportables a contextos diversos; y

que no exista un marco bien fundamentado y específico de "conocimiento didáctico del contenido" para la educación STEAM, ni sobre la naturaleza epistemológica de esse conglomerado de materias com vistas a diseñar: programas de formación de profesorado y propuestas de enseñanza realistas para su implementación en las aulas. (GARCIA-CARMONA, 2020, p. 42).

A terminar, volto às premissas de partida agora como novos argumentos. Através da orientação CTS, pode-se mais facilmente estabelecer uma ponte entre a cultura das ciências

sociais e a cultura das ciências naturais (contágio epistêmico) e, deste modo, oferecer aos alunos uma visão mais saudável e una do conhecimento em contraciclo com o reducionismo Positivista.

Explorar o pluralismo metodológico no ensino das ciências

Por pluralismo metodológico entende-se aqui diferentes modos de explorar de forma harmoniosa o trabalho docente no ensino das ciências, ou seja, diferentes modos de fazer docente. A experiência aconselha que a interdisciplinaridade no ensino das ciências ao envolver diferentes áreas de estudo com as suas particularidades epistêmicas valoriza-se com a flexibilidade no modo de fazer docente. Laburú, Arruda e Nardi (2003) defendem que “em virtude da complexidade das variáveis envolvidas numa sala de aula, o mecanismo de ensino-aprendizagem é capaz de ser convenientemente equacionado quando uma prática instrucional pluralista estiver em jogo” (p. 251).

Para organizar o campo de trabalho distinguem-se aqui abordagens metodológicas (quadro 2) de ferramentas metodológicas (trabalho de projeto; tipos de trabalho experimental, recursos didáticos (manuais, software...), dramatizações, simulações, visitas de estudo, etc...), embora seja visível a congruência entre elas. Mais recentemente, e como resposta à última pandemia, a alternativa virtual ganhou relevo através de ensino à distância: chat; videoconferência; fórum; wiki...(ver por exemplo, MARTINI;PARESCHI, 2023).

Quadro 2: Tipologias metodológicas

Tipologia	Descritor
Experimental / teórico	Confrontação ou não com o mundo natural
Formal / não formal	Ambiente escolar ou não
Físico / virtual	Suporte de comunicação e informação
Autônomo / cooperativo	Sujeitos envolvidos

Fonte: próprio

As diferentes tipologias não esgotam o campo de possibilidades, mas representam uma boa parte dele. O ensino das ciências é um processo multifacetado e todas as alternativas são

importantes, incluindo a “teórica” (uma apresentação teórica pode ser deslumbrante e questionadora), tudo depende das circunstâncias e das audiências (dose adequada, relação pedagógica, empatia na comunicação, congruência com o objeto de estudo e perfil de aprendizagem dos alunos...). O critério fundamental é que, tanto quanto possível, possam promover a aprendizagem dos alunos no quadro de uma visão sócio - construtivista da aprendizagem (ver figura 1). Por exemplo, no estudo da fauna ou flora terrestre/marinha o trabalho de campo é previsivelmente mais apelativo do que uma aula teórica ou até experimental em contexto formal (o imenso potencial educativo do património natural está longe de estar desvendado). É vantajoso combinar diferentes tipologias para uma mesma situação de ensino das ciências. No caso anterior, o uso de meios virtuais para coligir e sistematizar a informação obtida durante o trabalho de campo, inclusive em tempo real. Cada vez são mais frequentes espaços não formais de ensino/divulgação das ciências (museus interativos, centros de ciência...) ou até em instalações do ensino superior (PORTO; PIACENTINI; VIEIRA, 2023). Ou ainda, “ciência em casa” (ambiente não formal) envolvendo processos de reciclagem, conservação de alimentos, segurança elétrica das instalações... ou, eventualmente mais apelativo, a exploração de jogos educacionais em ambiente virtual como no caso do ensino transdisciplinar de temas ambientais (AGUIAR; CAVALCANTE, 2023). É ao professor que, em cada caso, deve escolher qual a tipologia mais adequada ou alguma combinação promissora entre elas para o desenvolvimento das atividades propostas.

Para os professores que arrisquem ir mais longe, refiro aqui a interdisciplinaridade Arte/Ciências no ensino das ciências, uma abordagem singular e humanista do ensino das ciências que tem feito o seu caminho. Braund e Reiss (2019) consideram que a aprendizagem das ciências ganha em completude com o estudo da Arte e apontam cinco tipos de argumentos, em particular: A premissa dos limites do assunto: As divisões entre as áreas curriculares (disciplinas escolares) vão contra as experiências de vida dos alunos de todas as idades. A premissa cognitiva: O trabalho da ciência precisa de pensamento criativo e crítico para permitir discursos que potencializam e alimentam a descoberta e a inovação e permitem a tomada de riscos. A premissa da neurociência: Pensar em ciência é estimulado pela atividade artística. A premissa colaborativa e económica: A colaboração entre artes e ciências e vice-versa está no centro da economia moderna. Porventura mais relevante, também consideram um quinto argumento agora de ordem pedagógica: A premissa pedagógica: A justificação final está

inserida na educação científica: organizar currículos para acomodar ciências e artes e se basear na pedagogia normalmente associada às artes, oferece formas frutíferas de envolver os alunos na ciência escolar e ajudá-los a aprender e evitar que os jovens se afastem da ciência.

Esta é uma temática a que tenho devotado a minha atenção nos últimos anos considerando o potencial transformador da fronteira Arte/Ciência na percepção das limitações da visão cartesiana do conhecimento científico clássico, ainda muito vulgarizada, e da necessidade de ir mais além em boa parte como resultado dos desenvolvimentos da ciência contemporânea. Respiro aqui (quadro 3) sugestões de trabalho então feitas.

Quadro 3: Exemplos de estudos interdisciplinares Arte/Ciências/Ensino

Temática	Ensino fundamental	Ensino médio	Tipologia da arte	Referência
Centro de massa		X	escultura; dança	Freitas et al., 2019
Genética/mitocôndrias		X	literatura	Farias et al., 2017
Dualidade onda/corpúsculo		X	literatura/poesia	Cachapuz, 2014
Ambiente e energia nuclear	X		cinema	Cunha; Giordan, 2009
Estados físicos da matéria; massa e	X		literatura	Groto; Martins, 2015
Árvore da vida	X		ilustração	Curso et al., 2019
Ambiente (transporte sedimentar; interface	X		dança; música	Matias et al., 2019
Água e suas propriedades	X		poesia e performance	Guimarães e Silva, 2016
Química (conceito)		X	dramatização	Neto et. al., 2013
Funções orgânicas oxigenadas		X	cinema	Santos; Aquino, 2011

Propriedades do ar	X		pintura	Gorri e Filho, 2009
Física Quântica (Princípio da		X	literatura	Souza; Neves, 2016
Cor e luz	X		ilustração	Cachapuz; Ferreira, 2010

Fonte: Cachapuz

Importante é que qualquer que seja a opção metodológica proposta ela possa envolver situações desafiadoras e questões inteligentes de forma a ajudar os alunos a pensar criticamente e ir mais além do senso comum. Talvez que assim se possa ajudá-los a ultrapassar a mera experiência pessoal como critério epistemológico, um problema longe de estar resolvido na aprendizagem das ciências. No entender de Marineli (2020) ao analisar criticamente a profusão de ideias anticientíficas como o terraplanismo, os movimentos negacionistas podem levar a um descrédito e perda de confiança nas instituições fundamentais da sociedade, como a ciência.

Valorizar as práticas pedagógicas dos professores

Se há algum contexto na formação de professores em que a interdisciplinaridade seja nuclear é na Prática Pedagógica, aqui entendida por situações efetivas de ensino (formais ou não formais) dos professores com os seus alunos. A Prática Pedagógica é reconhecidamente o ponto de confluência de várias dimensões da formação docente: o conhecimento acadêmico das respectivas áreas da docência, o conhecimento pedagógico, o conhecimento didático (pedagógico de conteúdo) e a prática profissional docente (tendo a ver com a ecologia da sala de aula/escola e a reflexão crítica sobre elas).

De um modo geral, na formação inicial de professores, a lógica dos currículos de formação não visa a interdisciplinaridade, com exceção da formação para os anos iniciais de escolaridade. No caso da formação inicial, a Prática Pedagógica tem lugar em espaços curriculares tradicionalmente designados por estágio pedagógico geralmente no último ano. Na verdade, a arquitetura curricular que geralmente se apresenta é construída com base numa lógica multidisciplinar. Ou melhor, duplamente multidisciplinar: as componentes acadêmica e

didático-pedagógica estão, em maior ou menos extensão, segmentadas e divorciadas no tempo de formação, modelos bietápicas e trietápicas no caso da prática pedagógica independente e também em cada uma delas (sobretudo na primeira). A situação é diferente no caso da formação contínua, já que aí é frequente a oferta de formação ter por lógica a reflexão crítica sobre as práticas em serviço, pressupostos, saberes e circunstâncias de trabalho, a designada epistemologia da prática profissional docente. Ou seja, no entendimento de Tardif (2004) conjunto de saberes (conhecimentos, competências, habilidades e atitudes) realmente usados pelos profissionais em seu espaço de trabalho no desempenho das suas tarefas. Para este autor o seu conhecimento pode ajudar a compreender como é que os professores os integram nas suas práticas. Apesar de haver vasta investigação sobre o tema incluindo no ensino superior (BAPTISTA; GOUVEIA; CARMO, 2016) falta ainda muito para uma adequada compreensão sobre tal integração. Numa visão mais simplista, “por que é que os docentes fazem o que fazem”.

Valorizar as práticas pedagógicas dos professores, sobretudo na formação inicial de professores, passa por adotar um modelo de formação adequado, dinâmicas de organização envolvendo parcerias entre instituições de ensino superior/escolas, condições adequadas de inserção (geralmente nas escolas) e orientação continuada por supervisores pedagógicos competentes e dedicados. Nem sempre é fácil conjugar todos estas vertentes num todo harmonioso (ver por exemplo, JORGE; PAIXÃO; SILVEIRA, 2023). Em Portugal, o designado Processo de Bolonha (3 anos na componente académica + 2 anos de mestrado na componente educacional) o modelo de dois ciclos na formação acarretou dificuldades no planeamento global e de raiz para a formação docente, dificultou a coordenação científico/pedagógica dos e entre os ciclos de estudo e prejudicou a identidade institucional dos ciclos de estudo de formação inicial de professores. De modo mais específico, a Prática Pedagógica (vulgo estágio na formação inicial) foi prejudicada quer na formação de professores de ciências quer de outras áreas de formação. Na verdade, a aplicação do modelo previsto pelo Processo de Bolonha limitou o tempo da Prática Pedagógica pois os estudantes têm somente alguns períodos de observação e regência em turmas do seu supervisor da escola ao longo do ano, em vez de um ano de contato permanente como ocorria no 5º ano das ex- licenciaturas pre-Bologna. Algo se ganharia com medidas visando anular o estágio pedagógico, atribuir ao futuro professor em estágio a lecionação anual de uma turma sob a supervisão contínua de um

professor cooperante das escolas, estabelecer parcerias com escolas para que nas unidades curriculares de didáticas específicas os futuros professores possam realizar observações do processo de ensino/aprendizagem como parte do processo de ensino/aprendizagem dessas mesmas unidades curriculares e oferecer formação contínua aos professores cooperantes, sobretudo supervisão pedagógica, exploração de novas tecnologias (por exemplo, uso didático do *M learning*) ou como lidar com ambientes socioculturais diversos. Ficam as sugestões.

Notas finais

Ao longo deste estudo procurou-se realçar a natureza interdisciplinar da Educação em Ciências quer em si mesmo através de contributos sobre a sua construção epistémica quer através de três dimensões interdisciplinares relativas ao ensino propriamente dito das ciências quer da formação de professores de ciências. Outras poderiam ser acrescentadas.

A ciência é um marco cultural insubstituível da humanidade e talvez que um novo olhar sobre o ensino das ciências mais coerente com a natureza interdisciplinar da Educação em Ciências, possa ajudar os decisores curriculares e os professores a combater o desencanto de muitos jovens pelo estudo das ciências dando respostas convincentes à pergunta, tantas vezes ouvida pelos professores: *para que é que isto serve?* (CACHAPUZ, 2012). A chave do sucesso é o trabalho cooperativo entre a comunidade de investigadores e professores. Sem os professores não há mudança. A questão é recorrente. Por isso mesmo não deve ser ignorada. Parafraseando Gilles Deleuze, estamos sempre no meio do caminho, estamos sempre no meio de qualquer coisa.

Agradecimentos

Trabalho financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para Ciência e a Tecnologia, Portugal, no âmbito do projeto UID/CED/00194/2019

Referências

AGUIAR, E.; CAVALCANTE, K. Uso de jogos educacionais no ensino transdisciplinar de temas ambientais: estudo de caso com a plataforma Scratch. **Vitruvian Cogitationes**, v.4, n.1, p.10-22, 2023.

ARZTMAN, M.; HORNSTRA, L.; JEURING, J.; KESTER, L. Effect Games in STEM education: a meta-analysis on the mentoring role of student background characteristics. **Studies in Science Education**, vol. 59, n. 1, p. 109-145, 2023.

BOSZKO, C.; ROSA, C. Diários Reflexivos: definições e referenciais norteadores, **Insignare scientia**, vol. 3, n. 2, p. 18-35, 2020.

BAPTISTA, G.; GOUVEIA R.; CARMO, R. A Epistemologia da Prática Profissional Docente: Observações sobre alguns desafios atuais. **Ensino Em Re- Vista**, vol. 23, n.1, jan./jun., 49-69, 2016.

BRAUND, M.; REISS, M. The ‘Great Divide’: How the Arts Contribute to Science and Science Education, **Canadian Journal of Science Mathematics and Technology Education**, v.19, n. 6, 219-236, 2019. DOI: [10.1007/s42330-019-00057-7](https://doi.org/10.1007/s42330-019-00057-7).

CACHAPUZ, A. Educação em Ciências e o Arquipélago dos Saberes: uma abordagem epistemológica. *In: Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas*. Curitiba: CRV, 2012, p. 117-134.

CACHAPUZ, A. Arte e ciência no ensino interdisciplinar das ciências. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 1, p.1-9, 2020.

CACHAPUZ, A. Educação em Ciências: contributos para a mudança. **Vitruvian Cogitationes**, v 3, n. 2, p. 64-80, 2022.

FAZENDA, I. (Org). **O que é a interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2008.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, G. **La Construction des Sciences**. Bruxelas: De Boeck Univ., 1995.

GARCÍA-CARMONA, A. STEAM, una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? **Ápice. Revista de Educación Científica**, 4 (2), p. 35-50, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>

GARCIA, M.; CERESO, J.; LÓPEZ, J. **Ciencia, Tecnología e Sociedad**. Madrid: Tecnos, 1996.

HIDALGO, J; QUEIROZ, D.; OLIVEIRA, M. A História da Ciência no PNL D 2018 :o Princípio de Arquimedes como estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 1251-1281, ago. 2021.

JORGE, F.; PAIXÃO, F.; SILVEIRA, P. (coords.) **A Escola de Aprender: Contributos para a sua construção** - Volume II, Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53681/2023.103/04>.

LABURÚ, C.; ARRUDA, S.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LUDKE, H.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. SP: EPU, 1986.

MARINELI, F. O terraplanismo e o apelo à experiência pessoal como critério epistemológico. **Caderno Brasileiro de Ensino da Física**, v. 37, n.3, 1173-1192, dez, 2020.

MARTINI, C.; PARESCHI, C. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a importância do enfoque CTS para a educação a distância. *In: Fronteiras do conhecimento científico*. Felipe Asens (Org.), Deerfield Beach, FL: Pembroke Collins, 2023.

MAYOR., F. La science pourquoi et pour qui? **Le Courier de l'UNESCO**, n.9, maio, 1999.

MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade**. Lisboa: Europa-América, 1996.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.

MORIN, E. Um festival de incertezas. **Espiral**, v. 4, p. 5-12, 2020.

PERALES, F.; AGUILERA, D. Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? **Ápice. Revista de Educación Científica**, vol. 4, n. 1, p. 1-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>

PIMENTA, S. Professor reflexivo: construindo uma crítica, *In: Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*, SP: Cortez (3ª edição), p. 17- 52, 2005.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade: ambições e limites**. Lisboa: Alêtheia, 2021.

PORTO, S.; PIACENTINI, V.; VIEIRA, R. O “Jardim de Ciência” como contexto de educação e investigação interdisciplinar: uma trajetória para o “Smart Knowledge Garden”. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v.4, e 023005, p. 1-19, 2023.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis- RJ, Vozes, 2004.



TAKEUCHI, M. A.; SENGUPTA, P.; SHANAHAN, M.; ADAMS, J.; HACHEM, M. Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. *Studies in Science Education*, vol. 56, n.2, p. 213-253. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>

UNESCO. **Ciência para o século XXI: um novo compromisso**. Comissão Nacional da UNESCO: Lisboa, 1999.

UNESCO. **Fórum Mundial da ciência**. Comissão Nacional da UNESCO: Lisboa, 2017.