

DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS: EM DEFESA DE UMA VISÃO SISTÊMICA

Dr. Antônio Cachapuz  0000-0001-9112-6087
Universidade de Aveiro

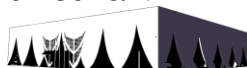
RESUMO: Um dos problemas no estudo do Desenvolvimento Profissional dos Professores de Ciências (DPPC) é o seu caráter fragmentado dificultando uma visão estratégica e definição de prioridades. A finalidade do estudo é refletir criticamente sobre o DPPC numa análise cruzada envolvendo o triângulo pesquisa/formação/reflexão docente. A análise é organizada em torno de três questões interligadas: de que modos a pesquisa pode apoiar o DPPC? Como promover uma visão sistêmica da formação docente em ciências? Que problemáticas é desejável priorizar em apoio à reflexão crítica dos professores de ciências, e como? O estudo dirige-se a professores de ciências (ensino não superior) e formadores de professores visando estimular o debate e sugerir possíveis melhorias. A abordagem metodológica seguiu uma perspectiva de pesquisa qualitativa de natureza interpretativa e o processo de análise usou técnicas de análise documental de fontes diversas. Elaborou-se um racional de diferentes configurações da pesquisa e suas implicações, esclarece-se o papel de diferentes contextos e dispositivos de formação com potencial sistêmico e apresentam-se estratégias de apoio à reflexão docente sobre o pensamento crítico e interdisciplinaridade.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento Profissional; Professores; Ciências.

DEVELOPMENT OF SCIENCE TEACHERS: IN DEFENSE OF A SYSTEMIC VISION

ABSTRACT: One of the problems in the study of the Professional Development of Science Teachers (PDST) is its scattered character, making it difficult a strategic vision and definition of priorities. The study aims to reflect critically on the PDST in a cross-analysis involving the triangle research/training/teacher reflection. The analysis is organized around three interconnected questions: In what ways can research support the PDST? How to promote a systemic vision of science teacher education? What problems is it desirable to prioritize to support the critical reflection of science teachers, and how? The study is aimed at science teachers (non-higher education) and teacher trainers in order to stimulate debate and suggest possible improvements. The methodological approach followed a qualitative research perspective of an interpretive nature and the analysis process used documentary analysis techniques from several sources. A rational and implications of different configurations of the research is elaborated, the role of different training contexts and devices with systemic potential is clarified and also strategies to support the teacher's reflection on critical thinking and interdisciplinarity are presented.

KEYWORDS: Professional Development; Teachers; Sciences.



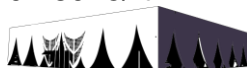
1 INTRODUÇÃO

Um conhecido critério do pensamento sistêmico tem a ver com a deslocalização das partes para o todo, ou seja, “a partir do entendimento de que as propriedades essenciais são do todo de forma que nenhuma parte as possui, pois estas surgem justamente das relações de organização entre as partes para formar o todo” (Gomes *et al.*, 2014, p. 13). Este o ponto de partida da abordagem seguida neste estudo situado na confluência de dois importantes campos consolidados de investigação, a saber, o desenvolvimento profissional dos professores e o ensino das ciências historicamente com raízes históricas diferenciadas, objetivos próprios e comunidades diversas (desde logo o desenvolvimento profissional dos professores abrange todas as áreas de ensino) embora unidas por um propósito educativo comum.

Em termos epistêmicos, o caráter disperso e fragmentado de um campo de estudos dificulta uma visão estratégica e definição de prioridades. Tal situação aconselha que, a par de investigação de índole empírica sobre casos específicos da formação de professores de ciências, é importante produzir reflexões mais abrangentes sobre esse campo de estudo de forma a consolidar/aperfeiçoar a construção/reconstrução do conhecimento através de corroborações/informações resultantes dessas abordagens. É neste quadro de argumentos que se insere a lógica deste estudo.

Whitworth e Chiu (2015) consideram que o desenvolvimento profissional dos professores (ciências ou não) diz respeito aos processos desenhados para apoiar os professores na melhoria do seu conhecimento, capacidades e motivação para melhorar o seu ensino, no pressuposto de que tal processo promove, por mediação, a melhoria da aprendizagem dos seus alunos. É um conceito operativo que aqui se perfilha.

O desenvolvimento profissional dos professores é geralmente reconhecido como um processo intencional, contínuo e de longo termo, “uma continuidade rica e



dinâmica de aprendizagem e experiências que são indissociáveis e que se prolongam por toda a vida” (Unesco, 2022, p. 81). Alguns autores enfatizam a procura da identidade profissional, “uma construção do *eu* profissional que evolui ao longo das suas carreiras” (Marcelo, 2009, p. 7). Este mesmo autor apresenta uma síntese crítica de modelos de desenvolvimento profissional docente, com maior ou menor complexidade, visando a compreensão do processo de mudança subjacente ao desenvolvimento profissional dos professores. Guskey (2002) releva a dimensão sistêmica do processo tendo em conta os contextos organizativos em que os processos e atividades de desenvolvimento profissional dos professores têm lugar e Postholm (2018) chama a atenção para a importância dos contextos de escola de forma a criar oportunidades de colaboração entre professores e fertilizações entre professores com diferente experiência profissional. Guskey (2002) argumenta que a mudança de crenças e atitudes dos professores, um processo sempre difícil, só é substancial se houver evidências de que as práticas de ensino melhoram as aprendizagens dos alunos, argumento corroborado por Lotter *et al.* (2018) num estudo longitudinal envolvendo professores de ciências (ensino fundamental).

Farias e Araújo reportam com base na análise (811 artigos) da produção científica internacional sobre o desenvolvimento profissional dos professores, que este é “um campo de investigação recente” (Farias; Araújo, 2018, p. 658) e referem vários modelos propostos para a compreensão do processo de desenvolvimento profissional dos professores. As mesmas autoras assinalam que só um jornal no âmbito da investigação no ensino das ciências, *International Journal of Science Education*, tinha alguma expressão quantitativa em estudos sobre o desenvolvimento profissional dos professores. Também em evento recente da *Association for Teacher Education in Europe* (2023) o desenvolvimento profissional dos professores mereceu destaque sendo de registar a variedade de estudos de ordem teórica e empírica abrangendo várias áreas de ensino e contextos de formação (inicial, contínua, ao longo da vida) bem como a importância da investigação e da reflexão profissional.



Os argumentos acima reforçam a pertinência do estudo sobre o desenvolvimento profissional docente e ajudam a esclarecer o seu sentido genérico. Mas têm uma limitação já que se dirigem a qualquer área de ensino e, por isso mesmo, têm implicações diferenciadas quando se aborda a questão central dos conteúdos. Carlos Marcelo questiona-se sobre o que versa o desenvolvimento profissional docente. “Quais são as suas matérias e conteúdos? Quais os conhecimentos relevantes para a docência e desenvolvimento profissional? Como é que este conhecimento se adquire?” (Marcelo, 2009, p. 17). No caso presente, o que fica por esclarecer é o que o acima exposto acrescenta no caso dos professores de ciências.

O que falta acrescentar é a especificidade da natureza e finalidade dos saberes que os professores de ciências são supostos mediar permeado por epistemologias, conhecimento e valores próprios das ciências e do seu ensino em linha com premissas defendidas pela Unesco (1999) na sua “Conferência Mundial sobre Ciência para o século XXI”. Aí se chama a atenção para o papel estratégico do conhecimento científico e do peso cada vez maior do conhecimento científico nas decisões públicas e privadas e da necessidade de uma ciência para a cidadania. Do que necessitamos é de uma ciência de rosto humano, de sentido emancipatório e exigindo uma maior responsabilidade humana pela escolha e pela decisão.

Com base no reconhecimento desse papel estratégico, não faltam vozes sobre a necessidade de uma reorientação do papel da ciência, de sentido pós-positivista, uma ciência de rosto humano 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. 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, 2022a, p. 66).

É com base nestes preceitos que deve passar a abordagem do ensino das ciências para a cidadania, priorizando (sobretudo no ensino fundamental) mais do que



conhecimentos avulsos, o desenvolvimento de uma cultura científica aqui entendida como a qualidade que dá sentido e orientação ao conhecimento científico e questionando - o se necessário. Para os alunos, significa um ensino das ciências que vise, além de aprender ciência e sobre ciência, desenvolver pensamento crítico de forma a formular e debater um ponto de vista pessoal bem como estabelecer juízos éticos informados sobre situações dilemáticas sobre o uso da ciência/tecnologia e seus impactos não só sociais, mas também ambientais (neste caso, em linha com a crítica ao Antropoceno do Nobel Paul Crutzen). A orientação CTS (nas suas diversas modalidades) de que existe abundante literatura (por exemplo, a revista Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia ou atas de simpósios internacionais da Associação Ibero/Americana CTS na Educação em Ciência (AIA/CTS) é, de momento, a mais consistente com tais desideratos.

Aqui chegados, apresentados que foram as linhas mestras dos dois campos de investigação de partida (as partes), subsiste a questão: de que modo os professores de ciências se apropriam da confluência epistémica dos mesmos (o todo)? Como é que esse conhecimento se adquire pelos professores de ciências? Não existe resposta única, mas é avisado pensar num jogo inteligente e cruzado entre a investigação (dos próprios ou de outros), a formação e a reflexão sobre suas experiências em contextos (formais e não formais) de formação/ensino das ciências. Tem, pois, sentido como finalidade deste estudo uma reflexão crítica sobre esse triângulo de possibilidades, em que cada vértice dialoga com o seguinte, de modo a clarificar seus potenciais contributos transformativos no desenvolvimento profissional docente em ciências, estimular o debate e sugerir caminhos possíveis para a sua melhoria

A análise é organizada em torno de três questões interligadas: (i) de que modos a pesquisa pode apoiar o desenvolvimento profissional dos professores de ciências? (ii) como promover uma visão sistémica da formação docente em ciências? (iii) Que



problemáticas é desejável priorizar em apoio à reflexão crítica dos professores de ciências. E como?

O estudo dirige-se a professores de ciências (ensino não superior) e formadores de professores. A abordagem metodológica explorou uma perspectiva de pesquisa qualitativa de natureza interpretativa (Ludke; André, 1986). O processo de análise seguiu técnicas de análise documental (Flick, 2009) e seu escrutínio e seleção em função da finalidade e questões de investigação. Como fontes privilegiadas foi usada documentação institucional da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) e bibliografia pertinente.

2 DE QUE MODOS A PESQUISA PODE APOIAR O DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS?

Brown e Ion (2022) desenvolvem com base na teoria da ação comunicativa de Habermas, o conceito de Prática Educativa Informada Pela Investigação defendendo o “uso da investigação por parte de professores e decisores educativos tendo em vista à melhoria do seu ensino, tomada de decisão e aprendizagem profissional” (Brown; Ion, 2022, p. 228). Relevam assim a dimensão racional do discurso como base para decisões informadas. Qureshi e Demir (2019) apresentam uma revisão da literatura sobre o desenvolvimento profissional dos professores e consideram que, entre outras, uma das maneiras possíveis de criar oportunidades de tomar decisões informadas com vista à melhoria do seu ensino é valorizar a pesquisa sobre os saberes profissionais dos professores. Também o relatório da *British Educational Research Association* (BERA) valoriza a questão central da pesquisa:

Existem fortes evidências de que professores e formadores de professores necessitam de levar a cabo pesquisa, no sentido de se atualizarem com desenvolvimentos recentes na sua formação académica e no uso de métodos de ensino que sustentem o seu conhecimento pedagógico de conteúdo; tal significa ter a capacidade, motivação e oportunidade de usar competências para pesquisar o que está ou não está a correr bem nas suas práticas (Bera, 2014, p. 8).



A questão é recorrente, mas as respostas são fragmentadas e carecem de um olhar sistêmico. Uma maneira possível de apresentar um racional da pesquisa na formação de professores de ciências é sistematizar e qualificar diferentes configurações da pesquisa com base em três meta-dimensões (Para/Com/Por) sobre o papel do professor nessa pesquisa (denotações que vão para além do seu sentido do dia a dia e escondem conotações de ordem epistêmica; em última análise, poderia dizer-se que todas elas são para os professores...). Para cada uma dessas meta-dimensões alinham-se descritores de forma a facilitar linhas analíticas de leitura do racional proposto (com inevitáveis cruzamentos).

Quadro 1: Configurações da Pesquisa na Formação de Professores de Ciências

Tipologia	Para Professores	Com professores	Por professores
Estatuto epistêmico do professor	Agente de mediação dos saberes alheios	Coprodutor de Saberes	Sujeito ativo na construção de saberes
Interesses dominantes	Acadêmicos	Pedagógicos	Pedagógicos
Relação teoria/prática	Dualista	Convergente	Integrada
Foco	Resultados	Processos	Processos
Potencial formativo	Problemático	Previsível	Elevado
Registo histórico	Elevado	Reduzido	Reduzido
Dispositivo privilegiado	Instituições de ensino superior (IES)	Parcerias IES/escolas	Escolas (professores)
Vencer o isolamento dos professores (socialização)	Problemático	Elevado	Condicional

Fonte: Próprio.

Ainda que marcadas por diferentes abordagens epistêmicas, todas as três configurações da pesquisa têm a sua importância para apoiar processos de mudança sendo desejável reduzir assimetrias (ver registo histórico no Quadro 1).

O formalismo do sistema é aplicável a diferentes linhas de pesquisa em curso. No caso da pesquisa *para* de um modo geral estudos centrados no processo de ensino/aprendizagem das ciências ou ainda estudos sobre concepções dos professores (por exemplo, construção dos sentidos das práticas avaliativas por



professores de Biologia (Mota; Mesquita, 2023); no caso da pesquisa *com* projetos conjuntos com instituições do ensino superior, por exemplo sobre divulgação científica (Programa Cosmos, www.discoverthecosmos.eu); na pesquisa *por* estudos de pesquisa/ação (em modo individual ou cooperativo) sobre problemáticas centradas no seu próprio ensino, por exemplo sobre o ensino/aprendizagem da física (Unlu *et al.*, 2015).

A experiência revela que a visão essencialmente holística do trabalho dos professores nas escolas é pouco compatível com o caráter frequentemente analítico da pesquisa para de índole acadêmica (embora seja a pesquisa dominante). Em particular, a diversidade dos resultados publicados de linhas de investigação acadêmicas sobre o ensino das ciências é dificilmente percebida pelos professores como um conjunto auto – coerente para exploração posterior no seu ensino. Parte do problema tem a ver com a natureza da pesquisa servir finalidades predominantemente acadêmicas e não facilitar a transposição entre a investigação educacional e práticas educativas (linguagem tecnicista e resultados pouco elaborados no que respeita a sugestões/propostas relevantes para o ensino). Situação bem diferente é a de vários jornais como a Química Nova na Escola (Brasil) ou *School Science Review* (Reino Unido), entre outros, valorizando o conhecimento didático um construto amplamente considerado como um dos indicadores da qualidade profissional (Brown *et al.*, 2013). Ainda que a pesquisa *para* seja ferida pela racionalidade técnica, a apropriação pelos docentes de saberes alheios torna-se inteligível desde que lhes sejam oferecidas adequadas oportunidades e condições de formação que promovam um outro olhar sobre as suas experiências profissionais. É do que se trata a seguir.



3 COMO PROMOVER UMA VISÃO SISTÊMICA DA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS?

O pressuposto é de que uma visão sistêmica da formação docente englobando diversos contextos de realização da mesma pode favorecer o modo como se desenha e organiza o desenvolvimento profissional dos professores. “A profissão docente, como outras, está associada a uma base de conhecimento” (Unesco, 2022, p. 84) e se há algo que reconhecidamente a caracteriza é a exigência de uma substancial integração e mobilização de saberes diversos, quer acadêmicos quer profissionais.

Em geral, o que existe é uma fragmentação das respostas públicas à questão da formação devido à falta de visão estratégica e planejamento (médio/longo prazo) nas políticas públicas de formação sujeitas a alterações intermitentes em função/razão dos ciclos políticos e idiosincrasias do momento. O primeiro passo é caracterizar diferentes contextos de formação docente e uma maneira possível de orientar tal reflexão é adaptar a este caso os contributos teórico/metodológicos de Ball (1994) sobre dinâmicas dos ciclos de contextos em que se desenvolve a atividade educativa, neste caso da formação de professores (Quadro 2). O segundo passo é como articulá-los na prática (meta-dimensão) através de políticas públicas e institucionais no espaço/tempo, uma discussão que pelas suas particularidades está para além deste estudo.

Quadro 2: Contextos da formação docente e potencial sistémico

Contexto	Entidades envolvidas	Dispositivos
Influência (foco sócio/político)	Sistemas de formação	Formação inicial (FI) e formação contínua (FC) de professores e sua articulação
Produção (foco institucional)	IES; Escolas; Sociedade	Parcerias; redes de escolas e/ou entidades externas (formal, não formal); cooperação institucional
Prática (foco operacional)	Professores; formadores	Estágio/Práticas Pedagógicas; disciplinas de projeto; projetos escola; interdisciplinaridade na ação

Fonte: Adaptado de Ball (1999).



A Formação inicial (FI) e a formação contínua (FC) são subsistemas de formação que devem ser planejados e articulados de modo intencional num todo coerente, na lógica de aprendizagem ao longo da vida e visando o empoderamento docente. O que falta é um planejamento estratégico a médio/longo prazo, em que os objetivos e o planejamento do subsistema FI se articule com os objetivos do subsistema FC. Poucos países investiram nesta visão sistêmica da formação docente (por exemplo, Finlândia) dado que as políticas públicas de formação docente privilegiam, em geral, uma lógica administrativa e não pedagógica (na FC é frequente a oferta de ações de formação avulsas, sem nexo visível para a melhoria da qualidade docente e cuja lógica privilegia a avaliação/controlo da carreira docente). Uma formação ao longo da vida remete geralmente para um plano permanentemente atualizado de formação apoiando os docentes em conhecimentos/áreas emergentes no currículo escolar eventualmente não cobertas na FI, como Feldman- Maggor, Tuvi-Arad e Blonder, R. (2022) sobre o desenvolvimento e avaliação de um curso sobre nanotecnologias para professores de Química do ensino secundário.

A visão sistêmica da formação implica novos papéis para as instituições incluindo a sua abertura para contextos e ambientes diversos de formação. “Nem as universidades nem as escolas são capazes de realizar a preparação inicial dos professores por conta própria” (Unesco, 2022, p. 87). O mesmo se poderia dizer da formação contínua. Do que se trata é de explorar formas diversificadas de cooperação institucional entre instituições de ensino superior/escolas, por exemplo, na articulação entre contextos formais e não formais na formação de professores de ciências (Souza; Bonifácio; Rodrigues, 2023) ou na rara cooperação universidade/escolas de educação infantil para a formação contínua de professores da educação infantil na área das ciências (Bastos, 2008).

O estágio pedagógico/prática pedagógica (FI) como espaço potencial de integração na ação dos saberes discretos (acadêmicos da futura docência, pedagógicos, didáticos) é um bom exemplo de dispositivo de formação com potencial



sistêmico (Quadro 2). Em geral, é a primeira oportunidade docente de aproximação com a ecologia da sala de aula e apreender a escola como organização de aprendizagem. Mas não só. É também uma oportunidade de socialização com outros colegas (supervisores pedagógicos, docentes do ensino superior/formadores de formadores, outros professores da escola) e comunidade externa valorizando uma cultura de trabalho docente como um trabalho coletivo (e não solitário) em linha com princípios defendidos pela UNESCO (2022). A pesquisa sobre o estágio pedagógico no âmbito das ciências é recorrente, tenha-se em conta, a título ilustrativo, um recente dossier (27 trabalhos de vários pesquisadores brasileiros) com o título sugestivo de Estágio Supervisionado e Prática de Ensino em Ciências publicado em 2023 pela Revista *Insignare Scientia* (v. 6, n. 2). Para além das problemáticas aí abordadas atravessando várias áreas de intervenção no ensino das ciências, o seu uso pelos professores fica facilitado pela diversidade de perspectivas teórico-metodológicas seguidas. Por esclarecer ficam respostas à questão *por que é que os docentes fazem o que fazem*. Ou seja, ainda não temos uma adequada compreensão sobre como os docentes integram tais conhecimentos discretos no desempenho das suas práticas profissionais. É uma pesquisa de ordem interdisciplinar em aberto.

4 QUE PROBLEMÁTICAS É DESEJÁVEL PRIORIZAR EM APOIO À REFLEXÃO CRÍTICA DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS? E COMO?

Parafrazeando Huxley (1933), a experiência não é o que nos acontece, mas o que fazemos com o que nos acontece. O tema da reflexão docente remete invariavelmente para o “discurso reflexivo da formação” ou “prático reflexivo” como discurso académico dominante na Formação de Professores desde os anos 90 do século passado na sequência das propostas de Zeichner (1993), entre outros. Na altura, surgiu em contraponto em relação a abordagens conservadoras da formação de cariz marcadamente conteudista. É hoje um discurso profusamente usado como uma nova ortodoxia e frequentemente ignorando/ desvalorizando a necessidade de

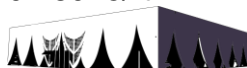


sustentação teórica na reflexão profissional. Se usado de modo acrítico, tal discurso remete para a metáfora do “professor artesão”, segundo Eraut (1994, p. 71) os que “ficam prisioneiros das suas experiências de escola”. Sendo certo que é possível construir saberes a partir da experiência, sem quadros teóricos de referência o exercício de reflexão será de alcance limitado e dificilmente gerador da mudança. Por isso mesmo, Abreu (2004, p. 289) sinaliza a necessidade de “permanente vigilância investigativa por parte dos professores” para apoiar os processos de mudança profissional. Selma Pimenta faz o ponto de equilíbrio:

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).

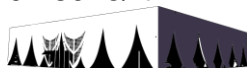
No Quadro 1 apresentou-se uma tipologia de modos de pesquisa que em função dos interesses e condições do momento podem apoiar o embasamento teórico e inserção de que nos fala Selma Garrido Pimenta e no Quadro 2 exemplos de dispositivos de formação a mobilizar para o efeito. O que falta esclarecer é que problemáticas privilegiar para dar suporte a essa inserção e como.

Morine- Dershtiner e Kent (2003) elaboram (em linha com Shulman, 1986) um modelo de desenvolvimento profissional dos professores de ciências referindo a centralidade do conhecimento pedagógico de conteúdo (CPC) como ponto de confluência de diferentes tipos de conhecimento. Das várias problemáticas CPC que a consulta bibliográfica recente aconselha como pertinentes para a questão de pesquisa acima, o pensamento crítico e interdisciplinaridade são duas delas recorrentemente consideradas como de difícil concretização devido a ambas exigirem uma outra relação com o conhecimento em ruptura com a ortodoxia positivista. Outras haveria que não cabem nos limites deste estudo. No que se segue apresentam-se para cada uma delas estratégias pouco vulgarizadas de apoio à reflexão docente.



4.1 Pensamento crítico

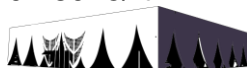
Uma das lições que a recente pandemia sanitária pôs a nu foram as limitações na nossa independência intelectual, isto é, sermos capazes de avaliarmos criticamente evidências e argumentos científicos. Osborne *et al.*, (2022) elaboram este argumento em recente relatório e chamam a atenção que algo de fundamental deve ser reformulado a nível do currículo de ensino das ciências (disciplinas escolares) para lidar com a novel “age of misinformation” (p. 38). Preocupam-se que a independência intelectual, precisamente um dos pressupostos dos currículos de ensino em vigor um pouco por todo o mundo no final do ensino secundário, tenha revelado suas fragilidades perante informação falsa/falaciosa em ambientes virtuais de informação (por exemplo, o Terraplanismo, negacionismo climático ou papel das vacinas). “While students are digital natives in their facility with the technology they are digital novices in their ability to evaluate the credibility and quality of the information” (Osborne *et al.*, 2022, p. 8), e apresentam quatro exemplos ilustrativos do que os professores de ciências podem fazer para inverter tal situação tendo como abordagem comum: mais do que ajuizar se uma informação é verdadeira/falsa é se ela é confiável (uso da metodologia de *fact-checking*, em si mesmo ilustrando a natureza social do conhecimento científico). Os autores vão mais longe ao considerarem que limitações na independência intelectual tem implicações não só académicas, mas para uma participação efetiva em sociedades democráticas, dado que “A democratic society depends upon access to true and reliable knowledge and on the ability to distinguish knowledge that is flawed, incomplete or that which aims to deceive from that which can be trusted” (Osborne *et al.*, 2022, p. 7). Retomam assim um argumento recorrente (Longbottom; Butler, 1999), na sua defesa de uma ciência para todos, ao considerarem que se pretendemos desenvolver uma sociedade democrática então as pessoas devem ser capazes de procurar razões do porquê é que as coisas acontecem e



estarem preparadas para a mudança, sendo que um dos requisitos para tal é uma predisposição para pensar criticamente.

O que está em jogo é a falta de formação em pensamento crítico, que não se restringe à escola, mas nela começa. Embora o tema seja desde há muito recorrente em vários currículos de ensino (ver Vieira; Vieira; Martins, 2011), raramente se concretiza curricularmente em estratégias de ensino, materiais didáticos e metodologias de avaliação do mesmo. Tudo se passa como se a menção curricular da importância do pensamento crítico fosse suficiente para ele se autodesenvolver. Parte do problema tem a ver com uma deficiente formação de professores no tema. Solbes e Torres (2012) analisam cinco tipos de competências associadas ao pensamento crítico e potenciais dificuldades que impedem a sua execução. Mais perto de nós, Vieira, R. e Vieira, C. (2021) apresentam uma revisão do tema e analisam 25 anos de investigação, formação e inovação sobre o pensamento crítico na educação, incluindo no âmbito das ciências, referindo que a avaliação dos programas de formação apontou no sentido de que os professores que receberam formação em pensamento crítico mudaram as suas práticas relativamente ao pensamento crítico, tornam-se mais promotoras deste (o que não aconteceu com os professores que não foram envolvidos em qualquer programa de formação com foco no pensamento crítico).

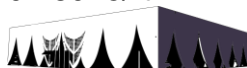
De um modo geral, a estratégia de formação seguida por vários autores (ver acima) pode ser resumida em (i) escolher um tema controverso de índole sócio - científica (por exemplo, gestão da água; uso de fertilizantes, vantagem das vacinas, uso de animais na investigação médica, CO₂ e aquecimento global...) (ii) selecionar/elaborar um pequeno texto (ou consulta em site) sobre o tema colocando uma questão em debate, por exemplo: são as vacinas confiáveis? (ver texto “childrenshealthdefense.org”, Osborne *et al.*, 2022, p. 32) (iii) promover a discussão/argumentação pelos alunos (eventualmente em grupos argumentativos). O objetivo do exercício *não* é ajuizar se uma informação é verdadeira/falsa (em geral,



para lá da finitude do conhecimento científico dos alunos). Para Vieira R., Vieira, C. e Martins (2011), a finalidade do exercício é, entre outras: identificar o que é que o autor pretende, qual o foco do que se apresenta, elaborar uma argumentação/contrargumentação pelos alunos na construção dos seus juízos (baseados em evidências da informação proposta), se a informação é confiável ou colocar questões que ajudem a clarificar um argumento. Ter tempo para pensar é um preceito necessário e os mesmos autores acrescentam “um ambiente de trabalho que encoraje os alunos a exprimirem as suas ideias, explorar e correr riscos” (Vieira; Vieira; Martins, 2011, p. 52). Também se pode ir mais longe, cultivando o imprevisto e imaginação do aluno através da estratégia E ...se, em que se alteram intencionalmente as condições de partida uma dada situação dando oportunidade ao aluno de encontrar novas possibilidades de realização da mesma (por exemplo, no estudo de um fenómeno alterar uma variável que esteja a ser controlada). Em geral, a formação de professores de ciências não está orientada nem formatada para explorar este tipo de estratégias de trabalho.

4.2 Interdisciplinaridade

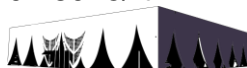
Para o escritor (e biólogo) Moçambicano Mia Couto “o principal obstáculo para a produção de novas ideias são as ideias que se tornaram certezas” (Mia Couto, 2019, p. 177). Braund e Reiss (2019) argumentam que as divisões entre as áreas curriculares (disciplinas escolares) vão contra as experiências de vida dos alunos de todas as idades. Favreto e Silva (2023, p. 25) consideram que a interdisciplinaridade implica “uma nova maneira de tratar e lidar com o saber produzido e em construção”. Para os professores de ciências, o interesse pela interdisciplinaridade é sobretudo *como fazer* mais do que o discurso sobre o que ela é (ver por exemplo, Fazenda, 2008; Pombo, 2021), ou seja, a interdisciplinaridade na ação (Quadro 2). É pertinente estabelecer uma diferença entre a interdisciplinaridade de pendor internalista, por



exemplo, entre as ciências da natureza, tecnologia e a matemática, típica da abordagem STEM que pouco acrescentou ao que já se sabia (Garcia-Carmona, 2020) - em boa verdade, o estudo experimental ou através de adequado software das leis de Faraday na Física e Química e de suas aplicações industriais na eletroquímica, liquefação de gases ou geradores elétricos, caberiam na abordagem STEM - e a interdisciplinaridade de pendor externalista (abordagens CTS) envolvendo as ciências sociais (por exemplo, impactos ambientais da acidificação dos oceanos) ou ainda as humanidades (música, arte...). Estas últimas abordagens, ao envolverem contextos sociais e culturais em que o ensino das ciências se fertiliza são as menos elaboradas quer pelo seu distanciamento à ortodoxia positivista quer pela escassez de recursos didáticos de apoio. Por isso mesmo, são as que aqui se privilegia.

É o caso da interdisciplinaridade Arte/Ciência uma fronteira transformadora em que a novidade do discurso é valorizar mais o que as une e menos o que as separa, em linha com uma visão da complexidade do conhecimento (Morin; Le Moigne, 1999). Trata-se de valorizar a multidimensionalidade e multirreferencialidade do conhecimento nas abordagens de ensino das ciências algo com um elevado sentido formativo epistémico.

Em geral, os professores de ciências não têm formação adequada para lidar com o tema, os currículos não o valorizam e faltam recursos didáticos de apoio. Embora sendo limitadas a aspetos pontuais dos currículos de ciências as sinergias arte/ciência, permitem apoiar os professores a “pensar e fazer de modo diferente” (Hargreaves; Shirley, 2012). Cachapuz, 2022b, com base numa revisão da literatura recente, apresenta sugestões dialógicas de temas dos currículos de ciências (diferentes níveis de ensino) permeados pela poesia (dualidade onda/corpúsculo), literatura (genética/mitocôndrias), dança (centro de massa), pintura (propriedades do ar), ilustração (cor e luz), dramatização (oxigénio), performance (água e suas propriedades). Tais sugestões são depois incorporadas no desenvolvimento de um workshop de formação contínua de professores de ciências abrangendo cinco



sessões de formação (Fundamentos epistêmicos, Transposições didáticas, Gestão da formação, Inovação/nas escolas) e, em cada uma delas, o tema a abordar, objetivo, metodologia e recursos. Outros desenvolvimentos ilustram o interesse crescente na literatura pelo tema arte/ciência no ensino das ciências e o uso de recursos digitais diversos oferece novas oportunidades, como Feliciano (2023) em estudo recente sobre o uso do cinema no ensino da cinética química na educação básica explorando a cooperação entre ensino superior/escola. No seu conjunto, tais esforços de inovação mostram que a mudança é possível em contraponto com a ortodoxia da ciência positivista prevalente nas escolas e divorciada da cultura e da sociedade na qual ela tem sua razão de ser.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade deste estudo é uma reflexão crítica sobre o desenvolvimento profissional dos professores de ciências e, com isso, estimular o debate sobre o tema e sugerir caminhos possíveis para a sua melhoria. No seu conjunto, visam minimizar o caráter disperso e fragmentado do desenvolvimento profissional dos professores de ciências. As considerações acima feitas pretendem contribuir para tal debate ao apresentarem um racional de diferentes configurações de pesquisa e suas implicações, diferentes contextos e dispositivos de formação com potencial sistêmico e ainda estratégias pouco vulgarizadas de apoio à reflexão docente sobre o pensamento crítico e interdisciplinaridade.

O estudo dirige-se a professores de ciências (ensino não superior) e formadores de professores e, no detalhe, há considerações que fazem mais sentido para uns do que para outros. Repensar e reformular estratégias e processos com vista à melhoria do desenvolvimento profissional dos professores de ciências não é um processo linear nem simples. Algo de fundamental deve ser reformulado a nível da perspectiva disciplinar dos currículos da ciência escolar. O tradicional sentido



conteudista organizado em disciplinas escolares discretas está desfasado da necessidade de desenvolver uma adequada cultura científica em linha com preceitos da UNESCO (1999). É necessário um repensar epistemológico, um outro modo de ver e não só olhar a ciência, uma ciência de rosto humano exigindo uma maior responsabilidade humana pela escolha e pela decisão. A questão não é iludir os conteúdos, mas sim repensar para quê e para quem eles servem. Não depende só dos professores, longe disso. Mas dificilmente tal desafio pode ser levado a cabo sem eles, sobretudo através de trabalho cooperativo e partilhado entre professores suportado por um adequado contexto de escola. Onde isso acontece as coisas melhoraram o que ilustra que a mudança é possível desde que dela tenhamos uma representação coerente e nos organizemos para o efeito (é necessário rever a figura do professor solitário). Com isso estaremos todos melhor preparados para apoiar gerações de jovens dispendo de conhecimentos e competências que lhes permitam exercer melhor a sua cidadania.

O estudo tem limitações, desde logo os principais destinatários não terem voz própria. Mas tal limitação também fornece um bom ponto de partida para futuro projeto.

Agradecimentos: Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/201

REFERÊNCIAS

ABREU, M. Competências e funções de educadores e professores no contexto da sociedade do conhecimento e da inovação. *In: As bases da Educação*. Lisboa: Conselho Nacional da Educação, 2004. p. 281- 291.

ASSOCIATION FOR TEACHER EDUCATION in EUROPE. ATTE. **Proceedings of the ATTE conference:** To be or not to be a great educator 2022. Riga: University of Latvia Press, 2023.



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

CACHAPUZ, A. F. Fronteiras arte/ciência e formação contínua de professores de ciências. In: NETO, A.; SILVA, A.; E FORTUNATO, I. (Org.). **Coletânea do Congresso Paulista de Ensino das Ciências**: discutindo EC em países Iberoamericanos. Itapetininga: Edições Hipótese, p. 229-245, 2022b.

BALL, S. **Education Reform: a critical analysis and post-structural approach**. Buckingham: Open University Press, 1994.

BASTOS, F. Estratégias de colaboração universidade-escolas: um estudo sobre a formação continuada de professores da educação infantil na área das ciências. In: BASTOS, F.; NARDI, R. (Org.). **Formação de Professores e Práticas Pedagógicas no Ensino das Ciências**: contribuições da pesquisa na área. SP. Escrituras, 2008. p. 259-281.

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, p. 219-236, 2019.

BRITISH EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION. BERA. **The role of research in teacher education**: reviewing the evidence. London: BERA, 2014.

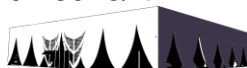
BROWN, P.; FRIEDEICHSEN, P.; ABELL, S. The development of secondary prospective biology teachers PCK. **Journal of Science Teacher Education**, v. 24, n. 1, p. 133-155, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s/10972-012-9312-1>. Acesso em: 20 jun. 2023

BROWN, C.; ION, G. Research informed educational practice: how to help educators engage with research for the common good. **Revista de Educación**, n. 397, p. 227-246, jul./set. 2022. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-397-546>. Acesso em 19.07.2023.

COUTO, M. **O Universo num grão de areia**. Lisboa: Caminho, 2019.

ERAUT, M. **Developing Professional Knowledge and Competence**. London: Falmer Press, 1994.

FAVRETO, E. K; SILVA, J. A. Complexidade e interdisciplinaridade na formação de professores de ciências no século XXI. In: **Uma jornada na pesquisa**



interdisciplinar a partir da relação entre Arte e Ciência. Texto e Contexto, p. 19-30, 2023.

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

FELDMAN- MAGGOR, Y.; TUVI-ARAD, I; BLONDER, R. Development and evaluation of an on-line course for the professional development of chemistry teachers. **International Journal of Science Education**, v. 44, n. 16, p. 2465-2484, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2128930>. Acesso em: 15 out. 2022.

FELICIANO J. El cine y la actividad investigativa: una propuesta alternativa para la enseñanza de la cinética química en la educación básica. **Revista Triângulo**, v. 16, n. 1, p. 253-278, 2023.

GARCÍA-CARMONA, A. STEAM, una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? **Ápice. Revista de Educación Científica**, v. 4, n. 2, p. 35-50, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>. Acesso em: 14 jul. 2023.

GOMES, L. *et al.* As origens do pensamento sistémico. **Pensando Famílias**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 3-16, dez. 2014. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-494X2014000200002. Acesso em: 14 fev. 2024.

GUSKEY, T. **Professional Developmentt and teacher change. Teachers and Teaching**, v. 8, n. 3, p. 381- 391, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/135406002100000512>. Acesso em: 20 jul. 2023.

HARGREAVES, A.; SHIRLEY, D. **The Global Fourth Way: The Quest for Educational Excellence.** Thousand Oaks: Corwin Press, 2012.

HUXLEY, A. **Texts and Pretexts an Anthology with Commentaries.** London: Harper & Brothers, 1933.

LONGBOTTON, J.; BUTLER, P. Why teach science? Setting rational goals for science education. **Science Education**, v. 83, n. 4, p. 473-492, 1999.

LOTTER, C. *et al.* The Impact of a Practice-Teaching Professional Development Model on Teachers' Inquiry Instruction and Inquiry Efficacy Beliefs. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 16, p. 255-273, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9779-x>. Acesso em: 17 jul. 2023.



MARCELO, C. Desenvolvimento profissional docente: passado e futuro. **Sísifo: Revista de Ciências da Educação**, n. 8, p. 7-22, 2009. Disponível em: <http://sisifo.ie.ulisboa.pt/index.php/sisifo/article/view/130>. Acesso em: 14 fev. 2024.

MORIN, E.; LE MOIGNE, J. **A Inteligência da Complexidade**. SP: Petropolis, 1999.

MORINE- DERSHINER, G.; KENT, T. The complex nature and spurces of teachers´ pedagogical knowledge. *In: GESS NEWSOME (ED.). Examining Pedagogical content knowledge the construct and its implications for science education*. New York: Kluwer Academic Press, 2003. p. 21-50.

MOTA; D.; MESQUITA, S. Avaliação da aprendizagem no ensino de Biologia: análise das ancoragens das representações sociais de professores. **Revista de Ensino de Biologia**, v. 16, n.1, p. 163-182, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.46667/renbio.v16i1.957>.

OSBORNE, J; PIMENTEL; D. **Science education in an age of misinformation**. Stanford University: Stanford, California, 2023.

PIMENTA, S. G. Professor reflexivo: construindo uma crítica. *In: Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito*. São Paulo: Cortez, 2005. p. 17- 52.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade: ambições e limites**. Lisboa: Alêtheia, 2021.
POSTHOLM, M. Teachers´ professional development in schools: a review study. **Cogent Education**, v. 5, n. 1, p. 1-22, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/2331186x.2018.1522781>. Acesso em: 19 jul. 2023.

QURESHI, A.; DEMIR, K., A Comparative Review of the Literature on Pakisani Science Teachers´ Professional Development. **Science Education International**, v. 30, n. 3, p. 223-235, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.33828/sei.v30.i3.9>. Acesso em: 18 jul. 2023.

RAISSA, F.; ARAÚJO, A. Teacher Professional Development: field of knowledge rise. **Creative Education**, v. 9, n. 5, p. 658-674, abr. 2018. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=83904>. Acesso em: 20 jul. 2023.

REYNOLDS, M. **From fracture to structure: a study examining the characteristics of PCK and PCK development of science teachers in an undergraduate teacher preparation program**. Dissertação (Doutorado em Science Education) - Graduate Faculty of North Carolina State, 2020.



SHULMAN, L. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SOLBES, J.; TORRES, N. Analisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas. **Didactica de las ciencias experimentales y sociales**, n. 26, p. 246-269, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.7203/dces.26.1928>. Acesso em: 18 jul. 2023.

SOUZA, V.; BONIFÁCIO, V.; RODRIGUES, A. Schools visits to science museums: a framework for analysing teachers' practices. **Journal of Science Teacher Education**, v. 34, n. 4, p. 329-351, set. 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1046560X.2022.2103010?scroll=top&nedAccess=true>. Acesso em: 15 fev. 2024.

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

UNESCO. **REIMAGINAR NOSSOS FUTUROS JUNTOS: Um novo contrato social para a educação**. Lisboa: Comissão Europeia, 2022.

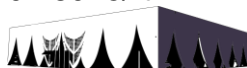
UNESCO. **RELATÓRIO DA COMISSÃO INTERNACIONAL SOBRE OS FUTUROS DA EDUCAÇÃO**. Brasília: UNESCO, 2022.

UNLU, Z.; DOKMEB, I.; TUFEKCIC, A. An action-research on teaching science through technology supported inquiry - based learning: a pilot study. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 186, p. 46-52, mai. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281502443X?via%3Dihub>. Acesso em: 15 fev. 2024.

VIEIRA, R.; VIEIRA, C. 25 anos de investigação, formação e inovação sobre pensamento crítico na educação. In: HERRERA, A; SALAZAR, A. (Org). **Pensamiento crítico en Iberoamérica. Teoría e intervención transdisciplinar**. México: Editorial Torres, 2021. p. 23-44.

VIEIRA R; VIEIRA, C.; MARTINS, I. Critical thinking: conceptual clarification and its importance in science education. **Science Education International**, v. 22, n. 1, p. 43-54, mar. 2011. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ941655>. Acesso em: 15 fev. 2024.

WHITWORTH, B.; CHIU, J. Professional development and teacher change: the missing leadership link. **Journal of Science Teacher Education**, v. 26, n. 2, p. 121-



137, 2015.

ZEICHNER, K. **A Formação Reflexiva de Professores**: ideias e práticas. Lisboa: Educa, 1993.

Recebido em: 24-07-2023

Aceito em: 11-12-2024

