



FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: EM DEFESA DE UM DISCURSO REFLEXIVO SUSTENTADO EM DINÂMICAS DE PESQUISA

SCIENCE TEACHER EDUCATION: IN DEFENSE OF A REFLEXIVE DISCOURSE SUSTAINED IN RESEARCH DYNAMICS

LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE CIENCIAS: EN DEFENSA DE UN DISCURSO REFLEXIVO BASADO EN DINÁMICAS DE INVESTIGACIÓN

António Cachapuz ¹

Resumo: Defende-se a necessidade de introduzir rigor no designado “discurso reflexivo” da formação de professores como dispositivo visando o seu desenvolvimento profissional, em particular sustentado na pesquisa. Desenvolve-se este argumento no caso da formação de professores de ciências através de um estudo visando fundamentar e caracterizar um possível quadro de referências para o seu ensino em que os professores se possam rever. O estudo adoptou uma orientação metodológica de índole qualitativa de natureza interpretativa. Elaboram-se três linhas de orientação consideradas fundamentais à luz do estado da arte: Visão humanista de ciência; Pluralismo metodológico; A aprendizagem como processo social e culturalmente mediado.

Palavras-chave: Formação de professores. Reflexão. Pesquisa. Ciências.

Abstract: It is stressed the need to introduce accuracy in the so-called "reflexive discourse" of teacher education as a tool aimed at their professional development, particularly supported by research. This argument is developed in the case of the training of science teachers through a study aimed to substantiate and characterize a possible framework for their teaching in which teachers can review themselves. The study adopted a qualitative methodological orientation of an interpretative nature. Three guidelines considered fundamental in the light of the state of the art are elaborated: humanistic vision of science; methodological pluralism; learning as a socially and culturally mediated process.

Keywords: Teacher education. Reflection. Research. Science.

Resumen: Se defiende la necesidad de mayor rigor en el "discurso reflexivo" de la formación del profesorado como un dispositivo orientado a su desarrollo profesional, en particular apoyado por la investigación. Este argumento se desarrolla en el caso de los profesores de ciencias a través de un estudio destinado a sostener y caracterizar un marco de referencias para su enseñanza. El estudio adoptó una orientación metodológica cualitativa de carácter interpretativo. Se elaboran tres directrices fundamentales a la luz del estado de la arte: Visión humanista de la ciencia; Pluralismo metodológico; Aprender como un proceso social y culturalmente mediado

Palabras-clave: Formación del profesorado. Reflexión. Investigación. Ciencias.

Submetido 04/12/2020

Aceito 10/02/2021

Publicado 11/02/2021

¹ Doutor em Química. Docente (aposentado) da Universidade de Aveiro/Cidttf. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9112-6087>. E-mail: cachapuz@ua.pt



“Compreendermos porque fazemos o que fazemos”

De Boer

Introdução

O desenvolvimento profissional dos professores refere-se aos processos desenhados para apoiar os professores na melhoria do seu conhecimento, capacidades e motivação para melhorar o seu ensino (Whitworth e Chiu, 2015). O desenvolvimento profissional dos professores oferece várias oportunidades para melhorar capacidades de decisão, transformação de suas práticas de ensino e em última análise dos resultados da aprendizagem (Smith e Lindsay, 2016). 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.

A pesquisa sobre os saberes profissionais dos professores é um tema recorrente no âmbito da formação de professores, sendo pertinente não só pelo valor epistémico do princípio, mas sobretudo em relação aos diferentes modos de o fazer. Resumo aqui uma possível tipologia do binómio pesquisa/formação de professores em função da lógica do enfoque da pesquisa e do objeto de estudo, a saber: pesquisa *sobre* os professores (por exemplo, estudos sobre atitudes), *para* os professores (por exemplo, conceções alternativas dos alunos), *com* os professores (por exemplo, estudos de desenvolvimento curricular por equipas escola/universidade) e *por* professores (por exemplo, estudos de pesquisa/ação). É a pesquisa em diálogo reflexivo com a praxis que transporta para o campo conceitual e para o campo da praxis os quadros de referência que deverão ser a base de uma fundamentação epistemológica. Tendo em conta a multidimensionalidade e caráter emergente do campo de estudo, todos os percursos de pesquisa com contributos pertinentes são bem-vindos, sobretudo se, tanto quanto possível, articulados no quadro de um saudável ecletismo.

O relatório da reconhecida British Educational Research Association (BERA, 2014, p.8), 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.

Sublinhe-se a necessidade de atualização e do papel da pesquisa.

O papel da pesquisa ganha sentido e atualidade quer na formação inicial quer na formação contínua de professores, como posicionamento crítico sobre o designado “discurso reflexivo” (ou “práticas reflexivas” ou “formação reflexiva”) da formação na medida em que este último se elegeu como discurso académico dominante, por vezes até exclusivo, na Formação de Professores, sobretudo a partir dos anos 80 permanecendo na literatura de formação de professores e práticas atuais de formação. Ao surgir, então, como alternativa (e bem) ao reducionismo do discurso conteudista da formação, não se teve em devida conta a necessária sustentação teórica que a reflexão exige. A questão é conhecida e resumida por Estrela (2002, p. 25):

3

Após a publicação de *The reflective practitioner*, de Shon, em 1983, as expressões “prático reflexivo” e “formação reflexiva” começaram a ocupar crescentemente o lugar central do discurso sobre a formação docente. E essas expressões são de tal modo recorrentes que se tornaram autênticos “slogans” que ameaçam esvaziar-se de sentido (Zeichner, 1993) criando novas ortodoxias (Andrews, 1999) onde não faltam grupos de fundamentalistas ou constituem as novas panaceias para a resolução dos problemas do ensino e da formação.

Um exemplo atual da primazia do “discurso reflexivo” na formação de professores (ensino não superior) é visível nos relatórios de avaliação da Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior (A3ES, 2020) de Portugal (www.a3es.pt) dos cursos de formação inicial de professores, em particular no âmbito da Prática Pedagógica (último ano da formação inicial) em todas as áreas disciplinares (previsivelmente o mesmo se poderá passar noutros países, dado que a matriz epistémica que legitima tal discurso é transnacional). Não por acaso, tal discurso domina após 2007 com o início do designado Processo de Bolonha com a pesquisa consideravelmente desvalorizada nos cursos de mestrado onde agora se processa a formação inicial de professores. Por exemplo, no modelo bietápico em vigor, a dissertação de mestrado até então existente e envolvendo uma substancial dimensão de pesquisa foi substituída



por pequenos projetos de intervenção/extensão ou, mais correntemente, por um simples relatório da prática docente (Cachapuz et alii, 2020). Vásquez-Bernal et alii (2019) analisam o desenvolvimento profissional de uma professora de ciências ao longo de vários anos em função da sua capacidade de reflexão e de ação tendo em vista a aprendizagem escolar, reportam dificuldades identificadas e também colocam a questão de se o modelo biotípico de formação de professores também em vigor em Espanha será o mais adequado. 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. Nem todos os autores aí referidos convergem na ortodoxia dominante. Por exemplo, no caso dos “diários de sistematização”, refere-se o entendimento de Holliday (2006, p. 37) considerando que “a sistematização permite incentivar um diálogo entre saberes: uma articulação criadora entre o saber cotidiano e os conhecimentos teóricos, que se alimentam mutuamente” (p.28). Para Pimenta (2000, p.21),

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.

Em abstrato, nada haveria que criticar sobre o “discurso reflexivo” da formação como um aspeto central para o desenvolvimento profissional do professor e melhoria da qualidade do ensino. Faz parte do legado Socrático, o mesmo é dizer da responsabilidade intelectual de nos questionarmos de modo crítico sobre o sentido e âmbito da nossa área de trabalho. O conhecimento filosófico, científico, artístico, entre outros, não faria parte do atual património cultural da humanidade se uma miríade de mulheres e homens ao longo dos séculos não tivesse feito o uso adequado de dispositivos de reflexão individual e coletiva de que dispunham à época. A questão é outra.

Segundo Lave e Wenger (1991), o processo de reflexão inclui rever, reconstruir e analisar criticamente as suas próprias capacidades de ensino e transformar essas explicações em evidências de mudança que necessitam ser levadas a cabo para se tornar um melhor professor. Não é coisa pouca. Por isso mesmo, sem o distanciamento crítico defendido por Pombo (1993), o risco é a reflexão poder ficar refém da “reelaboração de opiniões, memórias, ou conhecimentos adquiridos”, ou seja, de processos “frequentemente confundidos com a



reflexão e que mais não fariam do que reforçar pressupostos e convicções em que cada um já está embrenhado” (p. 41). Sendo certo que é possível construir saberes a partir da experiência, sem quadros teóricos de referência (por exemplo, oriundos da pesquisa) e a necessária formação para a reflexão (incluindo competências exigidas para a mesma, sobretudo de metacognição), o exercício de reflexão será de alcance limitado e de sentido essencialmente retórico. Ou seja, dificilmente gerador da mudança.

Vinte anos atrás, Estrela (2001) resume bem o que pode estar em jogo nessa nova ortodoxia ao elencar potenciais efeitos perversos dos designados “discursos reflexivos”. O primeiro tem a ver com os *contextos* do discurso e “manifesta-se na tendência geral que se verifica de descontextualização da formação, pondo-se entre parêntesis não só as mundividências próprias das sociedades em que os autores dos discursos se inserem, mas também as particularidades dos sistemas de ensino e das funções atribuídas à escola” (p. 32). O segundo efeito perverso dos “discursos reflexivos” da formação, diz respeito ao *rigor* do discurso, ou seja, “por vezes de forma muito pouco crítica, transformando-se algumas das suas ideias chave em slogans ou chavões que todos nós não resistimos a utilizar sem uma clarificação prévia dos conceitos que encerram”. E a autora exemplifica com o uso de expressões como “professor reflexivo, desenvolvimento pessoal e a autora exemplifica com o uso de expressões como “professor reflexivo, desenvolvimento pessoal e profissional, identidade profissional, formação emancipatória” (p. 32), entre outros, qualificando-as como expressões “polissêmicas e ambíguas que levam a um entendimento aparente do campo das palavras” (idem). Em apoio deste argumento refere “o uso indiscriminado da expressão “professor reflexivo” que pode remeter para diferentes epistemologias e práticas” (p. 45), citando vários autores. O terceiro efeito perverso, diz respeito a uma “possível *desprofissionalização* da função docente em contraste evidente com as metas que se pretendiam alcançar ao enfatizar a autonomia dos docentes na construção dos seus saberes profissionais”. No entender da autora, a questão pode ter implicações no modelo de formação institucional a adotar já que a possível “desvalorização da investigação e dos saberes universitários que contribuíram para a profissionalização da função docente justificando a exigência de uma formação de nível superior tem a sua lógica consequência (e simultaneamente o seu pressuposto) no professor como artesão (p. 33). A ser assim, tal significaria “um retorno à formação corporativa dos professores feita na escola pelos



colegas mais experientes, através de práticas de “coaching” que incluem o “follow me” que Schon defende” (idem). No limite, segundo Eraut (1994), “ficam prisioneiros das suas experiências de escola” (p.71). Finalmente, o último efeito perverso referido tem a ver com a desvalorização da *pesquisa*, isto é, “a tendência que se verifica até nas mais reputadas revistas internacionais de substituir a investigação no terreno, sempre morosa, limitada e de resultados incertos pelo discurso reflexivo e especulativo sobre a formação, bem intencionado sem dúvida, mas quantas vezes paralelo ao real, quando não em oposição a ele” (idem).

Neste estudo estou particularmente atento ao terceiro e ao último possível efeito perverso acima elencado, dois casos típicos da disfunção entre teoria e prática. Dou por adquirido que o discurso da pesquisa não está isento dos problemas e limitações que a própria pesquisa encerra. Tenha-se em conta a *relevância* da pesquisa já que uma pesquisa pode ter qualidade (em termos académicos) mas não ter relevância para um dado fim, neste caso para melhorar a relação entre a formação e o ensino. Em parte, é o “preço histórico” a pagar pela emergência e desenvolvimento da pesquisa no campo da educação tendo-se aprofundado a demarcação entre os investigadores e os profissionais de ensino nas escolas. Na verdade, uma boa parte da pesquisa é de cariz marcadamente académico, persegue objetivos próprios, predomina a circulação interna à comunidade de investigadores e a sua produção nem sequer é lida pelos professores. Mas há conhecidas exceções em que a pesquisa é orientada para a inovação no ensino. No âmbito da educação em ciências, área em que me inscrevo, é notável o contributo dado desde há muito por jornais/revistas como a “Química Nova na Escola” (Brasil), “Physics Education” e “School Science Review” (Reino Unido) ou Journal of Chemical Education (USA), entre outras, em particular através de pesquisas sobre o conhecimento pedagógico do conteúdo/conhecimento didático (Shulman, 1986), construído amplamente considerado como um dos indicadores da qualidade profissional (Reynolds, 2020). Ao envolverem organizações profissionais com vínculos ao ensino, tais publicações não deixam de considerar o ensino como um campo de pesquisa, mas valorizam situações de ensino cujos significados são facilmente reconhecíveis pelos professores e adaptáveis nas suas práticas. Previsivelmente revistas noutras áreas do conhecimento preencherão a mesma finalidade. Um segundo problema é da *qualidade* da investigação, em particular, desvalorização de dimensões não epistémicas da ciência, fragilidades metodológicas (sobretudo no caso da pesquisa



empírica) e falta de densidade da pesquisa já que abundam projetos pontuais típicos de doutoramentos, ou seja, de autoria individual e temporalmente datados; faltam verdadeiros programas de pesquisa a médio e longo termo envolvendo equipes pluridisciplinares/interdisciplinares e com financiamento disponível.

Na falta de uma teoria geral que unifique e dê coerência a conceitos, fenômenos e circunstâncias relativas à formação, ao ensino e à aprendizagem, restam pesquisas fragmentadas sobre qualquer um dos quatro modos de investigação (ver tipologia acima) incorporando o nosso melhor conhecimento sobre o estado da arte e um esforço continuado na procura de relações dialógicas que visem a sua coerência interna.

Para Hargreaves e Shirley (2012), o desenvolvimento profissional de qualidade reside no professor realizar a necessidade de “pensar e fazer de modo diferente”. Neste estudo, e tendo como contexto de trabalho a área das ciências (ensino não-superior), pretende-se contribuir para o desenvolvimento profissional dos professores de ciências sublinhando a necessidade de introduzir rigor no designado “discurso reflexivo” da formação. De modo mais específico, tendo em vista sustentar e aprofundar a reflexão crítica de modo a esse “pensar e fazer de modo diferente”, o estudo pretende fundamentar e caracterizar linhas de orientação para o ensino das ciências em que eles se possam rever, ou seja, através do apoio de um possível quadro de referência.

De acordo com a tipologia pesquisa/formação acima referida, trata-se aqui sobretudo de uma pesquisa *para* os professores como agentes de mediação dos saberes, condensando embora nas fontes consultadas outras vertentes dessa tipologia. O modo como, na prática, tal quadro de referências pode contribuir para o empoderamento profissional dos professores é diverso, em particular, como referente de mudanças a serem levadas a cabo pelo próprio através de processos de pesquisa/ação, como parte de programas de formação inicial em disciplinas de índole didático/pedagógica ou de programas de formação contínua, sendo que, em ambos os casos, segundo Estrela (2002) “o professor deve ser dotado de uma atitude investigativa e crítica, consumidor crítico de investigação feita por outros (Zeichner 1993), mas também de participar de forma metodicamente conduzida na construção do conhecimento profissional” (p.25).

O estudo adoptou uma orientação metodológica de índole qualitativa de natureza



interpretativa (Flick, 2009). A análise documental seguiu princípios teórico-metodológicos da Revisão Sistemática da Literatura (Berwanger et alii, 2007) a partir de fontes bibliográficas de pesquisa diversificadas, de conteúdo pertinente para a finalidade do estudo, envolvendo diversas áreas do conhecimento com relevo para a área da formação de professores e do ensino das ciências e com qualidade metodológica reconhecida. A sua análise foi feita em função de três categorias de análise a saber: a visão de ciência, a visão de ensino e a visão de aprendizagem (ver a seguir).

No que se segue, apresenta-se um quadro de referências para o ensino das ciências a partir da elaboração de três linhas de orientação envolvendo dimensões epistêmicas e não epistêmicas consideradas fundamentais à luz do estado da arte. Nas notas finais, apresentam-se implicações e recomendações para a formação de professores de ciências.

Um quadro de referências

Ao contrário dos modelos, por definição visando descrever, explicar e eventualmente prever a ação, os princípios orientadores são, mais simplesmente, dispositivos cognitivos que visam organizar a nossa reflexão crítica para a ação, em linha com a lógica subjacente deste estudo. Acresce que o ensino não é uma atividade analítica e as orientações propostas não devem, pois, ser vistas isoladamente, mas como parte de um todo em que se reforçam mutuamente; é no seu cruzamento harmonioso que reside a sua maior valia. Finalmente, este não é um estudo sobre os currículos de formação ou ensino, mas sim em como empoderar professores para uma outra possível interpretação e exploração dos mesmos. Os professores não são transmissores passivos do conhecimento. Bem pelo contrário, são profissionais criativos capazes de discutir e negociar as linhas mestras curriculares e, se necessário, adaptá-las.

Os princípios orientadores que a seguir se desenvolvem em apoio à reflexão crítica dos professores de ciências assentam em três pilares de modo a que o seu cruzamento forme um todo coerente: a visão de ciência, a visão de ensino e a visão de aprendizagem.

Visão humanista de ciência

Parafraseando o ex-diretor geral da UNESCO, Federico Mayor, o título alternativo



desta seção poderia ser “A ciência para quê e para quem?”. Uma ciência de raiz humanista significa ver a ciência como um legado cultural da humanidade no quadro de uma cidadania responsável. Sendo certo que a construção da cidadania deve abarcar outras dimensões da vida intelectual e social que não se esgotam na cultura científica, não é menos verdade que, tendo em conta a amplitude dos processos de cientificização das sociedades modernas, importa criar oportunidades e condições para que os cidadãos desenvolvam uma adequada cultura científica, aqui entendida como a qualidade que dá sentido e orientação ao conhecimento científico, questionando - o se necessário, e que não deve confundir-se com ele. Segundo Beck (2008, p. 344),

a ciência torna-se cada vez mais necessária, mas cada vez menos suficiente na elaboração de uma definição socialmente estabelecida da verdade. Nesta nova configuração, a relação entre a ciência e o exterior alterou-se e os destinatários e utilizadores da ciência na sociedade têm agora novas possibilidades de influência e de ação nos processos de produção e da utilização dos resultados científicos.

9

A crescente influência social de movimentos ambientalistas e da defesa do património arquitetónico ou no campo da bioética, entre outros, ilustram o argumento. Para Ferrarotti (1998), “A ciência pode esclarecer as questões, calcular os custos relativos dos vários cursos alternativos de ação, mostrar as melhores maneiras de implementação. Mas não pode tirar de nós a responsabilidade humana pela escolha e pela decisão” (p.56). Ao dar voz aos cidadãos, a citação espelha a ideia de que o projeto moderno da ciência não se deve esgotar na estrita racionalidade de sinal positivista, mas deve incorporar a dimensão da socialização do conhecimento por parte de não cientistas como forma de apropriação desse conhecimento. Em suma, uma ciência para as pessoas.

Como noutra lado defendi (Cachapuz, 2016), para que tal responsabilidade humana pela escolha e pela decisão” de que acima nos fala Ferrarotti possa acontecer - isto é, o exercício da nossa cidadania - é necessário criar oportunidades e condições para que, cada vez mais, os cidadãos, compreendam e participem, individual ou coletivamente, em decisões importantes sobre a natureza da ordem científica/tecnológica, ou melhor, tecnociência, que os afetam, ou podem vir a afetar. Dito de outro modo, desenvolvam uma adequada cultura científica. Do que se trata é criar possibilidades para uma outra “leitura do mundo”, na sua diversidade,



complexidade e mudança. Sem uma adequada cultura científica é mais difícil promover o crescimento pessoal de cada cidadão permitindo-lhe ter uma leitura do mundo que vá além do senso comum e, ao mesmo tempo, contribuir responsabilmente na construção de sociedades que se querem abertas e democráticas através de uma cidadania participativa e não só representativa.

Estamos longe do conceito de ciência de sentido positivista como uma natureza autônoma e com uma legalidade que se impõe de forma absoluta, do exterior aos seres e às coisas, de sentido autoritário, reducionista e determinista, de que conhecidos autores nas suas diferentes subtilezas epistemológicas, de Bachelard ou Popper até Feyerabend, passando por Khun, nos oferecem alternativas promissoras.

De que modo a nova visão de ciência se pode transpor para o ensino das ciências?

Possuir concepções adequadas sobre a ciência não garante que as abordagens no ensino das ciências levadas a cabo pelos docentes sejam coerentes com tais concepções, mas constitui um requisito fundamental (Gil-Perez et alii, 2015). De entre as várias abordagens no ensino das ciências que a pesquisa indica (CTS, STEM PBL...), a abordagem CTS (nas suas múltiplas variantes) no ensino é a que traduz de modo mais coerente a visão de ciência humanista acima referida. Na verdade, nesse caso, a transposição para o ensino ficou facilitada pois a gênese do movimento CTS não é oriunda da área da educação, mas sim, desde meados do século passado, de áreas do conhecimento afins ao próprio projeto da ciência, a designada metaciência, em particular da Sociologia da Ciência, e História da Ciência (Khun, 1962, porventura o mais conhecido) ou, mais geralmente, dos agora designados Estudos Sociais da Ciência. Aí se valoriza a dimensão dos processos sociais, políticos e culturais nas práticas científicas situando a prática científica como uma atividade social construída sob um conjunto de regras próprias e desconstruindo assim a ideia da neutralidade e determinismo da ciência (o que não significa reduzir o conhecimento científico às suas determinantes socioculturais). Rosa e Strieder (2019) defendem “que o endosso à concepção de neutralidade da ciência-tecnologia (CT) pode fragilizar a participação da sociedade em processos decisórios sobre temas e problemas reais condicionados pelo desenvolvimento científico-tecnológico” (p.124).

Várias revistas/jornais como a “Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia” ou a “Revista Ibero Americana de Ciencia, Tecnologia y Sociedad”, “Science,

Technology and Society”, entre outras, cuja leitura inspirou o autor a compor estas linhas, têm-se aberto a inúmeros estudos de renomados autores sobre o ensino das ciências valorizando múltiplas abordagens CTS como sendo aquelas que melhor traduzem o projeto atual do ensino das ciências no quadro de uma visão humanista da mesma e tendo em conta a especificidade dos níveis de ensino. Desde logo porque uma abordagem CTS se preocupa com os contextos. Os alunos devem ter oportunidades de contextualização dos assuntos em estudo como um ponto de entrada das abordagens de ensino. Explorar o sentido didático das controvérsias sócio/científicas (Galvão et alii, 2011) ou das relações complexas entre ciência e tecnologia (Gil-Perez et alii, 2015) são exemplos possíveis a seguir. Mas não só. Ao valorizar o debate de problemáticas científico/tecnológicas contemporâneas e, tanto quanto possível, contextos reais/relevantes dos alunos, o ensino das ciências torna-se mais motivante para a aprendizagens das ciências e, porventura, para a própria ciência, pois deixa de ser um discurso meramente acadêmico e acrescenta valor ao familiar. Contextualizar implica valorizar, em primeiro lugar, a conceitualização das situações, o que exige cuidados no estudo qualitativo das mesmas. A questão não é desvalorizar o quantitativo. Bem pelo contrário. A questão é do terreno da dialética.

Na perspectiva CTS, o ensino ultrapassa assim uma lógica internalista de sentido conteudista, aprofunda a interdisciplinaridade e contribui para uma compreensão mais alargada dos problemas. A sua especificidade reside na letra “S” da sigla e suas articulações interdisciplinares com as restantes da sigla, ao contrário de movimentos “ressurgidos” de ensino das ciências como a STEMA marcado por “uma perspectiva neoliberal da educação” (Garcia-Carmona, 2020, p.37) sem que nela se divise a articulação entre ciência e flexibilidade social e, por isso mesmo, em que o papel dos contextos aparece quase sempre só como mera oportunidade de aplicação da teoria.

Pluralismo metodológico

“As almas mais belas são as que têm mais variedade”, um preceito do filósofo Michel de Montaigne (séc. XVI) que nos seus “Ensaio” defende que o talento principal é sabermos aplicar-nos a práticas diversas (p.185). Traduzindo este preceito para um espaço de ação com elevada complexidade como o ensino das ciências, tal significa estarmos abertos à



multidimensionalidade e multirreferencialidade de abordagens metodológicas. Não havendo uma abordagem universal para o ensino das ciências (ou outra área qualquer), é na gestão inteligente da heterogeneidade que o professor confia. Laburú et alii (2003, p. 257) apresentam uma extensa reflexão e pontos de vista sobre o pluralismo metodológico no ensino das ciências e avisam que,

O professor não pode prescindir de uma ação orientada por pressupostos teóricos explícitos, conscientemente refletidos pois, se assim não proceder, corre o risco de acabar agindo de uma forma imatura e incontrolada, portanto, ocasionando os mesmos eventuais prejuízos para os seus alunos, com quem se relaciona. A solução para esse impasse lógico encontra-se na constante revisão e reflexão crítica do educador e na sua sensibilidade em ponderar ações, estratégias e pressupostos teóricos, inseridos na prática pedagógica em sala de aula”. É precisamente em apoio dessa reflexão crítica que se insere a lógica deste estudo.

Além da sala de aula, historicamente lugar de primazia do ensino formal, as oportunidades de ensino não formal das ciências como visitas de estudo, trabalho de campo, centros e museus de ciência ou feiras de ciências (Gallon et alii, 2019) enriquecem a paleta disponível de metodologias de trabalho e aproxima a ciência escolar da comunidade científica.

A Ciência é sempre sobre qualquer coisa relativa ao mundo natural e não é por acaso que o trabalho experimental é tema recorrente de investigação (Hoffmann et alii, 2018) e, porventura, a metodologia de trabalho mais valorizada nos currículos das ciências. Desde logo é necessário ter claro para que é que ele serve sendo discutível usar o trabalho experimental simplesmente para ilustrar conceitos que provavelmente podem ser aprendidos mais vantajosamente de outro modo. Semensate et alii (2020, p.257) debruçam-se sobre esta questão e investigam o discurso de professores de ciências/química assinalando três tipos de discurso: “a experimentação como estratégia de ensino para comprovação dos estudos teóricos (cunho epistemológico), de caráter motivacional da experimentação como facilitador do ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos (cunho motivacional) e o uso de experimentação como possibilidade de construção de novos conhecimentos (cunho cognitivo)”. Nos seus vários formatos, o trabalho experimental é um instrumento privilegiado,

embora continuem a haver alunos que atravessam a escolaridade obrigatória sem terem tido a oportunidade de realizar uma só experiência. Menos ainda são os eleitos que foram envolvidos em algum pequeno percurso de pesquisa e tiveram a oportunidade de



reconhecer quão difícil é descobrir algo de novo (para eles, naturalmente), a complexidade de um planejamento (ainda que à sua escala), a subida de auto-estima em face de uma experiência com sucesso ou a frustração de um resultado não expectável” (Cachapuz et alii, 2004, p.374).

Ou seja, a resposta a dar não é só no “mais”, mas também no “diferente” propondo tarefas de índole experimental com diferentes graus de abertura (ver exemplo a seguir).

De um modo geral, no ensino das ciências predominam práticas de ensino valorizando dimensões epistêmicas da prática científica. Garcia-Carmona (2021) refere algumas, por exemplo: “formular perguntas; desenvolver e usar modelos; planificar e levar a cabo pesquisa; analisar e interpretar dados; usar pensamento matemático e computacional; elaborar explicações científicas; participar na argumentação a partir de provas; obter, avaliar e comunicar informação” (p. 1108-5). Para ser coerente com a visão de ciência acima apresentada, também é necessário incorporar dimensões não epistêmicas das ciências. Garcia-Carmona e Acevedo Dias (2018, apud Garcia-Carmona, 2021), fundamentam e sistematizam algumas delas a ter em conta, por exemplo: “cooperação e colaboração científicas; relações profissionais na comunidade científica; comunicação científica; persuasão de ideias científicas; papel da comunidade científica na aceitação de novos conhecimentos; ética na pesquisa científica, procura de fundos (p. 1108-10). Para cada uma delas, Garcia-Carmona (2021) sugere exemplos de correspondentes práticas para o ensino das ciências, respetivamente,

propiciar que o aluno se organize em grupos de trabalho para cooperar nos processos de aprendizagem; distribuir as tarefas de indagação e os papéis dos membros do grupo independentemente do seu género; determinar conjuntamente standards de formato e conteúdo para a elaboração de relatórios de indagações científicas escolares; manejar técnicas básicas (linguagem verbal, gestual, oral, estética, etc.) para a apresentação pública dos resultados de uma indagação escolar; elaborar nos grupos de trabalho critérios para decidir como estabelecer as conclusões do grupo de trabalho (mediante consenso, maioria, algum controlo externo, “amigo crítico”, etc); determinar normas éticas a seguir na obtenção e uso de dados empíricos, informação de relatórios e fontes secundárias; planejar indagações científicas escolares tendo em conta a possibilidade de reciclar ou reutilizar materiais.

Quase todas estas atividades envolvem a negociação de significados entre alunos o que contribui para o desenvolvimento de valores como cooperação, respeito pelo outro ou ética de responsabilidade enriquecendo assim a sua formação cidadã.



A aprendizagem como processo social e culturalmente mediado

Com Edgar Morin (1996) ficou mais claro que há uma inscrição histórica e sociocultural de todo o conhecimento e da importância da sociologia do conhecimento como contributo para a epistemologia do saber. É em tal argumento do foro epistémico que se esteia o título desta seção e que resume qual a orientação de aprendizagem que aqui se defende.

No essencial, valoriza-se aqui a compreensão de situações e contextos sócio - culturais em que os alunos adquirem o conhecimento e do modo como tal é influenciado por tais situações e contextos. Trata-se de uma orientação construtivista sobre a aprendizagem, mais propriamente na sua variante sócio- construtivista, que muito deve a autores como, Lave e Wenger (1991) ou Vygotsky (1962) entre outros, em que é visível o corte epistemológico em relação à perspectiva de transmissão/receção ainda largamente praticada nas escolas. Para eles, a aprendizagem como sócio - construção não significa o anulamento do individual, mas tão só que o sentido do caminho percorrido é diferente, ou seja, a direção vai do social para o individual e não ao invés. De um processo de natureza interpessoal passa-se progressivamente para um processo intrapessoal embora haja, ainda, que compreender melhor como se articulam as dinâmicas sociais e individuais no desenvolvimento cognitivo. Cachapuz et alii (2002), reportando-se aos trabalhos sobre a “aprendizagem situada” de Lave e Wenger (1991), defendem que o aluno não adquire um conhecimento abstrato que depois aplica noutros contextos (um entendimento dominante), mas sim que o conhecimento se adquire fazendo imergir os alunos no próprio processo como membros de uma “comunidade de prática” (conceito nuclear), envolvendo outros alunos e o professor como mediador do conhecimento, de forma a integrá-los e desenvolver a sua identidade como membros dessa comunidade (que pode ou não coincidir com a típica organização escolar da turma).

Para os professores, é importante ganharem consciência de que a aprendizagem é mediada pela interação social e diferenças de perspectiva dos alunos envolvidos cooperativamente na resolução de uma dada atividade. Em termos práticos, implica uma organização das atividades letivas, tanto quanto possível, privilegiando o coletivo, a oferta, de tarefas abertas (sem resposta única), espaços e tempos de discussão, caso típico do trabalho de projeto, da discussão em grupo, da análise crítica de um argumento ou de uma narrativa... em contraste com tarefas frequentemente propostas aos alunos de caráter rotineiro, envolvendo

informação descontextualizada e de sentido abstrato. As tarefas abertas permitem orientar o ensino das ciências para os chamados objetivos de desenvolvimento (por exemplo, planeamento), e não somente para objetivos mínimos (por exemplo, conhecimento factual) e assim explorar as capacidades dos alunos, eventualmente com a ajuda do professor e/ou de outros colegas. Sempre que possível devem fazer parte da oferta didática. Sublinhe-se que o conceito de “comunidade de prática” não tem de ser presencial, ou seja, pode ser recriada através de ambientes virtuais (pelas piores razões hoje em dia muito em voga) e a infoexclusão de muitos alunos pode ser lida como uma consequência da marginalização em relação a uma dada “comunidade de prática”.

Várias das dimensões não epistémicas do ensino das ciências acima referidas por Garcia- Carmona (2021) podem ser valorizadas no quadro de “comunidades de prática”, ou ainda, elaborar standards de cooperação intra e inter grupos, ou organizar e repartir tarefas de planificação e execução de uma indagação científica escolar atribuindo papéis aos diferentes membros do grupo (idem).

A valorização da interação social entre os alunos envolve necessariamente um olhar atento sobre linguagem como instrumento de mediação, razão porque Vygostky lhe prestou uma atenção particular no seu estudo seminal acima referido. Todavia, o significado que ele lhe atribui vai mais além da função que geralmente se lhe reconhece em ambiente escolar, isto é, como mero instrumento de comunicação. Com efeito, o que ele valoriza é a linguagem como instrumento de aprendizagem na relação intersubjetiva entre alunos (e solidária com o professor) sobre uma dada situação como ponto de partida para a construção do conhecimento. O que é que isto quer dizer?

O extrato de um protocolo relativo ao planeamento e determinação da energia libertada na combustão de uma noz levada a cabo por alunos do ensino médio (Cachapuz et alii, 2002, p.122), ilustra o uso intersubjetivo da linguagem pelos alunos para dar sentido e resolver uma situação problemática. No essencial, o planeamento implicava os alunos serem capazes de conceber e montar um dispositivo experimental que permitisse determinar o aumento de temperatura de uma dada quantidade de água (pequeno balão de vidro/sistema fechado) como resultado da transferência de energia libertada pela combustão de uma noz (sem casca) na sua parte inferior.



Aluno A1: "...e agora?"

Aluno A2: "põe na lata" (comentário: o aluno refere-se a colocar o caroço da noz no interior de uma pequena lata situada por baixo do balão com água e que vai ser aquecida por um Bunsen).

Aluno A1: "...não sei se segura...sim...no fundo"

Aluno A2: "acende o lume e deixa"

Aluno A2: "...foge tudo...o termómetro não sobe" (comentário: o caroço estava no fundo da lata demasiado longe do balão; quase toda a energia libertada se dissipou para o exterior e a que se transferiu para o balão não foi suficiente para elevar a temperatura da água; segue-se nova tentativa; elevam a posição do caroço)

A3: "...se chegar muito o lume fica preto" (comentário: a origem da dificuldade foi compreendida, mas agora a noz está demasiado perto; é possível que a base do balão não estivesse completamente limpa)

A1: "é como o carvão!"

A2: "não se vê...parece carvão"

A1: "mas o termómetro sobe!"

A3: "sim"

Este é um exemplo de uma atividade experimental aberta cujo processo é, em si mesmo, mais importante que o resultado obtido (o erro cometido pelos alunos foi considerável, mas permitiu ao professor tirar partido do erro e abordar a sua causa, esclarecer processos de dissipação de energia, corrigir procedimentos experimentais e explorar o conceito de capacidade térmica mássica de uma substância). Mas não só. O que o extrato acima revela são modos de como os alunos usam de modo intersubjetivo a linguagem na sua aprendizagem de modo bem diferente de um discurso formatado. Desde logo o seu carácter tentativo, permeado de hesitações quando se faz face a uma situação problemática; releve-se a falta de precisão do discurso já que o que está em jogo não são definições mas sim explorar a relação intersubjetiva com outros colegas para dar sentido ao observado; registre-se também a aparente incoerência do discurso (só aparente pois o contexto situacional está perfeitamente definido); de notar o uso de terminologia do quotidiano (foge tudo, lume...) para melhor tornar inteligível uma situação



que não o é de todo; finalmente, o uso de linguagem metafórica na tentativa de estabelecer um nexos entre o familiar (carvão) e o desconhecido. Este um exemplo que pode ajudar os professores de ciências e os formadores de professores a um olhar mais atento sobre o uso da linguagem na aprendizagem das ciências. Em síntese, por que é que se diz o que se diz e não só o que se diz.

O campo epistemológico das ciências tem peculiaridades que em boa parte se transportam para o ensino. Uma dessas peculiaridades é a importância que na sua construção desempenham conceitos abstratos o que acarreta problemas não só compreensão pelos alunos, mas também nas estratégias de ensino. Vygotsky dedicou particular atenção à aprendizagem de conceitos e às relações entre conceitos espontâneos (senso comum) e científicos e às suas dinâmicas de transformação sobretudo através da linguagem (ver acima). Para ele, o conhecimento conceitual do aluno resulta da interação entre o conhecimento comum (“intuitive knowledge”) e o conhecimento a que tem acesso via instrução (“school knowledge”), interação que pode seguir três caminhos diversos: “situação de convergência”, interação simbólica” e “situação de conflito”. Ao transpor estas ideias para o ensino das ciências, Cachapuz et alii (2004) referem que o primeiro tem a ver com a sua (do aluno) própria visão do mundo natural e é de natureza privada; o segundo resulta de interpretações feitas por outros, ou seja, a comunidade científica e a que o aluno tem acesso via (sobretudo) professor e/ou manuais escolares. É por isso, por exemplo, que a teoria sobre a deriva dos continentes não cabe dentro da Geologia do sensível já que nenhum aluno pode observar tal deriva. As diferenças não param por aqui. O conhecimento comum é construído na base do que o aluno acredita, enquanto que o conhecimento veiculado pela escola é marcado pela autoridade científica (professor e/ou manuais); o primeiro valoriza uma lógica de atributos e o segundo uma lógica de relações.

Concretizam-se a seguir exemplos no ensino das ciências relativos aos três processos de interação entre conhecimento comum/científico de que fala Vygotsky: (i) “Situação de convergência”: a integração faz-se sem problemas; tudo se passa como que uma diferenciação por continuidade, da realidade pessoal para uma perspectiva mais lata e sistemática. Por exemplo, sensações vividas pelo aluno, como a evaporação do álcool sobre a sua pele ou do suor após exercício físico, permitem-lhe uma apropriação, em geral, não problemática da noção básica de transformação endotérmica (ainda que sob outra designação menos técnica)

(ii) “Interação simbólica”: é o que acontece quando se propõe ao aluno o estudo de um novo domínio conceitual. Por exemplo, molécula, pH, cromossomo, ... Aqui a integração é facilitada já que uma das componentes (conhecimento comum) é minimizada. O que não significa que a aprendizagem se faça necessariamente sem problemas devido ao caráter abstrato das novas ideias, situação muito frequente em ciência. Uma das implicações é que abordagens de ensino das ciências partindo do concreto para o abstrato (uma ideia muito difundida) tem limites já que, frequentemente, o conceito precede a instância (por exemplo, o reconhecimento de um sistema termodinâmico só após a sua definição). Uma boa alternativa de ensino é o recurso a analogias (átomo de Bohr) e metáforas (nuvem eletrônica). Nalguns casos, conceito de pH, a situação é algo facilitada dado ser possível uma definição operacional do conceito (isto é, pela sua medida por um indicador de pH)

(iii) “Situação de conflito”: neste caso, conhecimento comum e conhecimento científico apresentam-se ao aluno como eventualmente contraditórios. Por exemplo, a cor como propriedade intrínseca dos objetos e não como resultado da interação luz/matéria. Neste caso, para ajudar a resolver o conflito, o aluno pode observar que a cor de um objeto muda quando esse mesmo objeto é iluminado com uma fonte luminosa com luz vermelha, azul ou verde (cabeça de uma lanterna revestida com papel transparente de diferentes cores).

Sendo no ensino fundamental onde tem lugar a introdução de um grande número de modelos teóricos das ciências, é previsível que seja também aí onde situações de conflito sejam mais pertinentes. A visualização de fenómenos da ciência através de tecnologias virtuais de animação hoje em dia largamente difundidas (Zhang e Linn, 2013), tornando “visível” fenómenos da ciência até aqui invisíveis, *podem ser uma ajuda preciosa na resolução de eventuais conflitos dos alunos, embora esses autores considerem imprescindível o acompanhamento pelos professores.*

O exame atento das propostas de Vygotsky sobre a interação entre conhecimento do senso comum e conhecimento científico contribuiu para a fundamentação psicológica das designadas concepções alternativas dos alunos (como o exemplo acima sobre a cor dos objetos). Tentar ver a ciência pelos olhos dos alunos tendo em vista superar problemas de compreensão continua a ser uma linha de trabalho recorrente na investigação, quer sobre o ensino das ciências (Jenkins e Shoopman, 2020) quer sobre a formação de professores de ciências (Kim

et alii, 2015), talvez porque a aprendizagem de conceitos é, com maior ou menor ênfase, transversal às diferentes abordagens do ensino das ciências.

Notas finais

Transformar a pesquisa em prática não é o único caminho para melhorar a formação de professores, mas é um caminho que deve ser devidamente considerado. Este estudo pretende contribuir para o desenvolvimento profissional dos professores de ciências chamando a atenção para a necessidade de introduzir rigor na ortodoxia do designado “discurso reflexivo” da formação. O meio proposto para sustentar e aprofundar a reflexão crítica dos professores de ciências sobre o seu ensino foi, com base em dinâmicas de pesquisa, fundamentar e caracterizar linhas de orientação para o ensino das ciências em que eles se possam rever, ou seja, através do apoio de um possível quadro de referências. Devido aos limites deste estudo, uma das limitações do quadro de referências apresentado é não apresentar uma visão sobre a avaliação

O quadro de referências apresentado pode ser um bom ponto de apoio a uma reflexão crítica sobre as práticas de ensino dos professores de ciências através de uma reflexão individual e, sempre que possível, envolvendo outros professores. O mesmo se aplica aos professores mentores na formação inicial dos professores, tendo em conta a importância das práticas pedagógicas dos futuros professores. De acordo com (Orland- Barak e Wang, 2020) são necessárias novas conceptualizações para o papel dos professores mentores.

O ensino é uma atividade complexa e os professores não são transmissores passivos do conhecimento. As escolas devem ter graus de liberdade na implementação do curriculum oficial e as parcerias entre as escolas e instituições de ensino superior podem ajudar os professores e as escolas a ter maior autonomia e estar melhor preparados para lidar com desafios com que se confrontam. Também podem ajudar as instituições de ensino superior a estar mais conscientes precisamente desses mesmos desafios.

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/00194/2019.



Referências

- BECK, U., *La Société du risque: sur la voie d’une autre modernité*, Flammarion: Paris, 2008.
- BERA (British Educational Research Association), *The role of research in teacher education: reviewing the evidence*, London: BERA, 2014.
- BERWANGER, O., SUZUMURA, E., BUEHLER, A., OLIVEIRA, J., “Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e de metanálises”, *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 2007, 19(4), pp.475-480.
- CACHAPUZ, A., “Cultura científica y la defensa de la ciudadanía”, *Campo Abierto: Revista de Educación*, 2016, 35(1), pp. 3-12.
- CACHAPUZ, A., SHIGUNOV, A., SILVA, A., “Forma o inicial de professores de física no Brasil e em Portugal: uma análise comparativa de modelos de forma o”, *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 2020, 101, n  257, pp.146-163.
- CACHAPUZ; A., PRAIA, J., JORGE, M., *Ciência, Educa o em Ciência e Ensino das Ciências*, Ministério da Educa o: Lisboa, 2002.
- CACHAPUZ; A., PRAIA, J., JORGE, M., “Da orienta o da educa o em ciência às orienta es para o ensino das ciências: um repensar epistemológico”, *Ciência e Educa o*, 2004, 10(3), pp. 363-381.
- CAMILA BOSZKO, C., WERNER DA ROSA, C., “Diários Reflexivos: defini es e referenciais norteadores”, *Insignare scientia*, 2020, 3(2), pp. 18-35.
- ERAUT, M., *Developing Professional Knowledge and Competence*, London: Falmer Press, 1994.
- ESTRELA, T., *Realidade e Perspetivas da Forma o Contínua de Professores*, *Revista Portuguesa de Educa o*, 2001, 14(1), pp. 27-48.
- ESTRELA, T., “Modelos de Forma o de Professores e seus Pressupostos Conceptuais”, *Revista de Educa o*, 2002, XI (1), pp.17-29.
- FERRAROTTI, F., “A revolu o industrial e os novos triunfos da ciência”, em *Ciência e Poder*, SP: Papyrus, 1998, pp. 45-62.
- FLICK, U., *Introdu o   Pesquisa Qualitativa*, Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GALLON, M., SILVA, J., NASCIMENTO, S., ROCHA FILHO, J., “Feiras de Ciências: uma possibilidade   divulga o e comunica o científica no contexto da educa o básica”. *Insignare Scientia*, 2019, 2(4), pp. 180-197.



GALVÃO, C., REIS, P., FREIRE, S., "A Discussão de Controvérsias sócio-científicas na Formação de Professores", *Ciência e Educação*, 2011, 17(3), pp. 505-522.

GARCIA CARMONA, A., "Una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia?". *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2020, 4(2), pp. 35-50.

GARCÍA-CARMONA, A., "Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2021, 18 (1), 1108/ pp. 1-18.

GIL PEREZ, D., "Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica", em *A Necessária Renovação das Ciências*, SP: Cortez (3ª edição), 2015, pp. 35-68.

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

HOFFMANN, J. L., KLIEMANN, C., STRIEDER, D., "A experimentação no ensino de Ciências: Uma meta análise em dissertações e teses", *C&D Revista Eletrônica da FAINOR*, 2018, 11 (3), pp. 495-510, 2018.

HOLLIDAY, O., *Para sistematizar experiências*, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

KUHN, T., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 1962.

JENKINS, J., SHOOPMAN, B., "Identifying Misconceptions that Limit Student Understanding of Molecular Orbital Diagrams", *Science Education International*, 2020, 30 (3), pp. 152-157.

LABURU, C., ARRUDA, S., NARDI, R., "Pluralismo metodológico no ensino de ciência", *Ciência e Educação*, 2003, 9(2), pp. 247-260.

LAVE, J. AND WENGER, E., *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

MONTAIGNE, M., *Ensaio*, Lisboa: Relógio d'Água, 2016.

MORIN, E., *O Problema Epistemológico da Complexidade*, Lisboa: Europa América, 1996.

ORLAND-BARAK, L., WANG, J., "Teacher Mentoring in Service of Preservice Teachers' Learning to Teach: Conceptual Bases, Characteristics, and Challenges for Teacher Education Reform", *Journal of Teacher Education*, 2020, 72 (1), pp. 86-99.

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



POMBO, O., “Para um modelo reflexivo de formação de professores”, *Revista de Educação*, 1993, 3(29), pp. 37-45.

QURESHI1, A., DEMIR, K., “A Comparative Review of the Literature on Pakistani Science Teachers’ Professional Development”, *Science Education International*, 2019, 30(3), pp. 223-235.

REYNOLDS, W., 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 de Doutorado apresentada à Graduate Faculty of North Carolina State*, 2020.

ROSA, S., STRIEDER, R., “Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação”, *Linhas Críticas*, 2019, v.15 (ahead of print), pp. 124-149.

SEMENSATE A., SILVEIRA, M., WARTGA, E., “O discurso do professor de química sobre a experimentação”, *Insignare Scientia*, 2020, 3 (2), pp- 257-273.

SHULMAN, L., “Those who understand: knowledge growth in teaching”, *Educational Researcher*, 1986, 15 (2), pp 4-14.

SMITH, K., LINDSAY, S., “Building future directions for teacher learning in science education”, *Research in Science Education*, 2016, 46, pp. 243-261.

VÁZQUEZ BERNAL, B., JIMÉNEZ, R., Y MELLADO, V., “El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje”, *Enseñanza de las Ciencias*, 2019, 37(1), pp. 25-53.

WHITWORTH, B., CHIU, J., “Professional development and teacher change: The missing leadership link”, *Journal of Science Teacher Education*, 2015, 26(2), pp. 121-137.

ZHANG, Z., LINN, M., ”Learning from chemical visualisations: comparing generation and selection”, *International Journal of Science Education*, 2013, 35 (13), pp. 2174-2197.

Sítios úteis:

A3ES, Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior (A3ES, 2020), Portugal (www.a3es.pt)

Declaração de Bolonha:

http://www.unige.ch/cre/activities/Bologna%20Forum/Bologna_welcome.htm