

DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS: alguns pressupostos

DIDATICS OF SCIENCE AND MATHEMATICS: some assumptions

Francisco Regis Vieira Alves¹Caroline de Goes Sampaio²Ana Karine Portella Vasconcellos³Maria Cleide da Silva Barroso⁴**Resumo**

Este artigo consubstancia uma pesquisa bibliográfica centrada num interesse científico do entendimento de alguns pressupostos fundantes da vertente denominada Didática das Ciências e Matemática. Dessa forma, o trabalho busca apontar alguns pressupostos, nomeadamente, os de ordem epistemológica, cognitiva e didática. Ademais, assinala algumas implicações para a ação do professor que atua no campo de ensino das Ciências e Matemática, na medida em que evidencia a relevância do processo de evolução particular de cada área do conhecimento e, ao mesmo tempo, questiona e aponta concepções equivocadas e incongruentes, concernentemente à tarefa de explicar e fornecer elementos que proporcionem o entendimento das interações oriundas do trinômio professor – estudante – conhecimento (específico). Por fim, o trabalho contribui para um entendimento sistemático, cujo interesse se estabelece a partir de uma intenção com a transmissão didática. Todavia, tomando como referência epistêmica saberes científicos particulares, como àqueles originados das Ciências e da Matemática.

¹ O autor é coordenador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE. E-mail: fregis@ifce.edu.br

² A autora é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE. E-mail: carol-quimica@hotmail.com

³ A autora é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE. E-mail: karine_portela@hotmail.com

⁴ A autora é docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE. E-mail: ccleide1971@yahoo.com.br

Palavras-chave: Didática das Ciências. Didática da Matemática. Epistemologia. Ensino.

Abstract

This article constitutes a bibliographical research centered on a scientific interest in the understanding of some fundamental assumptions of the scientific branch, called Didactics of Sciences and Mathematics. In this way, the work seeks to point out some assumptions, namely, those of epistemological, cognitive and didactic order. In addition, it points out some implications for the action of the teacher who works in the field of Science and Mathematics teaching, as it highlights the relevance of the particular evolution process of each area of knowledge and, at the same time, questions and points out misconceptions concerning the task of explaining and providing elements that enable an understanding of the interactions from the trinomial teacher - student - (specific) knowledge. Finally, the work contributes to a systematic understanding, whose interest is established from an intention with didactic transmission. However, taking as epistemic reference particular scientific knowledge, such as those originated from Sciences and Mathematics.

Key-words: Didactics of Sciences. Didactics of Mathematics. Epistemology. Teaching.

INTRODUÇÃO

De modo incontestado, quando nos atemos ao campo de investigação na área das Ciências Naturais e Matemática constatamos, hodiernamente, um movimento de especialização, de sistematização, de estruturação e o acréscimo de conhecimentos científicos, referendados por processos dinâmicos que envolvem a confrontação de teorias cientificamente robustas, com um campo de esfera de práticas, inexoravelmente situado, particular e restrito para cada área de conhecimento científico.

Em contrapartida, o âmbito de atuação na pesquisa não pode ser concebido, perspectivado e analisado de um modo único e isolado do campo

de atuação do ensino, isto é, de uma esfera de práticas que envolvem uma apreciação, como objeto de análise, dos processos de transmissão de conhecimentos científicos para as demais instituições sociais que, de modo tradicional, recebem as influências dos modelos discutidos, descobertos e inventados no *locus* acadêmico.

Um elemento de similitude nos processos indicados nos parágrafos predecessores, diz respeito ao papel imprescindível da necessidade de reformas, mudanças, substituições e negações de determinados paradigmas que, assim como no campo da pesquisa das Ciências Naturais e da Matemática, pode ser também observado no campo de interesse com os processos de uma transmissão sistematizada de saberes científicos ou, melhor dizendo, no âmbito do ensino e contexto escolar.

Isso posto, podemos afirmar que os anos sessenta do século XX constituíram um período de tensão, crítica, revisão e substituição de alguns paradigmas de ensino no campo das Ciências e, de modo particular, no campo da Matemática. Assim, no contexto europeu, reformas e mais reformas foram propostas, todavia, algumas delas destituídas de um real entendimento das raízes efetivas do problema e, por sua vez, produtoras de uma ineficiência e grau de obsolescência veementemente criticado por diversos especialistas. Por outro lado, como indicam Martins, Silva e Prestes (2014, p. 2272), registramos os primeiros estudos e o desenvolvimento de projetos no Brasil, a partir da década de 1970. Mas, do ponto de vista da aceitação acadêmica e produção de conhecimento na área (produção de dissertação e teses), apenas com o advento

dos anos 1980, registramos seu processo de consolidação e representativa disseminação progressiva.

Nas décadas subsequentes, divisamos o processo sistemático de constituição de um novo campo de investigação, cujo objeto de interesse foi delineado a partir dos fenômenos de ensino e a aprendizagem. Todavia, cabe uma distinção do objeto de estudo da Didática geral, com o objeto de estudo de interesse de uma Didática para uma disciplina específica. Mas, no que concerne ao ponto de vista do ensino das Ciências, Joshua e Dupin (1993, p. 2), arriscam a seguinte definição:

Se arriscamos em fornecer uma definição, podemos dizer que a didática de uma disciplina é a ciência que estuda, para um domínio particular (aqui das Ciências e da Matemática), os fenômenos de ensino, as condições de transmissão, da cultura própria à uma determinada instituição (singularmente definida aqui como instituição científica) e as condições de aquisição por um aprendiz.

Joshua e Dupin (1993, p. 2) assinalam uma problemática de partida inicial, como àquela envolvendo a reflexão em torno dos processos de transmissão de saberes científicos específicos e particulares. Adiante, os mesmos autores revelam um movimento epistêmico visivelmente em oposição ao que, no seio de várias instituições, nos acostumamos de nominar por “pedagogia geral”. De fato, os autores observam que:

Isto conduz a uma abordagem didática que deverá se opor àquela que se revela a partir de uma pedagogia geral, na medida em que, no último caso, se interessaria pela busca de regras de aprendizagem e de educação que se mostram independentes do conteúdo preciso e visado para o ensino, considerando qualquer conteúdo em geral. Ao menos no caso de disciplinas complexas e altamente estruturadas, como as disciplinas científicas e as Matemáticas, se mostra pouco provável que um conhecimento pertinente possa ser dominado pela

compreensão de fenômenos de ensino que deixam de lado os saberes específicos. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 3).

Ora, anteriormente encontramos um contraste de interesse e um conteúdo eminentemente questionador, concernentemente ao papel ou função/interesse de uma Pedagogia Geral que se mostre inclinada ao entendimento de fenômenos (evidentemente particulares) originados a partir da interação de sujeitos com os saberes científicos específicos. Não obstante, em que pese nosso interesse em especial por uma estrutura didática que toma, de modo inexorável, as interações produzidas pelo trinômio professor – conhecimento (específico) – aluno, na seção subsequente, envidaremos um discurso capaz de proporcionar um entendimento dos pressupostos da Didática das Ciências e da Matemática (ASTOLFI, 1990; 1993; ASTOLFI; BRIGITTE, 1993; ASTOLFI; DEVELAY, 1990; DEVELAY, 1991). Por conseguinte, adquiriremos uma compreensão maior antevista por Joshua & Dupin (1993, p. 3) no trecho anterior.

A estrutura didática no âmbito da Didática das Ciências e Matemática

Joshua e Dupin (1993, p. 4) indicam a base de funcionamento do ensino escolar e, conseqüentemente, do ensino universitário, como constituído das relações entre aluno, professor e conhecimento. E, de per si, podemos registrar o aluno que necessita de uma estrutura particular para o entendimento do que desejamos que o mesmo aprenda. Um saber (científico) que se manifesta no seio das instituições de ensino, que não pode ser destituído de suas origens e condicionantes sociais, históricos e epistemológicos. E por fim, um professor que “desenvolve concepções precisas, possuidor de uma história individual

própria, relativamente a maneira pela qual o aluno aprende, sobre as finalidades do ensino que o mesmo professa”. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 5).

De prosaico, Joshua e Dupin indicam as funções e vislumbram as interações esperadas dos três elementos aluno – saber – professor. Ademais, um conjunto de regras, nem sempre ou constantemente dialogadas e explicitadas, conquanto que, se evidenciam e se manifestam na medida em que alguns dos elementos do trinômio acima desenvolvem ou perfazem um caminho não desejado, incongruente ou improdutivo, tendo em vista o ensino. O referido conjunto de regras é denominado por Joshua e Dupin como um “contrato didático”. Sua significação pode ser apreciada no trecho a seguir:

O conhecimento está submetido a um conjunto de modificações consideráveis no ato de sua introdução na estrutura didática e, tendo em vista tal introdução. Como parte constituinte de um conhecimento constituído fora da escola, um pedaço qualquer do mesmo é constituído de sua história, de sua epistemologia, é ligado a um tipo de problema (teórico ou prático) que o mesmo permite abordar. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 6).

O conjunto de modificações supracitado acima corresponde e é consequência de escolhas, condicionantes sociais e cognitivos, cuja origem do processo ou fio condutor poder ser objetivada na figura do professor, conquanto que, o agente-alvo do processo refere-se ao estudante. De modo geral, as transformações sofridas por um determinado conhecimento provocam, em última instancia, repercussões sobre as concepções do público alvo. Não tardou a constatação da relevância das semelhanças do modo pelo qual as concepções privadas dos estudantes são adquiridas e os conceitos científicos, com a sua correspondente trajetória histórica evolutiva em cada área de conhecimento. Tal premissa pode ser constatada logo abaixo.

A maioria dos estudos selecionados para análise suportam a ideia da semelhança em relação às concepções instantâneas dos conceitos científicos e o desenvolvimento histórico desses conceitos, com o objetivo de alcançar mudanças conceituais [...]. (TEIXEIRA; GRECA; FREIRE Jr., 2012, p. 793).

Por outro lado, posto que o conhecimento, propriamente dito, antes de ocupar o espaço escolar, irremediavelmente, aparece no âmbito da pesquisa e da academia. Com efeito, Martins, Silva e Prestes (2014, p. 2275) esclarecem tal fato, quando registram:

Por volta de 1980, vários estudiosos espalhados que ensinavam História da Matemática, Física, Química e Biologia, iniciaram a dedicar esforço no estudo de História das Ciências. Neste tempo, não existiam cursos de graduação no Brasil aonde pudéssemos adquirir um treino inicial para a pesquisa no âmbito da pesquisa internacional em Ciências. Embora não houvesse um treinamento neste campo, tornou-se a produzir uma melhor pesquisa pelo emprego de fontes primárias e o estímulo de jovens cientistas para se dedicarem a tal campo.

No excerto anterior, identificamos os momentos de constituição e definição de um campo de investigação no estudo da História das Ciências. Todavia, inúmeros fatores concorreram para que, depois de algum tempo, o vigor das pesquisas e ação sistemática de determinados grupos humanos de especialistas perspectivassem possíveis e necessárias implicações para a concepção de cursos de graduação e, apenas depois disso, se inicia um processo de delimitação da figura e função do professor.

Por fim, antes de deflagrarmos a seção subsequente, cabe um olhar crítico e atualizado do assunto, na medida em que, constatamos críticas e questionamentos recentes que requerem vigilância do profissional que atua nesse campo (HEERING; HÖTTECKE, 2014; IRZIK; NOLA, 2014;

KAMPOURAKIS; ROSS, 2014; KRAGH, 2014). Os estudos contemporâneos nos auxiliam na compreensão das dificuldades, desafios e entraves atuais na área.

Alguns aspectos epistemológicos

Antes de prosseguirmos, urge acentuarmos um pressuposto básico, segundo o qual “toda didática, no que concerne à transmissão de conhecimentos de certos saberes, repousa sobre hipóteses quanto à natureza, a estrutura, ainda pela história dos saberes, isto é, sobre uma epistemologia” (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 11). Certamente, os elementos apontados há pouco nem sempre se manifestam de forma explícita, posto que, elementos condicionados pelo julgamento privado dos atores do processo podem condicionar/modificar/alterar a transmissão ou a mediação, os objetivos declarados e executados no âmbito do ensino se mostram relativamente pouco identificáveis.

Por outro lado, quando nos referimos ao campo da Didática das Ciências, aparentemente, deparamos um teor de opacidade ou pouca clareza quanto aos fatores que determinam ou condicionam a escolha de elementos subjacentes ao processo de transmissão. Vale observar, por exemplo, a distinção oferecida por Joshua e Dupin (1993, 12), quando mencionam que “as Ciências da natureza são, classicamente definidas, como experimentais e, as Matemáticas, como dedutivas”. Tal categorização e distinção nos conduzem ao viés reducionista em classificar as primeiras como um produto da observação, enquanto que, a segunda categoria, das matemáticas, como um produto puro

da mente ou produto do pensamento, resultante de uma atividade estritamente intelectual.

Os trabalhos dos historiadores das Ciências, no século XX, permitiram colocarmos dúvidas quanto ao quadro dicotômico anterior e de separação das Ciências. Um caráter preocupante, segundo Joshua e Dupin (1993, p. 12), refere-se ao fato de que tal concepção habita o julgamento de base de vários pedagogos concernentemente às ciências”. Não obstante, com origem em outro ponto de vista, se busca compreender os elementos semelhantes ou comuns que concorrem para a evolução tanto das ciências da natureza, bem como, a evolução das ciências matemáticas, ao longo do tempo (PIAGET, 1976, p. 31). Tal perspectiva de convergência deve concorrer para um entendimento do trabalho em Didática da Matemática e das Ciências, no que concerne ao seu caráter experimental e, porque não dizer, de concepção e elaboração em condições escolares satisfatórias.

Em qualquer posicionamento que nos inclinemos em assumir, não podemos prescindir de uma apreciação dos condicionantes atuais do discurso científico hegemônico. Com efeito, Joshua e Dupin (1993, p. 14) comentam que “de um certo ponto de vista, um discurso é científico, na medida em que o mesmo seja reconhecido como tal por uma comunidade de cientistas”. Tal perspectiva, ainda conforme os mesmos, deve responder aos seguintes elementos: (i) da possibilidade de evolução de seus conteúdos por intermédio da evolução do julgamento de uma comunidade, numa determinada época; (ii) das exigências de critério, explícitos e, muitas vezes, implícitos, que permitem a comunidade de julgar a cientificidade e a validade de tal discurso.

Assim, a partir dos elementos acima, deparamos um conjunto de fatores que podem atuar como reguladores do discurso científico. Por exemplo, vamos assinalar o seguinte trecho:

A noção de modelo, por exemplo, como muito difundido na prática científica, bem como na pesquisa epistemológica, não possui apenas uma definição única. O modelo animal, no processo de perspectivar o estabelecimento de uma vacina não coincide com o modelo do professor de química quando representa as ligações da molécula de água sob a forma de bolhas de diferentes cores rigidamente ligadas por pequenas varetas. Esses modelos se distinguem ainda do modelo do matemático lógico, para o qual o modelo é um quadro de interpretação de uma teoria, ou ainda do físico, que representa uma crítica do modelo atômico de Bohr. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 14)

Ora, inegavelmente, o elemento comum, em cada ramo indicado da ciência acima, refere-se à noção de “modelo”. E, a despeito do seu significado decorrer de uma visão epistêmica particular, posto que em cada área de conhecimentos, manifestamos um discurso cientificamente balizado, situado e particular de interesse, sua designação ou seu uso faz referência ao emprego ou do entendimento “de uma representação quase figurativa ao que colocamos em relação com conceitos científicos de elevado grau de abstração”. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 12).

De certo que, um componente que adquire proeminência nesse processo diz respeito ao tipo ou forma de raciocínio e, que, por intermédio do mesmo, assumimos ou elegemos um modelo. Vale recordar que a concepção dominante de Ciência se fundamenta da disjunção entre a objetividade e a subjetividade. Ademais, um movimento que busca eliminar uma abordagem apaixonada, pessoal, o componente humano ou, ao menos, minimizar tal função. De toda forma, uma profusão de perspectivas pode ser assumida, com

o escopo de explicar, descrever o processo de conhecimento no campo das Ciências.

A vertente que discutimos não desconsidera um inconsciente científico enraizado desde a infância. Outros colocam ênfase no componente eminentemente social para aventura científica do ser humano. Mas, do ponto de vista filosófico, assumimos que a existência supõe um espaço entre o conteúdo conceitual de uma Ciência e o “ar do tempo” filosófico da época aonde a mesma se origina e se molda. Foucault (1969) extraiu conclusões de uma determinação quase estrita de uma forma para a outra e, ainda, acrescenta um viés de uma análise do discurso científico, quando pondera:

[...] a análise das formações discursivas se opõe a várias descrições habituais. Temos o costume de considerar que o discurso e sua ordenação sistemática não são o estado último, que o resultado, em última instância de uma elaboração prolongada e sinuosa, aonde estão em jogo a língua e o pensamento, a experiência empírica e as categorias, as necessidades ideais, a contingência dos eventos e os impeditivos formais da Ciência. (FOUCAULT, 1969, p. 100).

Depreendemos do tirocínio acima um processo de engendramento e determinação, de elaboração contíguo, relativamente a qual um discurso científico elaborado evolui e se estabelece ao passo que determina seus paradigmas. E, entender a sistemática de sua evolução, de sua linguagem (e gênese), na maioria dos casos não linear e fragmentado, poderá inspirar a percepção e a epistemologia do professor explicada, preliminarmente, para o caso do professor de Matemática, devido a Brousseau (1986).

Ademais, o discurso científico não pode prescindir da relevância e do papel desempenhado pela noção de problema, o que, para a Ciência,

“funciona como um motor para o progresso científico” (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 60). No trecho abaixo, podemos compreender um pouco sobre o movimento da Ciência, quando esclarecem que:

Popper considera que isto faz mesmo parte de um terceiro mundo, da criação humana, mas se constitui mesmo das teorias, das situações e dos problemas, então o primeiro e o segundo mundo concernem ao mundo dos objetos físicos e os constituídos das subjetividades humanas. A lógica da descoberta consiste então da ação de delimitar estritamente o problema, de apresentar as hipóteses as mais refutáveis possíveis sobre o plano empírico, e buscar a audácia da conjectura. Mas, tal heurística pode parecer um tanto otimista, e não considera o movimento natural da descoberta, mesmo no espaço dos problemas. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 61)

Popper concede lugar destacado para a noção de “problema”, como fator catalizador da investigação científica. Lakatos (1976), por sua vez, propugna um outro ponto de vista, quando observa que:

Para promover tal abordagem, poderá ser mais realista que Popper. Na prática, a progressão se faz por meio de rupturas parciais e a manutenção da continuidade, no espaço de problemas. As rupturas são, portanto, os limites para a manutenção das tradições de pesquisa relativamente estáveis. Tal heurística não constitui uma heurística geral no sentido próprio, que visará a apropriação de um método universal para a resolução de problemas, válido em todos os tempos e todos os domínios. Aqui, ao contrário, os conteúdos possíveis de ruptura são delimitados pelo tipo de região aonde se encontram. Mas, no quadro restrito, podem ser descritos pelos avanços produzidos parcialmente pelos deslocamentos dos problemas. (LAKATOS, 1976, p. 45).

Depreendemos, pois, algumas conclusões provisórias, tendo em que vista que, na seção subsequente, agregaremos a dimensão cognitiva dos problemas de nosso interesse de discussão. Assim, a despeito da não trivialidade encorpada no discurso de Popper e Lakatos, podemos observar o papel singular dos problemas, quer sejam nas Ciências naturais e nas

Matemáticas, como elementos catalizadores da superação da letargia e inércia científica. A noção que obstáculo epistemológico expressa melhor tal dialética e, pode ser apreciada no trecho seguinte.

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da Ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológico. (BARCHELARD, 1995, p. 18).

Um desafio que podemos inferir, diz respeito ao entendimento desse processo dialético, inclusive a exploração didática da noção de obstáculo epistemológico e, na medida do possível, perspectivar a sua inserção no âmbito da interação do trinômio professor – conhecimento – alunos.

Outrossim, um quadro de injunção pode ser observado, na medida em que, cada região da Ciência determinada seus métodos próprios e particulares, isto é, o pensamento baseado numa heurística universal se distancia do real movimento e do progresso da Ciência que funcionam em regiões particulares, por intermédio de rupturas e da superação de problemas em campos epistêmicos contíguos, todavia, independentes. Por fim, diante do irrefreável processo evolutivo, com ênfase num campo epistemológico, não podemos desconsiderar ou eliminar fatores de ordem subjetiva, isto é, os de ordem cognitiva, intrinsecamente determinada pelo sujeito (ou estudante) cognoscente.

Alguns aspectos cognitivos

Não nos ateremos aqui numa discussão arqueológica concernentemente a um quadro de teorias que, em maior ou em menor substancia, buscaram, por décadas, explicar os mecanismos de aprendizagem, o motivo de uma aprendizagem, quer sejam considerando fatores eminentemente cognitivos e ontológicos, quer sejam eles, os fatores de ordem proveniente da interação social. Desta forma, poderemos incorporar um posicionamento com maior propriedade, com o escopo de compreender um outro campo de elementos que concorrem para a determinação dos estudos em Didática das Ciências e Matemática.

Isso posto, Joshua & Dupin (1993, p. 72) acentuam que o “behaviorismo, ou comportamentalismo, historicamente marcou o nascimento da psicologia como domínio científico próprio” e, que, constitui a primeira tentativa de fornecer uma base experimental para os estudos do comportamento. De modo simplista, o behaviorismo se atém ao observável e que, sua ocorrência pode resultar de situações em que levamos em consideração as características das situações em que inserimos um sujeito ou, ainda, o comportamento do sujeito em situação. Joshua & Dupin (1993, p. 73) recorda uma crítica piagetiana, segundo a qual, “para o behaviorismo, todos os saberes novos provêm de uma superposição de uns sobre os outros [...] O conhecimento é um caso de quantidade e não de qualidade”.

O entendimento epistêmico sobre o processo de aprendizagem da corrente behaviorista impulsionou outras formas de interpretar os fenômenos da aprendizagem. Com efeito, a pergunta adequada seria “Você deseja que o

aluno aprenda? ". Ou, de outro modo, "O que deseja você que o aluno seja capaz de realizar? ". O último questionamento constitui uma perspectiva de uma certa hierarquia de capacidades cognitivas tendo em vista a resolução de problemas. Em relação a tal noção, apreciamos a seguinte explicação:

Entendemos aqui por problema, as situações aonde não são disponíveis os automatismos para sua confrontação e, aonde a elaboração de uma estratégia de resolução se mostra necessária. Para tal, não parece razoavelmente claro que o sujeito deve empregar determinadas regras ou princípios? Tal fato repousa sobre uma certa classe de conceitos [...]. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 78).

Pouco mais adiante, Joshua e Dupin (1993, p. 75) comentam a proposição de ensino cientificamente programado, por influência de algumas correntes relacionadas sobre um entendimento a respeito do processo de aprendizagem. E, a despeito de várias críticas formuladas ao behaviorismo, uma espécie de "pedagogia de objetivos" se mostra mais prudente. Pois, tal pedagogia, "pode se contentar na designação de diversos tipos de objetivos possíveis no ensino; em vez de adentrar numa pedagogia de conteúdos [...]" (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 76). Aqui, começamos a vislumbrar uma espécie de "fio de Ariadene" que aponta no sentido e necessidade particular, na consideração de determinado conteúdo que se perspectivamos ou tencionamos transmitir.

Ao decorrer de algumas décadas, se observa uma tentativa de aplicar o discurso do comportamentalismo para o ensino de Ciências. E, a partir de 1960, apreciamos um discurso científico que "insiste, inicialmente, na necessidade de uma redefinição de conteúdos e objetivos para o ensino de Ciências em ligação com as ideias modernas da estrutura das disciplinas e dos

procedimentos científicos” (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 79). Ademais, segundo tal perspectiva, deflagrada por Jerome Brunner (1915 – 2016), a aprendizagem “precisa ser perspectivada como um processo ativo, centrada na manipulação da descoberta [...]”. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 79). Um ponto de inflexão de interesse dos estudiosos pode ser notado no seguinte trecho:

Os saberes importantes nas Ciências são concebidos como estruturas abstratas, que se apresentam como relações entre conceitos e princípios fundamentais [...]. Mas, tais superestruturas podem ser felizmente apreendidas não a partir de sua forma simbólica, mas, sob uma forma concreta, intuitiva, por meio de atividades descritas por descoberta, na maiorias das vezes pensadas sob a forma de manipulação. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 81).

A perspectiva indicada logo acima consubstanciou grande parte dos argumentos que conduziram às reformas propostas nos anos 1960, tanto no âmbito das Ciências experimentais, bem como na Matemática. E, de modo inesperado, a Matemática adquiriu maior visibilidade, com a propalada reforma da Matemática Moderna (ALEXANDER, 2010; CHOQUET, 1963). A Matemática Moderna pode ser entendida da seguinte forma:

Ela este evidentemente fundamentada sobre a hipótese psicológica extremamente forte, que afirma a possibilidade de passagem direta entre uma atividade de manipulação e apreensão de estruturas abstratas – como a estrutura de um grupo em Matemática – intermediado de uma etapa aonde o aluno é confrontado com problemas (etapa de investigação). (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 80).

Dessa forma, o movimento reformista ocorrido na Matemática passou a contagiar e a influenciar, de certa forma, o debate e a discussão de determinados paradigmas atinentes ao ensino de Ciências. Não obstante, a atividade científica e a aprendizagem de Ciências não pode ser resumida simplesmente pela habilidade de resolução de problemas. E, ainda, não

podemos descuidar de demarcar o campo epistêmico atinente ao próprio conceito ou noção de “problema”. Joshua e Dupin (1993, p. 85) explicam que:

Quando existe um problema? Quando um sujeito deseja produzir uma resposta adaptada a uma certa demanda, sem que a mesma possa ser produzida automaticamente. A situação-problema é caracterizada por três níveis de interpretação: o nível da situação inicial, o nível do objetivo a ser alcançado e, por fim, o nível das ações permissíveis para se alcançar. Essas três representações do problema definem então um espaço do problema aonde a pesquisa de uma solução é conduzida. Mais precisamente, a interpretação das ações permite fornecer uma lista de operações aplicáveis na situação inicial, e engendram, pois, um conjunto de estados possíveis.

Advertirmos, todavia, que raciocínios ou suas categorias distintas, e muitas vezes num percurso gradativo de sua correspondente sistematização, deve permear e definir, por vezes, o nível das ações do sujeito (ALVES, 2012a; 2012b). Ademais, a interpretação das ações do sujeito, em situação problema, se distancia de uma tarefa com caráter trivial, posto que, quando propomos um problema ao estudante, o mesmo, deverá evoluir do conhecido para o desconhecido. Isto é, de modo tácito, as escolhas, os argumentos e estratégias são colocadas em prática, a partir de uma lógica (ou intuição) fundada e situada, na maioria das vezes, em motivos ou razões desconhecidas ou momentaneamente irrefletidas (mesmo desconsideradas) pelo agente solucionador do problema (ALVES, 2012b).

Dessa forma, urge um cuidado maior, uma vigilância constante nas etapas de abordagem ou desenvolvimento de uma mediação particular de um conteúdo das Ciências ou na Matemática. Assim, tendo em vista tal pressuposto, na seção subsequente, abordaremos alguns elementos que devem

concorrer para caracterizar uma ação metodológica fundamentada num processo de transposição dos saberes científicos.

Sobre a transposição didática

Joshua e Dupin (1993, p. 193) acentuam uma perspectiva equivocada ao comentarem que “os saberes, de fato, surgem como um dado fixado, relativamente aos quais definimos as características, por meio de escolhas externas, dos atos didáticos propriamente ditos, como um simples resumo de saberes os mais desenvolvidos, por exemplo”. Ora, o elemento questionado pelos autores diz respeito, justamente, ao caráter de desconsideração das particularidades dos agentes transmissores responsáveis pela efetivação de uma mediação. Nesse âmbito, a partir da tradição de vários trabalhos desenvolvidos no âmbito das Didática das Ciências e da Matemática, podemos falar de uma Física para o físico, bem como uma Física para o professor. Semelhante analogia pode ser perspectivada para o caso da Matemática, da Biologia e, finalmente, da Química.

Na tradição francesa, deparamos os termos “savoir savant”, o termo “savoir à enseigner” e “savoir enseignée”. Evitaremos a sua tradução, todavia, o primeiro termo designa como um conhecimento erigido, elaborado no interior das instituições de pesquisa e distantes, descoladas de um interesse (didático) com a transmissão, do ensino e o alcance de uma população maior de pessoas, que não os especialistas e cientistas de um ramo particular de estudo. Por outro lado, o termo “savoir à enseigner” designará um conhecimento direcionado e afetado pela intenção específica de uma abordagem e que visa a transmissão didática do mesmo. Outrossim, na

tradição francófona, deparamos ainda o termo “savoir enseignée” que indica um conteúdo particular realmente transmitido para um determinado grupo de estudantes. Tal conhecimento foi submetido a um conjunto de transformações impostas pelo agente transmissor (o professor).

Joshua e Dupin (1993, p. 194) assinala o trabalho pioneiro de Chevallard (1991) que caracterizou as etapas de uma transposição didática seguindo, de modo simplificado, o seguinte percurso: objeto do conhecimento \Rightarrow objeto à ensinar \Rightarrow objeto do ensino. Cabe assinalar a seguinte distinção:

O objeto do conhecimento é mesmo definível no contexto do domínio do saber científico, isto é, o mesmo que se mostra reconhecido por uma determinada comunidade científica. Mas, mesmo depois, o mesmo não se mostra sob a forma de ensino. Os mecanismos precisos devem assegurar a sua extração do domínio científico e sua inserção em um discurso didático.

Ademais, “uma vez realizado o tratamento, o conhecimento didático é intrinsecamente diferente do conhecimento científico que lhe serve como referência. Seu ambiente epistemológico é particularmente distinto [...]”. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 194). Vale observar que o saber ou o conhecimento a ensinar, em determinados casos, se mostra como um texto do conhecimento e um componente hegemônico constitui o elemento de despersonalização, isto é, o descolamento de todas as formas particulares e individuais do pesquisador, de modo ao ajustamento dos cânones científicos e o discurso contemporâneo. Se constata, pois, a eliminação progressiva das subjetividades características do pesquisador. O texto em si, segundo Joshua e Dupin (1993, p. 195), “segue uma ordem lógica que possui poucas ligações com o universo de problemas que corresponderam ao pesquisador. É o preço a pagar para que o

conhecimento abandone seu produtor e a esfera estritamente privada, para se tornar público”.

No âmbito do ensino, podemos falar de um domínio a ser objeto de uma transposição. Não obstante, uma ação inevitável de sua fragmentação se mostrar como um fator condicionador. Com efeito, Joshua e Dupin (1993, p. 196) recordam o seguinte exemplo:

Um tal modelo científico (por exemplo o modelo clássico da Eletrônica em Física) repousa sobre uma ou várias teorias mais vastas. O mesmo é constituído por um corpus de conceitos ligados entre eles por um sistema de relações, mais frequentemente de caracteres funcionais. Os conceitos que são mobilizados não existem se não com referência a outros conceitos (incluídos ou não no modelo). No quadro de um modelo, o sentido que toma cada conceito é indissociável de um sistema de relações relativamente ao qual ele intervém.

Por outro lado, no contexto de interesse de uma transposição, o sistema didático não repousa sobre a globalidade indicada no excerto anterior. Com efeito, uma perspectiva que adquire maior proeminência, diz respeito da necessidade de fragmentação, “de uma sucessão de capítulos” (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 197). De modo simplificado, o sistema didático possuirá uma dupla função: (a) a afirmação da possibilidade de distinguir ao menos certos conceitos de relações aonde são implicados; (b) a afirmação da possibilidade de uma reconstrução cumulativa do modelo a partir de uma tal diferenciação pormenorizada.

No quadro didático, o modelo não é simplesmente um dado de partida, mas justamente um objetivo declarado para o ensino. E, quando nos atemos ao contexto do ensino, não podemos nos furtar de considerar as peculiaridades de cada transposição didática particular, específica e, ainda, seu caráter de

obsolescência e envelhecimento, transcorrido algum tempo. Com efeito, assumimos posição concorde com Joshua e Dupin (1993, p. 201), quando alertam que “cada nova transposição cria um quadro epistemológico novo. [...] neste quadro novo, podem ocorrer que certas dificuldades de aprendizagem podem ser reduzidas e, ainda, desaparecer. É, por exemplo, o caso do movimento nas Ciências, aonde certas questões desaparecem quando um determinado obstáculo é superado”.

Os autores fornecem um exemplo ordinário no contexto do ensino, quando observam que:

Ademais, não podemos aceitar que o debate seja limitado por uma única modificação do texto do conhecimento. Chevallard observa com razão que os professores concordam com uma confiança quase cega relativamente ao trato de uma dificuldade eficazmente, por meio de uma única reorganização do texto do saber. É ao contrário que um conjunto solidário de características de uma situação de ensino pode produzir seus efeitos, e não apenas o texto do saber. Para preservar sua pertinência, o julgamento sobre uma transposição deve aguardar por sua colocação em prática [...]. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 209)

No trecho anterior, se mostra alvissareira a diminuição da importância atemporal de determinados esquemas de transposição, para conteúdos específicos, quer sejam na Matemática ou nas outras áreas das Ciências naturais. Outrossim, o mérito da ponderação dos autores diz respeito ao fato de que transposições didáticas de saberes específicos, bem como particulares envelhecem e, podem cair na obsolescência e devem ser substituídos. Por outro lado, urge que tenhamos de modo claro um entendimento sobre a sistemática de introdução e desenvolvimento de uma determinada proposta

de transposição (introdução, desenvolvimento e fim). Nesse sentido, registramos que:

Quando a classe inicia, ela dispõe de um conjunto de problemas sobre os quais ela vai se interrogar. Ou, este simples fato revela um trabalho didático considerável, senão decisivo. A existência mesma do problema a resolver não se mostra como um dado natural. É, sobretudo, um dado científico e, em seguida, um dado didático. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 206)

Alguns fatores não podem ser negligenciados, num contexto da proposição progressiva de um problema. Preliminarmente, a transmissão do problema deverá afetar aos outros elementos do processo, na medida em que, a própria classe se apropria do problema. Outro elemento, refere-se ao fato do caráter de não compulsoriedade em se mostrar que existe um problema. Em certos casos o professor pode conduzir um debate científico, estimulando a percepção indireta dos entraves. No caso do ensino de Ciências, Joshua e Dupin (1993, p. 208) acentuam um entrave correspondente à própria estrutura do fenômeno.

De fato, se a situação, referente a um determinado fenômeno admite um quadro de decomposição em subtarefas ou em outras mais simples. De modo resumido, apreciamos a seguinte dialética indicada da seguinte forma:

Podemos avançar sobre a hipótese que, didaticamente, o problema se resume em transmitir a gestão do modelo para o professor e sua utilização (prática ou conceitual) pelo o aluno e pela classe. Para tanto, se torna necessário que a classe admita um modelo como válido, como foi admitido no problema inicial. Mais precisamente, que a classe admita como válida cada etapa da construção e da transmissão do modelo. [...]. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 205)

Pouco mais adiante, os autores acrescentam um fator essencial no âmbito da proposição de um problema para a classe, quando mencionam que:

Na vida corrente dos alunos, os problemas a serem resolvidos podem ser simples, complexos e mesmo intransponíveis; mas eles chamam raramente para a construção de um conhecimento específico e, raramente, consciente. A existência de um problema na classe será apenas isso. É uma construção externa à classe e, que, necessita ser – didaticamente – transmitida e aceita pela classe. (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 206).

O processo indicado acima é nominado por Brousseau (1986) como devolução. E, a despeito de ter sido formulado originalmente para a Matemática pode repercutir, naturalmente, para outros conhecimentos específicos (Química, Física e Biologia). No movimento dialético indicado logo acima devemos considerar ainda as especificidades de cada área de conhecimento. No caso das Ciências experimentais, podemos acentuar a construção progressivas dos alunos por meio indutivista, momento em que devem ser acentuadas a observação e as atividades práticas (GAULD, 2014; HEERING; HÖTTECKE, 2014; LEVRINI, 2014). Dessa forma, o apelo ao caráter experimental adquire importância, na medida em que, assume papel importante na proposição do problema e, desempenha função decisiva na introdução do modelo de interesse.

Por fim, as incompreensões dos sujeitos que constituem o alvo da ação do professor devem ser esperadas, tendo em vista que “na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda” (BARCHELARD, 1996, p. 23).

Considerações Finais

Nas seções precedentes buscamos acentuar um conjunto de elementos e pressupostos que devem permitir uma compreensão do objeto de interesse do campo de investigação científica nominado de Didáticas das Ciências e Matemática. Outrossim, acentuamos, nas seções predecessoras, pressupostos de ordem epistemológica, cognitiva e didática. Por outro lado, afim de adquirirmos um entendimento sobre o processo de constituição e determinação de uma esfera de práticas científicas, de modo que, houvesse um reconhecimento (inclusive no Brasil) do campo da Didáticas das Ciências e Matemática como um nicho de investigação e produtora de saberes científicos, não podemos desconsiderar/negligenciar as reais influências e os fatores que proporcionaram tal processo evolutivo (IRZIK; NOLA, 2014; WANG; SCHMIDT, 2001).

Por outro lado, ao decurso de trabalho, mencionamos concepções exógenas, extraídas de outros campos epistêmicos e, a partir de uma perspectiva “míope” ou equivocada, conquanto que propõem pressupostos teóricos fundamentados em áreas do conhecimento completamente distintos dos conhecimentos em Matemática, Física, Química e Biologia. Um discurso acadêmico que, ao decorrer do tempo, se transformou num verdadeiro “mantra”, ensina e orienta o professor atuante no ensino de Ciências e Matemática a relevância e o caráter de imprescindibilidade do binômio “teoria – prática”.

Não obstante, não podemos desconsiderar que toda teoria possui, em maior ou em menor substancia, suas ligações, seu estágio de nascedouro a

partir de uma determinada prática (científica) situada e, num sentido contrário, toda prática (científica) antecede e fornece, eventualmente, um discurso científico e os pressupostos para uma teoria que, provisoriamente, inexistente. Por outro lado, ao longo de todo trabalho, sublinhamos a relevância de uma determinação epistemológica, histórica, social e cultural, tendo em vista suas repercussões para o campo do ensino, como observamos logo abaixo.

Os nossos colegas de faculdades de educação (psicólogos, sociólogos, filósofos, pedagogos e historiadores dentre outros) dominam outros conhecimentos, mas não os de química. Muito menos tal tarefa pode ser atribuída apenas a nós, professores de Prática de Ensino, Didática ou Instrumentação para o ensino de Química. A questão epistemológica, histórica, social e cultural da química tem que permear todas as disciplinas do currículo de formação do químico. (SCHNETZLER, 2002, p. 22).

Dessa forma, podemos depreender um caráter inevitável dos condicionantes impostos, intrinsecamente determinados pelas próprias características do saber, que constitui um objeto a ser ensinado. Outrossim, a trajetória discutida aqui indicou, de modo irredutível, um marco inicial no âmbito da pesquisa científica e das práticas acadêmicas que, sob a égide de um discurso científico vigoroso, poderá vir a tornar-se um paradigma de formação professores, adquirindo visibilidade no contexto escolar. Mas, ao longo de toda trajetória, quer seja na universidade, quer seja no contexto escolar, não podemos desconsiderar os entraves e obstáculos particulares de cada área de estudo.

Ainda no que concerne à formação de professores, o caráter compulsório da noção de obstáculo pode ser apreciado, a partir de uma perspectiva *sui generis* introduzida por Gaston Bachelard (1884 – 1962):

A noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação. Em ambos os casos, esse estudo não é fácil. A história, por princípio, é hostil a todo juízo normativo. É, no entanto, necessário colocar-se num ponto de vista normativo, se houver a intenção de julgar a eficácia de um pensamento. Muito do que se encontra na história do pensamento científico está longe de servir, de fato, à evolução desse pensamento. Certos conhecimentos, embora corretos, interrompem cedo demais pesquisas úteis. (BARCHELARD, 19696, p. 21).

Para concluir, observamos que “ciência é um empreendimento na qual as mudanças dinâmicas e alterações são antes regras do que exceções” (WANG; SCHMIDT, 2001, p. 68). Urge, pois, uma vigilância irredutível por parte do professor que atua no campo do ensino das Ciências ou da Matemática (ALVES, 2016). Uma percepção originada a partir de uma base sólida de conhecimentos específicos, a fim de compreender, evidentemente, o percurso evolutivo e histórico do saber que enseja professar e estabelecer em sala de aula.

Dessa forma, se exige ainda um entendimento insofismável a respeito da legitimidade de saberes científicos intimamente vinculados ao campo das Ciências e Matemática, de outros saberes (generalistas), de origem exógena que, a despeito de serem transmitidos por um discurso científico retórico e repleto de pompa, na verdade, padecem de um mínimo grau de aderência, robustez, plausibilidade e, sobretudo, do caráter de vacuidade de pressupostos e fundamentos capazes de explicar, descrever e significar os

fenômenos em termos do ensino e da aprendizagem no âmbito do ensino de Ciências e Matemática.

Referências

ALEXANDER, Amir. *Duel et dawn: heroes, martyrs, and the rise of modern mathematics*. Cambridge: Cambridge University, 2010.

ALVES, Francisco, R. V. Filosofia das Matemática num curso de licenciatura: implicações para a formação do professor. *Revista Conexões, Ciência e Tecnologia*, v. 6, nº 1, 44 – 66, 2012a.

ALVES, Francisco, R. V. Insight: descrição e possibilidades do seu uso no ensino do Cálculo. *Revista VYDIA Educação*, v. 36, nº 1, 1- 13, 2012b.

ALVES, Francisco, R. V. Didática de Matemática: seus pressupostos de ordem epistemológica, metodológica e cognitiva. *Interfaces da Educação*. v. 7, nº 21, 131 – 150, 2016.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. *A didática das ciências*. Tradução Magda S. S. Fonseca. Campinas, SP: Papyrus, 1990.

ASTOLFI, Jean-Pierre. Trois paradigmes pour les recherches en didactique. *Revue Française de Pédagogie*, v. 26, nº 103, 5 – 18. Mars, 1993.

ASTOLFI, Jean-Pierre. Les concepts de la Didactique des Sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et Formation*, v. 8, nº 8, October, 19 – 31, 1990.

ASTOLFI, Jean-Pierre; PETERFALVI, Brigitte. Obstacles et construction des situations didactiques en Science experimentale. *Modèle Pedagogique*, v 6, nº 16, 1993.

BACHERLARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. São Paulo, SP: Contra ponto, 1996.

BERG, Kevin. C. The Place of the History of Chemistry in the Teaching and Learning of Chemistry. 317 – 343. In: Matthews. R. M. *International Handbook of Research in History, Philosophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

BROUSSEAU, G. *Théorisation des phénomènes d'enseignement des Mathématiques*. 905f. 1986.(These de Doctorat) - Université Bourdeaux I, Bourdeaux,1986.

CHEVALLARD, Y. *La Transposition didactique*. Paris: La Pensée Sauvage Édition, 1991.

CHOQUET, Gustave. *What is modern mathematics?* England: Lamport & Gilbert, 1963.

DEVELAY, Michel. Pour une épistémologie des savoirs scolaires. *Pedagogie Collegiale*, v. 7, n° 1, 35 – 40, Octobre, 1991.

DUPLESSIS, Pascal. L'objet d'étude des didactiques et leurs trois heuristiques : épistémologique, psychologique et praxéologique. *Acte du Seminaire GRCDI, Didactique et culture informationnelle*, 1 – 22. Septembre, 2007.

FOUCAULT, Michel. *L'arqueologie du savoir*. Paris: Gallimard, 1969.

GAULD, Colin. Using History to Teach Mechanics. 57 – 97. In: Matthews. R. M. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

HEERING, Peter; HÖTTECKE, D. Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. 1473 – 1503. In: Matthews. R. M. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

IRZIK, G.; NOLA. R. New Directions for Nature of Science Research. 999 – 1023. In: Matthews. R. M. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

JOSHUA, Samuel; DUPIN, Jean-Jacques. *Introduction à la Didactiques des Sciences et des Mathématiques*. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.

LEVRINI, Olivia. The Role of History and Philosophy in Research on Teaching and Learning of Relativity, 157 – 183. In: Matthews. R. M. (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

MARTINS, R. A.; SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. History and hilosophy of Science in Science Education, in Brazil. 2271 – 2299. In: Matthews. R. M. *International Handbook of Research in History, Philoshophy and Sciences Teaching*, New York: Springer, 2014.

PIAGET, Jean. *Introduccion a la Epistemologia Genetica*. Buenos Aires (traduccion Emilia Ferrero). Buenos Aires: Pados, 1978.

SCHNETZLER, Roseli. P. A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*. v. 25, nº 1, 2002.

TEIXEIRA, E. S; GRECA, I. M.; FREIRE JR. O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions, *Science and Education*, v. 21, nº 1, 771 – 796, 2012.

WANG, H. A.; SCHMIDT, W. History, Philosophy and Sociology of Science in Science Education: Results from the Third International Mathematics and Science Study. *Science and Education*, Netherlands: Klumer Academic Publishers. v. 10, nº 1, 51 – 70, 2001.