

**OBSTÁCULOS (EPISTEMOLÓGICOS) E O ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES AND THE TEACHING OF THE SCIENCES AND MATHEMATICS

Francisco Regis Vieira Alves<sup>1</sup>Mairton Romeu Cavalcante<sup>2</sup>**Resumo**

Este artigo consubstancia uma pesquisa bibliográfica centrada num interesse científico do entendimento de alguns pressupostos fundantes da vertente nominada Didática das Ciências e Matemática, tendo como escopo a identificação/demarcção de um conjunto de elementos que concorrem para o entendimento da noção de obstáculos epistemológicos. Dessa forma, o trabalho busca apontar alguns aspectos que, costumeiramente são registrados no âmbito da investigação e produção do conhecimento, mas, que se refletem também no contexto do ensino de Ciências e Matemática. Assim, o trabalho assinala a perspectiva *sui generis* introduzida por Gaston Bachelard (1884 – 1962), originalmente na Física e que repercutiu para outras áreas das Ciências. Por fim, busca indicar elementos primordiais e imprescindíveis para uma ação sistemática eficiente no contexto do ensino de Ciências e Matemática, na medida em que aponta elementos e entraves que concorrem para o universo de ação do estudante e do professor.

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

**Abstract**

This article is based on a bibliographical research centered on a scientific interest in the understanding of some foundational assumptions of the branch called Didactics of Sciences and Mathematics, whose scope is the identification / demarcation of a set of elements that contribute to the understanding of the notion of epistemological obstacles. In this way, the work seeks to point out some aspects that are usually registered in the scope of research and production of knowledge, but which are also reflected in the context of Science and Mathematics teaching. Thus, the work points to the unique perspective introduced by Gaston Bachelard, originally in Physics and that has repercussions for other areas of Science. Finally, it seeks to indicate

---

<sup>1</sup> Doutorado com ênfase no ensino de Matemática. Atualmente é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará / CE. E-mail: fregis@ifce.edu.br

<sup>2</sup> Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGECM/IFCE. E-mail: mairtoncavalcante@gmail.com

primordial and essential elements for an efficient systematic action in the context of Science and Mathematics teaching, in that it points out obstacles that compete for the universe of student and teacher action.

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

## Introdução

A efervescência científica que no Brasil concorreu para a constituição e demarcação de um campo de interesse e esfera de atuação sistemática em pesquisa no âmbito do ensino de Ciências e Matemática, a partir do final dos anos 70 e anos dos anos 80, acarretou ainda um acréscimo de uma série de fatores ou elementos comuns tanto no âmbito da pesquisa nas áreas de Ciências Naturais e Matemática, como também, no campo do ensino e da aprendizagem desses respectivos assuntos ou saberes científicos. (BRAKEL, 2014; NARDI, 2005; 2007; 2009; NARDI; ALMEIDA, 2004; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012).

Por outro lado, no contexto da investigação e pesquisa científica em Matemática, Física, Química e Biologia, de modo *standard*, deparamos rituais, padrões e procedimentos técnicos que concorrem para a consolidação de um pensamento científico, pretensiosamente despojado de paixões e suscetibilidades individuais, locais, provisórias e momentâneas, tendo em vista a delimitação/definição de um objeto de interesse científico robusto, referendado por um discurso engendrado a partir da consolidação e o triunfo de determinadas ideias ou concepções, em detrimento de outras ideias e concepções menos consistentes e pouco resilientes, no âmbito da evolução pensamento científico.

Mas, quando nos atemos ao contexto do ensino dos mesmos conteúdos, não podemos simplesmente desconsiderar a trajetória de constituição dos saberes científicos e, suas possíveis repercussões e fatores condicionantes, na medida em que objetivamos o ensino, quer seja o acadêmico, ou ainda o ensino no contexto escolar. Num sentido contrário, podemos assumir um discurso

generalista (ALVES, 2016; ALVES et al., 2017), originado de um campo epistêmico distinto e distante das disciplinas específicas que mencionamos nos parágrafos predecessores. Ou melhor dizendo e ainda situando nosso contexto e problema de interesse, podemos adquirir um entendimento razoável sobre os fenômenos relacionados com o ensino e a aprendizagem tomando, com referência, teorias exógenas que, de modo inexorável, determinam um conjunto de concepções e técnicas, procedimentos e, em maior ou menor substancia, são originados de um pragmatismo peculiar de outros campos do conhecimento científico distintos da Matemática, Física, Biologia e Química?

De certa forma, com origem no próximo excerto, depreendemos uma resposta (pelo menos provisória) para o questionamento anterior, quando apreciamos que:

No caso específico do ensino de Ciências, a formação de professores dessa área, os currículos e programas instituídos, a estruturação das disciplinas que os compõem, os conteúdos a serem trabalhados nessas disciplinas, as formas de os ensinar e os mecanismos de avaliação ganharam, gradativamente, contornos definidos, os quais, no entanto, se modificaram com tempo. Foram organizando-se, em todo o mundo, comunidades de profissionais reunidos em torno do ensino das ciências. E, já há várias décadas, uma comunidade ainda mais especializada ganhou visibilidade: a de profissionais especializados na didática específica das Ciências e na pesquisa em ensino de Ciências. (NARDI, 2005, p. 15).

Assim, com origem na perspectiva de Nardi (2005), registramos uma espécie de movimento de e contorno e de cientificização natural, em torno de conhecimentos específicos (Matemática, Física, Química e Biologia) e suas esferas de práticas (particulares e próprias). Isso posto, assinalamos que um fenômeno clássico, pormenorizadamente discutido por Gaston Bachelard (1884 – 1962), diz respeito, por exemplo, ao termo que centraliza o título do presente ensaio e pode ser indicado no seguinte excerto:

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. (BACHERLARD, 1995, p. 17).

Antes de deflagrarmos a seção subsequente, extraímos alguns ensinamentos provisórios das ponderações acima. Primeiro, o incoercível surgimento dos obstáculos que, pela herança bachelariana, nominá-los-emos de obstáculos epistemológicos, são inevitáveis e irremediáveis no decurso e progresso das Ciências. Segundo, as incompreensões e limitações das condições psicológicas humanas concorrem, de modo irremediável, para o seu aparecimento. Por fim, o “ato de conhecer” não pode prescindir de estágios preliminares e provisórios, muitas vezes duradouros e resistentes das lentidões e de uma inercia da atividade intelectual do sujeito epistêmico. (PIAGET, 1978).

Ademais, numa seara que indica o campo das subjetividades mundanas, Bachelard adverte que “o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. As revelações do real são recorrentes. O real nunca é o que se poderia achar, mas é sempre o que se deveria ter pensado (BACHERLARD, 1995, p. 17). No trecho final, Bachelard (1995) nos instiga em recordar que o “real”, como fruto coercitivo de uma representação do homem, nunca consegue reproduzir e representar (com fidedignidade) o todo, o meio circundante, em sua plenitude total. Aqui, entra em cena o pensamento empírico como uma espécie de “fio de Ariadne” ou fio condutor para o nosso entendimento progressivo e, por conseguinte, do ato de conhecer. Sobre tal tema, apreciamos que:

O pensamento empírico torna-se claro depois, quando o conjunto de argumentos fica estabelecido. Ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual. No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (BACHERLARD, 1995, p. 18).

Apesar de essencial no processo de conhecimento, o pensamento empírico, ao passo de impulsiona pode, também, paradoxalmente, fornecer bloqueios ao progresso do intelecto. Um outro fenômeno clássico, pormenorizadamente discutido por Gaston Bachelard (1884 – 1962), diz respeito, por exemplo, ao termo que centraliza o interesse do presente ensaio teórico e pode ser indicado no seguinte excerto:

A Ciência, tanto por sua necessidade de coroamento como por princípio, opõe-se absolutamente à opinião. Se, em determinada questão, ela legitimar a opinião, é por motivos diversos daqueles que dão origem à opinião; de modo que a opinião está, de direito, sempre errada. A opinião pensa mal; não pensa: traduz necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los. Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado. (BACHERLARD, 1995, p. 18).

Acima, extraímos trivialmente a oposição do estabelecimento de conhecimentos por intermédio do senso comum ou, parafraseando Bachelard (1995), por intermédio da opinião (local e situada) que elaboramos sobre determinado assunto e que se confronta do processo de estabelecimento de saberes por intermédio de um discurso científico, balizado por paradigmas. Em qualquer extremo, propugnamos o caráter de imprescindibilidade de identificarmos os elementos catalizadores da efervescência e do debate. Isto posto, logo abaixo, divisamos um fragmento e indício preliminar:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido do problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (BACHERLARD, 1995, p. 18).

De modo incontestado, no trecho acima, divisamos o papel imprescindível para o progresso científico da Ciência, tendo em vista um posicionamento perquiridor, inquisidor no âmbito da pesquisa sistemática. Não obstante, não podemos desconsiderar a importância da proposição de bons problemas,

oriundos de questionamentos e do próprio esmero na formulação adequada de tais questionamentos.

Diante do argumento anterior, na seção subsequente, acentuaremos o viés implicativo dos elementos preliminarmente abordados aqui, afim de perspectivarmos possíveis implicações no campo do ensino de Ciências e Matemática e, de modo particular, nosso maior entendimento sobre a função essencial dos obstáculos.

### **Obstáculos e o ensino de Ciências e Matemática**

De modo inevitável, em todo ramo de pesquisa deparamos um conjunto de regras, rituais indefectíveis e expedientes técnicos que visam efetuar/confirmar a verificação e a validade de um determinado argumento (ou expediente) ou, em linhas gerais, um pensamento científico. Por outro lado, posto que manifestamos nosso interesse maior pela noção de obstáculo, de modo natural, inclinar-nos-emos à sua identificação no desenvolvimento histórico e contexto epistemológico. Bachelard (1995), à tal respeito, se posiciona e, também, adverte:

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. (BACHERLARD, 1995, p. 21).

A partir do contexto de investigação científica, extraímos lições e ensinamentos que não podem ser desconsiderados no âmbito do ensino. Todavia, cabe observar e alertar 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. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão. (BACHERLARD, 1995, p. 23).

Aqui, o próprio autor indica as possibilidades e o caráter de imprescindibilidade de levarmos em consideração da noção de obstáculo como elemento que pode retardar, e mesmo impedir um processo de entendimento do estudante submetido a uma ação intencional de ensino. O caráter visível de sua ação pode ser registrado, de uma forma extrema, por intermédio da manifestação do erro, fruto de uma incompreensão. Pouco mais adiante, Bachelard desenvolveu ponderações sobre o outro elemento não menos importante no processo, a saber: o professor. Com efeito, menciona que:

Os professores de Ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHERLARD, 1995, p. 33).

As considerações acima devem servir de alerta e requerer uma atenção constante (e vigilante) por parte do preceptor dos estudos dos jovens. Ademais, de modo irremediável, nos questionamos quanto ao aparecimento dos obstáculos específicos nas Ciências experimentais. Mais uma vez, Bachelard (1995) nos forneceu ensinamentos indelévels no campo da Física Pura e do ensino, quando observa que:

Um exemplo: o equilíbrio dos corpos flutuantes é objeto de uma intuição habitual que é um amontoado de erros. De modo mais ou menos claro, atribui-se uma atividade ao corpo que flutua, ou, melhor, ao corpo que nada. Se tentarmos com a mão afundar um pedaço de pau na água, ele resiste. Não é costume atribuir-se essa resistência à água. Assim, é difícil explicar o princípio de Arquimedes, de tão grande simplicidade matemática, se antes não for criticado e desfeito o impuro complexo de intuições primeiras. Em particular, sem essa psicanálise dos erros iniciais, não se conseguirá explicar que o corpo que emerge e o corpo completamente imerso obedecem à mesma lei. (BACHERLARD, 1995, p. 23).

Na Matemática, por sua vez, apesar de que, a noção de obstáculo registra seu estágio de nascedouro no âmbito da Física, deparamos uma

verdadeira teoria sistemática para o estudo dos obstáculos epistemológicos (no âmbito do ensino) e, agora, de natureza variada, a depender das raízes originárias que concorreram para sua ocorrência. Mas, no caso da Matemática, como recorda Brousseau (1976, p. 111), a atividade matemática, de modo resumido, “consiste em demandar ao estudante uma fórmula verdadeira em uma teoria em estudo. O conteúdo do problema é definível *a priori*, como o par  $(T, f)$ , aonde  $T$  é uma teoria explícita em curso, e  $f$  uma fórmula a ser determinada [...]”.

Com origem na notação anterior, doravante, designaremos os termos  $(T_{\text{Matemática}}, f)$ ,  $(T_{\text{Física}}, f)$ ,  $(T_{\text{Química}}, f)$  e  $(T_{\text{Biologia}}, f)$ . Nesse conjunto, designamos uma teoria robusta e fundamentada qualquer no campo da Matemática, da Física, da Química e da Biologia. Assumiremos que, em maior ou menor substância, o esquema mnemônico indicado por Brousseau (1976, p. 111) ocorre, de modo semelhante, em outras áreas do conhecimento. Não obstante, os componentes indicados visam representar componentes relativamente explícitos e visíveis num sistema de ensino formal. Por exemplo, em qualquer transmissão intencional de um conhecimento científico, urge identificarmos a teoria  $T$  fundante que deverá guiar, subsidiar e fazer aderir o grau de confiabilidade, eficácia e a correspondente validade de todas as escolhas e decisões do professor e, por conseguinte, do estudante.

Mas, num âmbito ensino, Brousseau (1976, p. 102), chama a atenção para o componente heurístico, pois, podemos constatar que:

[...] para outras demonstrações, não existem tais algoritmos. Para não renunciarmos ao modelo de aprendizagem precedente, vamos imaginar que a demonstração pode ser conduzida por intuições que desempenham papel semelhante ao dos algoritmos. Tais intuições podem ser racionalizadas localmente.

Aqui, Brousseau (1976) aponta um elemento cuja natureza comum, no que concerne a um raciocínio mobilizado num ambiente de investigação científica, e cujo papel não pode ser minimizado tendo em vista a construção de qualquer campo das Ciências, tendo em vista que “[...] existem vários e fascinantes exemplos na História das Ciências que apontam um tipo de



aparente substituição que reconcilia paradoxos aparentes” (FISCHBEIN, 1987, p. 181). Neste caso nos referimos ao papel da intuição. Por exemplo, o próprio Galileo Galilei (1564 – 1642), que examinou proximamente o princípio da inércia, “não adquiriu um completo entendimento do mesmo [...]” (FISCHBEIN, 1987, p. 181). E, pouco mais adiante, oferece alguns pormenores:

Na minha opinião, a solução de Galileu para o problema da inércia expressou um compromisso, intuitivamente aceitável para ele, entre a conclusão lógica de um movimento, não parado por um obstáculo, deverá continuar indefinidamente, e a necessidade de evitar a idéia intuitivamente inconcebível de um corpo se afastando e aumentando sua distância eternamente do ponto de partida. Ele repetiu várias vezes que os movimentos retilíneos são imperfeitos, sem qualquer justificação clara. (FISCHBEIN, 1987, p. 182).

Cabe distinguir, nas ponderações acima, os elementos conflituosos e não lineares subjacentes ao pensamento heurístico e intuitivo (KISS, 2006) preliminar atribuído a Galileu. Observemos, pois, uma região de tensão concernente aos elementos preditos e indicados pelo raciocínio lógico que buscou interpretar experimentalmente. Antes de deflagramos a seção subsequente, acentuamos a função extremamente importante de, na função de professores, compreendermos os obstáculos inevitáveis no âmbito do ensino e as possíveis resistências psicológicas que podem se manifestar, concernentemente aos outros atores do processo, isto é, concernentemente aos estudantes.

### **Obstáculos e a concepção dos estudantes**

Brousseau (1976, p. 102) imprimiu uma interpretação *sui generis* concernentemente ao conjunto dos fatores determinantes para o processo de aprendizagem e ação do sujeito na atividade de investigação matemática. Deparamos suas ponderações logo abaixo.

O sentido de um conhecimento matemático se define, somente, por um conjunto de situações relativamente às quais o conhecimento é realizado em termos de uma teoria matemática.

[...] não apenas por um conjunto de situações aonde o sujeito encontra um conjunto de soluções, mas também por um conjunto de concepções, das escolhas anteriores rejeitadas, dos erros evitáveis, da economia que se procura [...]. (BROUSSEAU, 1976, p. 105).

De modo semelhante ao caso de Bachelard, Guy Brousseau aponta o expediente inescapável dos obstáculos, oriundo da interação dialética com o conhecimento e do meio. De fato, menciona que:

Um conhecimento, como obstáculo, é sempre fruto de uma interação de um aluno com o meio e, mais precisamente, com uma situação que torna o conhecimento interessante [...] todavia, tais concepções são comandadas por intermédio das condições de interação. (BROUSSEAU, 1976, p. 107).

Na prática, o ensino científico não toma de modo suficientemente em conta o fato de que a construção de conceitos concorre na interferência com a existência preliminar de concepções (generalistas e não diferenciadas) já disponíveis nos estudantes, às quais sabemos que tendem a se manter, de modo diacrônico relativamente à classe (ASTOLFI; PETERFALVI, 1993, p. 104). Com efeito, podemos inferir tal impressão com origem no excerto abaixo.

O erro não é apenas o efeito de uma ignorância, da incerteza, da probabilidade que acreditamos das teorias empiristas ou behavioristas da aprendizagem, mas o efeito de um conhecimento anterior, que detém seu interesse, seu sucesso; mas que, momentaneamente, se revela falso, ou simplesmente inadaptado. Os erros desse tipo não são erráticos ou imprevisíveis, eles são constituídos de obstáculos. (BROUSSEAU, 1976, p. 104).

Assim, as ponderações acima nos informam que as incompreensões podem se avolumar num processo cumulativo e que, a despeito das circunstâncias e condicionantes psicológicos ou sociais (ISODA, 2007), os obstáculos e momentos letárgicos de evolução são inevitáveis. Seu caminho tortuoso e, aparentemente ilógico, obedece aos fatores funcionais, inerciais e que correspondem a idiosincrasia (ou lógica) própria de cada indivíduo. Por conseguinte, o espaço que nos circunda funciona como elemento modelizador do nosso pensamento e, de modo particular, as idiosincrasias que

elaboramos/construímos, vinculadas ao pensamento científico. Abaixo, assinalamos um posicionamento esclarecedor sobre tal matéria:

O espaço de subjetividade é uma interpretação e avaliações constitutivas de um complexo de concepções – embora não explicitamente formuladas – que excedem os dados em mãos e o domínio da percepção geral. O espaço subjetivo é uma interpretação da realidade e não uma reprodução da realidade. O mesmo é moldado a partir da experiência, todavia, excede a experiência. Não é apenas o produto de uma experiência, mas, ainda, uma condição da experiência, isto é, uma condição para dizer articulada e reações antecipadas e adaptadas. (FISCHBEIN, 1987, p. 86).

Vale comentar, em termos de maior entendimento, a função e o surgimento de obstáculos específicos, por exemplo, no campo das Ciências experimentais. Por exemplo, na Química, podemos nos ater a noção de molécula. De acordo com o Oxford Dictionary, a palavra *molecule* apareceu na língua inglesa em 1678, a partir da palavra francesa *molécule*. O termo pode ser encontrado no *Traité Elementaire de Chimie* (1789) de Lavoisier para “[...] designar a menor unidade em que uma substância poder ser dividida sem que ocorra uma mudança na sua natureza química” (MORTIMER, 1997, p. 201). Por outro lado, ao longo dos séculos, as teorias que fornecem um embazamento sobre o entendimento e significado de tal noção passam por modificações e resultam dos paradigmas da Química prevalentes em determinada época histórica.

Ora, no fragmento abaixo divisamos as alterações nos paradigmas da Química, na medida em que, determinadas mudanças de concepções científicas concorreram para o teor de aceitabilidade da noção de “molécula”. Com efeito, Mortimer (1997) explicita um ponto de vista local e global sobre o assunto.

Para entender a Química contemporânea, não podemos recorrer unicamente à noção clássica de molécula ou aos seus contrapontos modernos: estruturas dinâmicas, polinucleares ou supramoleculares. Todas elas são visões complementares do mundo químico. Elas são complementares no sentido de que não podem ser aplicadas ao mesmo problema e também não podem, isoladamente, explicar todos os fenômenos químicos. Se olharmos para a fora da Química, para a cultura cotidiana,

tentando incorporar os resultados das pesquisas em ensino de ciências sobre concepções dos estudantes, essa complementariedade científica poderá ser expandida para incorporar outros significados num perfil conceitual completo da noção de molécula. (MORTIMER, 1997, p. 201).

Divisamos, pois, as alterações/modificações nos paradigmas da Química, na medida em que, determinadas mudanças de concepções científicas concorreram para o teor de aceitabilidade da noção de “molécula”. Por outro lado, a Química do cotidiano, de modo similar, desempenha um papel condicionante no componente denominado por Mortimer (1997), nominado por “perfil conceitual”. Vejamos isso no seguinte fragmento:

É interessante que muitas idéias dessa Química cotidiana tenham relações com formas de pensar usadas por filósofos e cientistas em outras épocas. Esse paralelismo nos leva diretamente à história e à filosofia das ciências. Por outro lado, estudos nessas áreas mostram mudanças significativas na maneira de pensar vários conceitos químicos, quando tentamos diferenciar o quadro conceitual da química entre a química clássica, a química moderna e a química contemporânea. Portanto, a filosofia e a história das ciências são a base para a construção de outras zonas de um perfil conceitual. (MORTIMER, 1997, p. 201).

Vale assinalar que a ideia básica da noção de perfil conceitual se caracteriza pelo fato de que as pessoas podem apresentar diferentes maneiras de ver e representar o mundo, que são usadas em contextos diferenciados e, portanto, compartilhada por inúmeros autores. Todavia, urge distinguir um campo epistêmico definido e particular e, a partir do mesmo e de modo idiossincrásico, derivamos formas particulares de representação para o conhecimento científico. De modo particular, quando nos atemos, por exemplo, aos conceitos da Química, podemos registrar que as representações das relações espaciais entre átomos mostrando “[...] suas geometrias sistematicamente introduzidas na representação química por Dalton quando mostrou as relações espaciais entre átomos em uma molécula, mostrando as relações espaciais entre os círculos que os representavam”. (VOLLMER, 2006, p. 306).

Na figura abaixo divisamos representações particulares que concorrem para a evolução de diferentes formas particulares de representação do conhecimento químico, apesar de que, o movimento normativo em Ciências tende a acentuar o componente de um convencionalismo (BRAKEL, 2014; LASZLO, 2014), que tende a diminuir e eliminar os vestígios (provisórios) particulares e preliminares individuais dos cientistas que proporcionaram seu estágio evolutivo atual.

De modo particular, quer seja na Química, na Matemática ou na Física, constatamos que o convencionalismo apontado por Vollmer (2006), como também o formalismo em outras Ciências, podem eliminar os vestígios da subjetividade, envidar os aspectos característicos de um pensamento apoiado na abstração e, todavia, por intermédio de um processo que ocorrerá num sentido contrário, a apropriação dos conceitos e significados envolvendo as representações na figura 1, objetivados nas formas 2D e 3D.

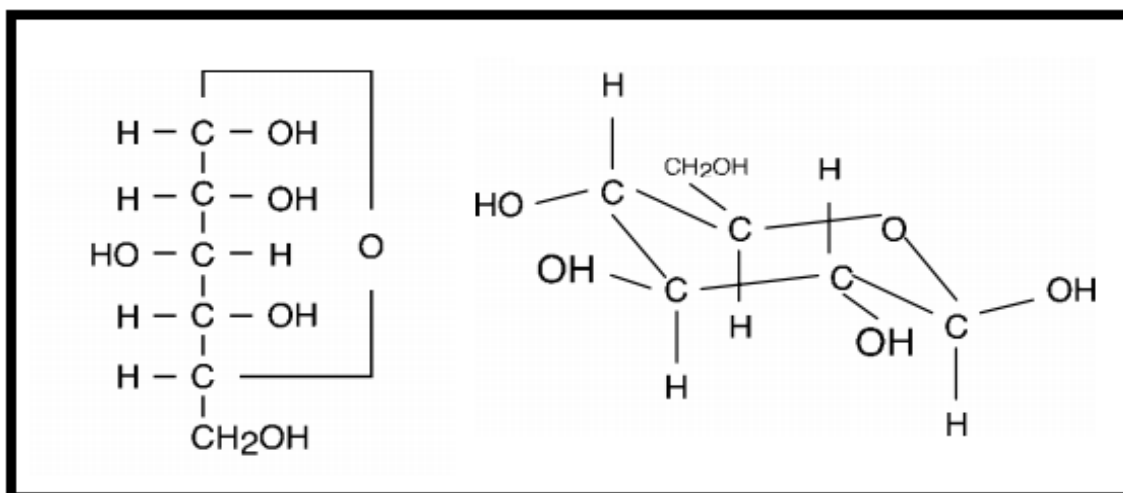


Figura 1. Vollmer (2006, p. 306) discute na natureza do convencionalismo das representações planas e espaciais na Química.

Ademais, o convencionalismo, o formalismo e, porque não mencionar o termo a “matematização” de outros ramos do saber, aparentemente, constitui um caminho sem volta, tendo em vista o estágio evolutivo hodierno da pesquisa científica e evolução do pensamento. Com efeito, perspectivamos tal tendência no trecho a seguir:

No contexto do ensino, um dos aspectos mais discutidos por educadores em Ciência é a dificuldade de compreensão dos conceitos científicos pelos alunos. No ensino de Química, conceitos derivados da Mecânica Quântica e utilizados na compreensão dos vários aspectos relativos às ligações químicas e à estrutura molecular apresentam alto grau de dificuldade de compreensão, em função da necessidade de maior abstração. Como diz Bachelard, a Química contemporânea não é mais uma ciência de memória, mas uma Química matemática, uma Química teórica, fundada a partir da união com a Física teórica, uma Química teórica-Física teórica. (LÓBO, 2008, p. 91).

Todo o processo de cientificação, assinalado no excerto anterior, confirma ainda um caráter de acréscimo de perspectiva filosófica (HIROFUMI, 2013) herdado pelo progresso sistemático em cada ramo no saber (inclusive no caso da Química). Embora em determinadas áreas do conhecimento como a Matemática, as raízes de discussão filosófica podem ser identificadas há séculos, no caso da Química, por exemplo, Schummer (2006, p. 20) registra que em 1979, poucos ou nenhum filósofo da Ciência poderia imaginar a existência de uma filosofia da Química. Na figura 2, na última linha do gráfico, divisamos a hegemonia de produções de trabalhos científicos que, em maior ou em menor substancia, instigam o pensamento sistemático filosófico, apesar de ser registrado de modo recente na literatura.

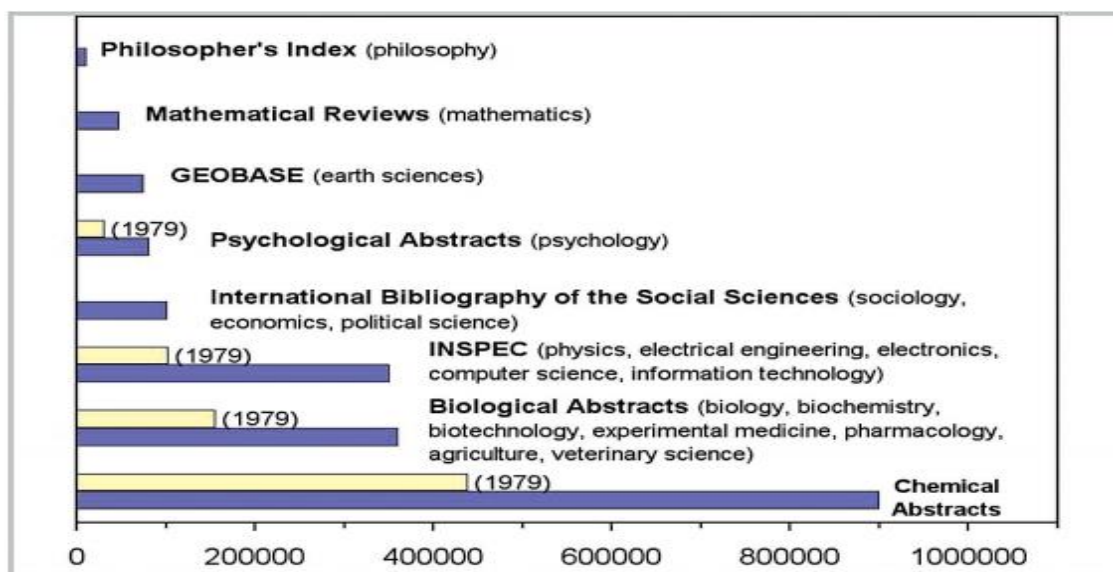


Figura 2. Schummer (2006) discutiu e evidenciou o acréscimo do caráter de abstração e generalização dos modelos químicos e a publicação científica.

Para concluir, diante de um quadro evolutivo de crescente inter-relação entre os diversos ramos de pesquisa, a expectativa se direciona num sentido de maior exigência por parte dos estudantes. Decorrem, de modo inexorável, eventuais dificuldades e entraves que não podem ser negligenciados por parte do professor. Cabe assinalar, todavia, que a manifestação de determinadas letargias ou incompreensões decorrem de estádios mentais de pensamento, essencialmente fundamentado na heurística ou de uma espécie preliminar de “lógica ingênua” que, apesar de sua tênue visibilidade, os cientistas nomeiam-na por “intuição”. (ALVES, 2012).

No próximo e último segmento, situaremos sua função na formação do professor e derivaremos algumas implicações dos assuntos indicados nas seções predecessoras. Acentuaremos que, diante de uma vigilância constante de eventuais obstáculos que, poderão configurar-se ainda segundo uma metodologia para o ensino de conhecimentos científicos, o próprio pensamento ensejado e mobilizado pelo especialista se fundamenta em elementos provisórios e, por vezes, contraditórios concorrendo, assim, irremediavelmente para o erro.

### **Implicações para a formação do professor**

Para concluir, diante de um quadro evolutivo de crescente inter-relação entre os diversos ramos de pesquisa (no âmbito do ensino de Ciências e Matemática), a expectativa se direciona num sentido de maior exigência por parte dos estudantes. Certamente, não podemos desconsiderar a ação do agente condutor do processo, que repousa, de modo incontestado, na figura do professor. Todavia, a partir das ponderações de Fischbein (1987, p. 6), não podemos desconsiderar elementos intrínsecos ao pensamento intuitivo e que concorrem para uma forma de aprendizagem. De fato, o mesmo acentua que:

Há uma característica comum básica que, apesar das diferenças marcantes que permitem que os vários significados sejam relacionados em uma estrutura conceitual comum. O conhecimento intuitivo é conhecimento imediato; isto é, uma forma de cognição que parece se apresentar a uma pessoa como

sendo auto-evidente. Portanto, o conhecimento intuitivo pode aparecer, em alguns textos, como sendo semelhante ao conhecimento sensorial (perceptual). Mas, ao mesmo tempo, a intuição, como cognição imediata, pode ser a fonte de revelações religiosas, de inspirações artísticas, de iluminação científica etc. Todos esses casos, trata-se de formas aparentemente imediatas de cognição. (FISCHBEIN, 1987, p. 6 – 7).

Podemos depreender que no âmbito dos fenômenos do ensino e da aprendizagem, os obstáculos, a despeito do seu aparecimento em qualquer área do conhecimento científico, se revelam por intermédio de um papel funcional, dentro da própria teoria ou do substrato conceitual que concorre para a evolução da Ciência, mas, todavia, são condicionados pelos mecanismos ontológicos cognitivos do ser humano que permitem a sua denominação como sujeito epistêmico.

No bojo desses mecanismos cognitivos, como o próprio Fischbein (1987) evidencia, a intuição se adere aos mecanismos relacionais estabelecidos entre sujeito e objeto do conhecimento, de sorte que, o próprio pensamento, em maior ou em menor substância, regulado por uma ação sistemática abstrativa, não evolui de modo automático e natural, posto que, o processo de apropriação e incorporação de novos conhecimentos são fundados, num momento preliminar sobretudo, na intuição. Ainda no excerto ainda, a sensação de “auto-evidência” apesar de configurar-se como uma característica idiossincrásica do sujeito, pode envolver elementos que configuram incompreensões e que exigem uma medida adequada de intervenção do especialista. Nestes termos, Fischbein (1987) explica:

Minha explicação do uso persistente do termo intuição em muitos campos e apesar das contradições aparentes a que parece levar é que a intuição, expressa para além de sua aparência fenomenológica, psicológica mudança. A crença natural, quase instintiva de todo ser humano na existência de algumas certezas definitivas, absolutamente confiáveis. (FISCHBEIN, 1987, p. 8).

No excerto anterior, determinadas características intrínsecas ao pensamento intuitivo não podem passar despercebidas pelo professor. Outrossim, o agente responsável pela mediação deve ser cômico de uma



discussão pouco trivial relativamente ao papel da crença e da certeza. Aqui, registramos ainda elementos que se contrapõe que, na medida em que o estudante manifesta determinadas certezas e ilações sobre determinado conhecimento, num contexto de investigação, um entendimento globalizante sobre o mesmo deve ser estimulado pelo professor.

De fato, assumimos posição concorde com Fischbein, quando observa ainda que “[...] é importante aprofundar a compreensão intuitiva de alunos acerca de vários conceitos e declarações. Isto só pode ser feito através da criação de situações didáticas que exigiriam um envolvimento da atividade produtiva pessoal e experiencial do aluno, num respectivo domínio”. (FISHCBEIN, 1987, p. 95).

Finalmente, com origem nos elementos coligidos nas seções anteriores, designaremos de simbolicamente e resumidamente os seguintes esquemas:

$$T_{\text{Matemática}} \xRightarrow[\text{intuição}]{\text{mediação}} f T_{\text{Física}} \xRightarrow[\text{intuição}]{\text{mediação}} f T_{\text{Química}} \xRightarrow[\text{intuição}]{\text{mediação}} f T_{\text{Biologia}} \xRightarrow[\text{intuição}]{\text{mediação}} f$$

De modo prosaico, entraves, incompreensões, distorções e, por fim, obstáculos (epistemológicos) podem se manifestar, condicionar e incidir sobre um repertório amplo de agentes, ativos e passivos, no processo de transposição científica e didáticas dos conceitos científicos. Pelo exposto, não podemos prescindir de um olhar vigilante e auto regulador no âmbito do ensino de Ciências e Matemática, sobretudo, aos fenômenos que se manifestam em sala de aula.

Certamente, não podemos esperar o desaparecimento total e/ou parcial de eventuais obstáculos de natureza variada (epistemológico, cognitivos, metodológicos), nem mesmo um controle total sobre seu surgimento; todavia, quando instrumentalizados, com origem em uma perspectiva de leitura e identificação pormenorizada adequada e precisa, adquiriremos um melhor entendimento quanto ao vislumbre de sua superação.

### Considerações finais

Nas seções passadas, abordamos a noção de obstáculos epistemológicos, originariamente pensados e distinguidos para o campo da pesquisa em Física, no âmbito do progresso científico, discutido por Gaston Bachelard mas, que, como uma consequência natural em torno da evolução dos conceitos científicos em outras área dos saberes, repercutiu, paulatinamente, em outros ramos, como a Matemática, a Química e a Biologia, inclusive, suas repercussões pedagógicas (ROGER, 2014). Com efeito, registramos que

[...] a preocupação de Bachelard com a necessidade de reflexão filosófica sobre a prática científica é um aspecto que mostra o pioneirismo de suas idéias e a relevância de sua epistemologia para aqueles que lidam com a prática científica e, também, com o ensino de Ciências. (LÔBO, 2008, p. 91).

Por outro lado, dois elementos que exigem uma posição diligente, dizem respeito aos dois sujeitos que não podem ser desconsiderados no processo, a saber, o estudante e do professor. No caso do estudante, acentuamos que a noção de “erro” pode representar a parte “visível” de um processo contínuo de acomodações e reconstruções de conhecimentos mal adaptados ou mal compreendidos, cujas raízes podem ser reportadas ao caráter intrínseco de um conhecimento científico, todavia, repercutem de modo inexorável nos conhecimentos, significados e sentidos adquiridos e incorporados progressivamente pelos estudantes.

No caso da figura do professor, estabelecemos o contraponto relacionado com a própria natureza de um raciocínio e contato com o novo, ensejado em qualquer ação intencional do ensino. Não obstante, a epistemologia do professor poderá, em maior ou menor grau, condicionar/modelar e afetar a própria natureza do objeto da mediação. Com efeito, Ribeiro (2014), nas conclusões finais de sua tese, adverte:

Em contrapartida, seu ensino é dogmático, conservador, dedutivo, redutivo algorítmico, um exemplo de ciência normal, fundamentado no treino de problemas fechados, uma evidência explícita de que a especificidade disciplinar da química não é transmitida no seu ensino. Nossa investigação avançou para detectar que a química é pensada como uma física aplicada e que o reducionismo é uma filosofia legítima, mas tornada uma ideologia no contexto pedagógico da química. (RIBEIRO, 2014, p. 331).

Apesar de que as ponderações anteriores se fundamentarem no contexto do ensino de Química, podemos extrair implicações semelhantes para o ensino de Física, Matemática e Biologia, de sorte que, no contexto do progresso das Ciências (ALVES, et al., 2017), concorrem conhecimentos em vias de consolidação, conhecimentos provisórios e outros cuja natureza se mostra peremptoriamente rejeitada por uma comunidade de especialistas. Diante de qualquer expediente, urge não desconsiderar a função e origem dos obstáculos epistemológicos no âmbito do ensino de Ciências e Matemática.

### Referências Bibliográficas

ALVES, Francisco. R. V. Insight: descrição e possibilidades do seu uso no ensino do Cálculo. *Revista Vydia Educação*, v. 32, nº 2, 148 – 161, 2012.

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

ALVES, Francisco R. V. et al. Didática das ciências e matemáticas: alguns pressupostos. *Interfaces da Educação*, v. 8, nº 22. 13 – 25, 2017.

ALVES, Francisco R. V.; SAMPAIO, Goes C.; VASCONCELLOS, A. K.; BARROSO, Maria C. S. Didática das Ciências e Matemática: alguns pressupostos. *Interfaces da Educação*, v. 8, nº 22, 274 – 302, 2017.

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; DEVELAY, Michel. *A didática das ciências*. Tradução Magda S. S. Fonseca. Campinas, SP: Papirus, 1990.

ASTOLFI, Jean-Pierre; PETERFALVI, Brigitte. Obstacles et construction des situations didactiques en Science experimentale. *Modèle Pedagogique*. v 6, n° 16, 1993.

BRAKEL, Jaap, V. Philosophy of Science and Philosophy of Chemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 20, n° 4, 11-57, 2014.

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

\_\_\_\_\_. Les obstacles épistemologiques et les problèmes en mathématiques. *Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre organisée par la Commission Internationale pour l'Etude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques*, 101 – 117, 1976.

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

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

FISCHBEIN, Efrain. *Intuition in Science and Mathematics*. London: London Academic Publishers, 1987.

FIUZA, Edite M. Penha F. *Papel do contexto de aprendizagem na resolução de problemas em ciência*. 2010. 390f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Portugal, 2010.

Disponível em:

<[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3044/3/ulsd060181\\_td\\_Capas\\_resumos.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3044/3/ulsd060181_td_Capas_resumos.pdf)> Acesso em: 02 fev. 2017.

HIROFUMI, Ochiai. The Logical Structure of Organic Chemistry and the Empirical Adequacy of the Classical Concept of the Molecule. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 19, n° 2, 139-160, 2013.

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

ISODA, Masami et al. *Japanese Lesson study in Mathematics: it's impact, Diversity and Potential for Educational Improvement*. New Jersey: Word Scientific, 2007.

LÔBO, Soraia. F. O ensino de Química e a formação do Educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Revista Ciência e Educação*, v. 14, n° 1, 89 –

100, 2008. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132008000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132008000100006)> Acesso em: 02 fev. 2017.

KISS, Olga. Heuristic, Methodology or Logic of Discovery? Lakatos on Patterns of Thinking. *Perspectives on Science*, 2006, v. 14, no. 3, 302 – 317, 2006.

LASZLO, Pierr. Chemistry, Knowledge Through Actions?. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 20, n° 4, 93-119, 2014.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química Nova*, v. 20, n° 2, 200 – 207, 1997.

NARDI, Roberto. *A área de ensino de ciências no Brasil: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros*. 2005. 170f. (Tese de livre docência) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

\_\_\_\_\_. *Ensino de Ciências e Matemática I: temas sobre a formação de professores*. São Paulo, SP: UNESP editora, 2009.

NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo, SP: Escrituras, 2007.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 11, 90-100, 2004.

\_\_\_\_\_. Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. In: *II Encontro Iberoamericano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências*, Burgos, Espanha, setembro, 1 – 12, 2004.

PIAGET, Jean. *Introducción a la epistemología genética*. Buenos Aires: PAIDOS, 1978.

RIBEIRO, Marcos. A. P. *Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: contributos para uma filosofia do ensino*. 2014. 390f. (Tese de doutorado) - Universidade de Lisboa, Portugal, 2014. Disponível em:

<[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3044/3/ulsd060181\\_td\\_Capas\\_r esumos.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3044/3/ulsd060181_td_Capas_r esumos.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ROGER, Lucie. The Pedagogical Philosophy of Bachelard. *Antistasis*, v. 4, n° 2, 34 – 37, 2014.

Disponível em:

<https://journals.lib.unb.ca/index.php/antistasis/article/view/22311/25910>>. Acesso em: 02 fev.2017.

SHUMMER, Joachim. The Philosophy of Chemistry From Infancy Toward Maturity. In: BAIRD, Davis.; Scerri, E.; MCINTYRE, Lee. Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Boston: Springer, v. 242, 2006. p.19 – 39.

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, n° 1, 771 – 796, 2012.

VOLLMER, S. H. Space in Molecular representations or how pictures can represent objects. In: BAIRD, Davis.; SCERRI, E.; MCINTYRE, Lee. Philosophy of chemistry: Synthesis of a New Discipline, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Boston: Springer, v. 242, 2006, p. 293 – 309.