



# A ELETRICIDADE DO SÉCULO XVIII SOB A ÓPTICA DE BACHELARD E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA

## THE ELECTRICITY OF CENTURY XVIII IN ACCORDANCE WITH BACHELARD AND ITS IMPLICATION TO THE PHYSICAL EDUCATION

Moacir Pereira de Souza Filho<sup>1</sup>

Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>2</sup>, João José Caluzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação para Ciências/Faculdade de Ciências,  
moacir@fc.unesp.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação para Ciências/Faculdade de Ciências,  
serginho@fc.unesp.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista/Programa de Pós-Graduação para Ciências/Faculdade de Ciências,  
caluzi@fc.unesp.br

### Resumo

O presente trabalho tem por finalidade introduzir a noção de obstáculos epistemológicos bachelardiano e discutir como o próprio Bachelard concebia estas manifestações no espírito pré-científico da eletricidade do século XVIII. Este termo, como o próprio nome sugere, representa um entrave ao conhecimento científico. São espécies de retardos e contra-pensamentos que dificultam o avanço científico. Segundo alguns autores, estes obstáculos são expressões das concepções alternativas que o aluno possui. Primeiramente, vamos apresentar ao leitor um panorama geral da epistemologia de Bachelard. Trata-se de uma epistemologia histórica, racionalista, descontinuista e dialética. O conhecimento científico é fruto de uma polêmica entre razão e experiência. Estes obstáculos são geralmente manifestações do espírito pré-científico e são características do senso comum. Mostraremos que a eletricidade do século XVIII esteve impregnada destes obstáculos que prejudicaram o desenvolvimento desta ciência.

**Palavras-chave:** História da Ciência, Ensino de Ciências, Bachelard.

### Abstract

The purpose of this work is to introduce the notion of epistemological obstacles and to argue as Bachelard conceives these manifestations in the daily pre-scientific spirit of the electricity of century XVIII. This term, as the proper name suggests, represents an impediment to the scientific knowledge. They are species of retardations and against-thoughts that make it difficult the scientific advance. According to some authors, these obstacles are expressions of the students' alternative conceptions. First, we go to present to the reader a general panorama of the epistemological of Bachelard. One is about a historical, rationalist, epistemological, discontinues and dialectic. The scientific knowledge is result of a controversy between reason and experience. These obstacles are generally manifestations of the daily pre-scientific spirit and are characteristic of the common sense.

We will show that the electricity of century XVIII was impregnated of these obstacles that had harmed the development of this science.

**Keywords:** History of Science, Science Education, Bachelard.

## INTRODUÇÃO

As dificuldades na aquisição de conceitos científicos têm sido alvo de investigação na área de ensino de ciências, particularmente no ensino de Física, e especificadamente no estudo da eletricidade. Estes problemas inerentes ao processo de aprendizagem não advêm somente da complexidade dos fenômenos, mas também provém do próprio sistema cognitivo daquele que aprende. Sendo assim, alguns trabalhos têm dedicado a atenção às possíveis causas das dificuldades referentes a esta temática.

Dois trabalhos chamam a nossa atenção: Martins (2004) e Santos (1998), por considerarem a presença destas dificuldades sob o referencial bachelardiano. Na interpretação de Martins (2004, p. 38), as concepções alternativas são expressões da existência daquilo que Gaston Bachelard (1996) denominou de *obstáculos epistemológicos*. Estes obstáculos não advêm da complexidade dos fenômenos e nem da incapacidade do sujeito cognoscente, mas está no âmago do ato de conhecer em que aparecem lentidões e conflitos. A idéia de obstáculos epistemológicos, que são “*causas de estagnação e até de regressão do pensamento*”, pode, segundo o autor, ser utilizada no desenvolvimento da ciência e na prática da educação. Na mesma linha de raciocínio, Santos (1998, p. 134) esclarece que estas concepções alternativas ainda que expressem a primitividade dos conceitos científicos, ainda que espontâneas e erradas, “são condições necessárias ao desenvolvimento cognitivo e aquisição do saber racional”.

Concordamos com estes autores que defendem a relação entre os *obstáculos epistemológicos* e as *concepções alternativas*. A nosso ver, um dos principais erros cometidos no processo de ensino é o não-reconhecimento da importância dos conhecimentos que o aluno já possui. As concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos revelam que o aluno está inserido em uma cultura e estas manifestações representam suas crenças, suas convicções e suas idiosincrasias. Este conhecimento prévio é fruto da cultura do sujeito aprendiz e Bachelard (2004, p. 245) defende que todo o espírito que conhece tem que ter um passado e que todo “conhecimento é sempre uma referência a um domínio antecedente”.

Na visão de Japiassu (1976, p. 74), Bachelard considera o cérebro humano como um órgão *inacabado* e em contínua formação, e não *desocupado* como postulava as antigas pedagogias. Assim, a mente cognoscente não é uma “tábula rasa”, mas sim, constituída de conhecimentos prévios. Bachelard (1996) esclarece que “o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos” e cabe ao ensino “derrubar os obstáculos sedimentados pela vida cotidiana”.

## REFLEXÕES SOBRE A EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA

A apreensão dos dados existentes na natureza, feita por meio da observação e da experimentação, era a forma de se atingir a verdade. A objetividade seria alcançada na medida em que ela se mostrasse fiel aos fatos. Assim, a fonte segura do conhecimento seria

um contato direto com o real. Em outras palavras, as leis que governam o nosso mundo já estariam determinadas *a priori* e seriam simplesmente verificadas pelo sujeito cognoscente.

Em outro sentido, Bachelard (2004) observa também que a visão artística e o sentimento religioso não têm raiz no real. Sendo assim, eles são verdadeiramente válidos, quando aceitam as categorias *a priori* do sujeito. Arte e religião caracterizam-se pelo caráter *idealista*, onde razão e fé são fontes do conhecimento. Refletindo acerca da ciência e da arte, Paiva (2005) argumenta que a arte é fundamentalmente subjetiva, e, portanto, isenta de compromissos com a verificação. A ciência, pelo contrário, pauta-se por uma lógica, uma metodologia e um esforço de comprovação. Ambas pertencem a esferas epistemológicas distintas. Segundo Paiva, as teorias científicas nada mais são do que criações da mente humana, análoga as que permitem a imaginação artística. Sendo assim, a imaginação se infiltra e conquista seu lugar no âmbito do pensamento científico. Nesta perspectiva, o sujeito assume a condição de criador. A ciência passa a ser produto de um trabalho com duas facetas: uma *objetiva* e outra *subjetiva*, este dualismo que é à base da nova filosofia científica.

Para Japiassu (1976, p. 41) o filósofo não pode ser o homem de uma só doutrina, seja ela: idealista, racionalista, realista ou positivista. Criticando o pensamento unitário, Bachelard (1991, p. 7) observa que os *cientistas* desconsideram uma preparação metafísica. Para eles, a filosofia da ciência está somente no reino dos fatos. Por outro lado, os *filósofos* consideram suficiente a meditação do pensamento, se posicionando apenas no reino das idéias. Assim, o *obstáculo geral* e *obstáculo imediato* se incrustam no pensamento sendo entraves ao próprio ato de conhecer.

Filósofo e professor de Física e Química, Gaston Bachelard viveu o período de transição entre o século XIX e o século XX, caracterizado pela revolução das ciências físicas. A mecânica clássica apoiada sobre a solidez das bases racionais de tempo e espaço absolutos é abalada pela teoria da relatividade. A mecânica quântica e a mecânica ondulatória também revolucionaram paradigmas vigentes e romperam com teorias já instituídas. Destarte, a ciência contemporânea propicia um novo olhar sobre o mundo, que representa também um rompimento com esta filosofia tradicional hegemônica. A filosofia de Bachelard é uma clivagem radical entre dois níveis de pensamento. É uma readequação completa na forma dos métodos de pensar. Para esta filosofia, a verdade provisória não “brota” da percepção sobre o mundo, pois ela é pensada, refletida e é construída pelo ser pensante. As leis da natureza já não podem ser apreendidas por meio dos dados imediatos. Segundo Bachelard (2000, p. 19), “a observação científica é sempre uma observação polêmica; ela confirma ou infirma uma tese anterior”. Porém, o objeto científico não está isento da comparação com os dados experimentais, pois se assim fosse, o mundo seria uma mera representação da nossa maneira de pensar.

Em relação ao progresso da ciência, Bachelard defendeu uma epistemologia em que o conhecimento não está no objeto de investigação, visto que, a sensação e a percepção são, para ele, fontes de erros. Contrariamente ao senso comum em que o processo de conhecimento é concebido como linear e acumulativo, na epistemologia bachelardiana, o conhecimento se desenvolve por discontinuidades, por revoluções ou por mutações bruscas e profundas. Assim, a teoria da relatividade rompe com as noções clássicas de tempo e espaço absolutos (Bachelard, 2000). Por outro lado, Bachelard também criticou o *idealismo*, pois para ele a verdade também não está puramente na razão, pois carece sempre de um contato com o real, sendo, portanto, passível de verificação.

Contrário a esta concepção unitária, Bachelard concebe a ciência como um constructo processual inacabado, no qual se aliam e se alteram reciprocamente pensamento e experiência (Paiva, 2005, p. 30). O processo dialético entre *razão* e *experiência* constitui a base da epistemologia bachelardiana, filosofia que ele cunhou sobre o rótulo de *epistemologia não-cartesiana*. A investigação é orientada pelo pensamento teórico e, embora para Bachelard (1991, p. 10) “pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática, entre matemática e experiência”, entre o *empirismo* e o *racionalismo*, ele sobrevaloriza uma das direções de seu pensamento, deixando claro o sentido do vetor epistemológico: que “vai seguramente do racional ao real” (BACHELARD, 2000, p. 13).

De acordo com Bachelard (2000), a ciência é um produto do espírito humano e possui dois aspectos: um *objetivo*, concebido como parte das leis do nosso mundo; e outro *subjetivo*, um produto conforme as leis do nosso pensamento. Para o autor, todo homem em seu esforço de cultura científica apóia-se sobre duas metafísicas: o *realismo* e o *racionalismo*. Ambas são polêmicas, contraditórias, mas ao mesmo tempo complementares. Para ele, não há realismo nem racionalismo absolutos, eles trocam conselhos sem fim.

O empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência (BACHELARD, 1991, p. 9).

“A filosofia da ciência é uma filosofia que se aplica”. Os dilemas entre os valores experimentais e os valores racionais dão ao pensamento bachelardiano uma flexibilidade, uma mobilidade, uma pluralidade que confere a esta nova doutrina, um pensamento aberto contra a realidade usual e em polêmica contra o imediato. Assim, o *racionalismo aplicado* e o *materialismo técnico* são os dois pólos da atividade científica contemporânea. “Se ela experimenta é preciso raciocinar. Se ela raciocina é preciso experimentar” (BACHELARD, 2000, p. 13).

“Existe uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico”. O conhecimento novo diz “*não*” ao conhecimento antigo dialetizando seus princípios. Portanto, o pensamento novo projeta uma luz recorrente sobre as obscuridades dos conhecimentos incompletos e o assimila numa verdadeira extensão. Esta nova forma de pensar foi denominada por Bachelard de “*a filosofia do não*”, pois contradiz a maneira habitual de designar dogmaticamente as noções de base. Porém, Bachelard (2000, p. 13-17) adverte que “este *não* nunca é definitivo para um espírito que sabe dialetizar seus princípios”. Para ele, “*a filosofia do não*” surgirá não como uma atitude de recusa, mas como uma atitude de conciliação. Segundo Santos (1996, p. 267), “conciliar não é aceitar qualquer teoria como válida, mas definir muito precisamente o campo de validade e da aplicação de determinada teoria”. Para nos fazermos entender, a mecânica não-newtoniana não contradiz a mecânica newtoniana como se poderia pensar, mas ela é uma generalização do pensamento newtoniano. Ela envolve a mecânica newtoniana e a complementa. Assim, para baixas velocidades pode-se trabalhar nos dois sistemas. Ou seja, o pensamento não-newtoniano é o pensamento newtoniano determinado por uma reorganização do saber numa base alargada. Se tomarmos uma vista geral das relações epistemológicas da ciência

contemporânea e da ciência newtoniana, vemos que não há desenvolvimento dos antigos pensamentos pelos novos (...) do pensamento não-newtoniano ao pensamento newtoniano não há tampouco contradição, há somente contração.

Neste trabalho discutiremos os problemas de aprendizagem em sala de aula. Para isto, usaremos o conceito de *recorrência histórica* bachelardiana que consiste em: olhar para o passado sob a luz do presente, com um objetivo específico: analisar os erros do passado. Para sermos mais claros, no que tange a formação do conceito, verificaremos as dificuldades na sua elaboração e os estágios de desenvolvimento deste conceito no processo histórico. Em nível pedagógico, procuramos resgatar as concepções dos alunos, relacionando-as com representações surgidas ao longo do tempo. Para apreciar e compreender o valor de um pensamento é necessário regressar ao passado das idéias, pois todo conhecimento é sempre uma referência a um domínio antecedente e o sujeito cognoscente tem que ter um passado (BACHELARD, 2004).

Procuraremos mostrar que, na medida em que nos aprofundamos na compreensão do conceito, há uma passagem gradativa das características concretas para uma abstração crescente que culminam nos modelos teóricos mais recentes.

## NOÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Bachelard dedica o livro “*A formação do espírito científico*” para refletir acerca dos *obstáculos epistemológicos*. Este termo, como o próprio nome sugere, representa um entrave ao conhecimento científico. São espécies de retardos e contra-pensamentos que dificultam o avanço científico. Do ponto de vista pedagógico, já salientamos que eles são análogos às concepções alternativas que os estudantes possuem. Assim, para Bachelard (1996, p. 17) é “no próprio âmago do ato de conhecer que aparecem lentidões e conflitos” que constituem estes obstáculos e que são as “causas de estagnação e até de regressão do pensamento”. Os obstáculos caracterizam-se pela resistência do pensamento ao próprio ato de pensar.

Bachelard (1996) esclarece que “o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos” e cabe ao ensino “derrubar os obstáculos sedimentados pela vida cotidiana”. Assim, não se trata de “adquirir uma cultura experimental”, mas sim, de mudar a própria de cultura. Para o autor, “o espírito deve se formar *contra* a natureza, contra o que é, em nós e fora de nós”, ou seja, deve lutar contra a nossa própria tendência de estagnação e contra a idéia de que o conhecimento científico é algo natural e fácil. Pelo contrário, a verdade é “filha da discussão” e não da “simpatia”. O instinto humano, portanto, deve ser *formativo* e não *conservativo*.

As intuições e as sensações que o sujeito possui são as principais causas deste estado de imobilismo cognitivo. A sensação térmica, a percepção das cores, o paladar, são exemplos de características do sentido peculiares de cada indivíduo. O autor adverte que, “a opinião deve antes de tudo ser destruída”, pois o espírito científico só pode constituir destruindo o espírito pré-científico. Também, considerar que o caminho para a objetividade está nos dados “colhidos” da natureza, nos dados claros, nítidos e absolutos, é desconsiderar o verdadeiro caráter do espírito científico. Para Bachelard (1996, p. 18) o conhecimento científico é sempre a resposta a um problema formulado. Há sempre uma hipótese que guia nossa investigação e “se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”.

Por tudo isto, Bachelard se demonstrou um professor a frente do seu tempo. Suas idéias pedagógicas eram contrárias a uma escola dogmática e autoritária, que privilegia o poder em relação ao saber. Para ele, mestre também aprende à medida que ensina e o aluno compreende o que está aprendendo na medida em que explica. A finalidade do ensino consiste em despertar, estimular, provocar e questionar o aprendiz e colocar o espírito “*em estado de mobilização permanente, substituir um saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico*” (BACHELARD, 1996, p. 24). Ele defende que o ensino de ciências tem que ser reformado:

O ensino de ciências tem de ser todo revisto; que as sociedades modernas não parecem ter integrado a ciência na cultura geral. A desculpa dada é que a ciência é difícil e que as ciências se especializam. Mas, quanto mais difícil é uma obra, mais educativa será (BACHELARD, 1996, p. 309).

Dentre as categorias de obstáculos elencadas por Bachelard, apresentaremos aqui somente aquelas que julgamos fundamentais para este trabalho de pesquisa. São elas: *a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo verbal*, e também, *os obstáculos substancialista e animista*. Na seqüência, descrevemos resumidamente cada categoria de obstáculo

- **A experiência primeira**

A observação primeira, pitoresca, sedutora e fácil, colocada antes e acima da crítica, representa um obstáculo para o conhecimento científico. Bachelard relata que o encanto provocado pela eletricidade do século XVIII despertava tanto interesse que a essência do fenômeno não era compreendida. Os choques elétricos provocados pelas garrafas de Leiden eram apresentados como um espetáculo de curiosidades, um verdadeiro “show” de salão. O autor lembra que nas aulas de química as explosões representavam um falso centro de interesse. O aluno fascinado pelas imagens, não apreende o verdadeiro significado da reação química. De acordo com Bachelard (1996, p. 36), “*o fato de oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões de curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para a cultura científica. Substituem-se o conhecimento pela admiração, as idéias pelas imagens*”.

- **O conhecimento geral**

O conhecimento geral é um conhecimento vago que se caracteriza por uma generalização apressada e fácil daquilo que se julga conhecer, e que é capaz de estancar a reflexão. O espírito pré-científico utiliza uma lei geral para explicar o fenômeno e acaba não esclarecendo absolutamente nada. A ciência do geral é uma suspensão da experiência, um fracasso do empirismo inventivo. O conhecimento geral cala a pergunta, antes mesmo que ela seja feita. (Bachelard, 1996, p. 69). Ele confirma hipóteses imediatas e desabilita a razão. Segundo Santos (1998, p. 139) “*todas as investigações ulteriores passam a ser interpretadas através de um mesmo quadro de referências*”.

- **O obstáculo verbal**

O obstáculo verbal caracteriza-se pela falsa explicação obtida à custa de uma palavra explicativa (BACHELARD, 1996, p. 27). A palavra sugere uma explicação tão clara e tão distinta, a ponto de ocultar o seu verdadeiro sentido. Esta imagem generalizada prejudica a razão e impede a visão abstrata dos verdadeiros problemas científicos.

Bachelard relata que a palavra *esponja*, que foi utilizada em analogia à eletricidade estática, caracterizou-se por uma *palavra-obstáculo* ao desenvolvimento da eletricidade do século XVIII. A idéia de conter poros capazes de funcionar como um mata-borrão absorvendo a matéria elétrica impediu o avanço desta ciência. Na mentalidade pré-científica, a analogia hidráulica entra *antes* da teoria.

- **Obstáculo substancialista**

A idéia de obstáculo substancialista caracteriza-se por atribuir as propriedades de um objeto ou do fenômeno estudado aos atributos pertencentes a uma determinada substância. Bachelard (1996, p. 121) considera este obstáculo como um erro inicial ao aprendizado, na medida em que “*o movimento epistemológico é alternado, do interior para o exterior das substâncias, prevalecendo-se da experiência externa evidente, mas escapando a crítica pelo mergulho na intimidade*”. Assim, o fenômeno evidente é associado a uma falsa substância oculta.

O fenômeno da atração elétrica, no qual corpos leves são atraídos por corpos eletrizados, foi atribuído a uma substância “*viscosa, untuosa e tenaz*”. O bastão de âmbar eletrizado é comparado a um dedo lambuzado de cola (BACHELARD, 1996, p. 128).

- **O obstáculo animista, o mito da digestão e a libido**

Embora Bachelard trate estes obstáculos de maneira distinta, preferimos agrupá-los em uma categoria comum, pois a digestão e a libido estão, a nosso ver, implícitas no obstáculo animista.

O obstáculo animista concede ao corpo humano ou a fenômenos vitais, propriedades explicativas sobre um dado fenômeno. “*O obstáculo animista traduz-se numa tendência para, de um modo ingênuo, animar, atribuir vida e, muitas vezes, propriedades antropomórficas a objetos inanimados*” (SANTOS, 1998, p.143). Concepções como vida, doença, alimento, características sexuais, etc., podem ser exemplos de obstáculos ao conhecimento. Por exemplo, se cortarmos um ímã transversal ou longitudinalmente ao seu eixo, ele *sobrevive*, pois cada nova parte torna-se um novo ímã; a ferrugem é uma *doença* à qual o ferro está sujeito; o oxigênio é o *alimento* do fogo; a bateria elétrica *alimenta* o circuito elétrico; o ímã possui pólos *machos* e *fêmea* ou a bateria elétrica possui terminais *macho* e *fêmea*, ou seja, positivo e negativo, respectivamente.

## **A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE SOB A ÓPTICA DE BACHELARD**

Os fenômenos naturais sempre representaram grandes mistérios à humanidade. Os povos antigos sentiam-se apavorados em dias tempestuosos, uma vez que desconheciam as verdadeiras causas do raio e do trovão. O espírito pré-científico não sabia que quando trovão reboia, o perigo já passou. Somente o raio pode matar. Hoje em dia, o medo do trovão está dominado porque sua doutrina está *racionalizada*. Atualmente, sabe-se também que o raio está relacionado à descarga elétrica entre nuvens ou entre nuvens e o solo.

Antigamente a explicação dos povos primitivos para a atração entre um bastão de âmbar e objetos leves, como palhas ou cascas de sementes, era atribuída a uma emanção viscosa que saía do corpo atritado e ia apanhando pequenos corpos pelo caminho. No início do século XVIII, este fenômeno foi atribuído à eletricidade.

Mais tarde, surgiram as máquinas de fricção, que elevavam o potencial elétrico consideravelmente e, que eram capazes de provocar choques elétricos e, garrafas de Leiden que podiam reter este potencial elétrico. A eletricidade provocou um grande fascínio a espírito pré-científico que era apresentada como um espetáculo de curiosidades. As pessoas davam-se as mãos para receberem a descarga de uma garrafa de Leiden. Experiências como às do garoto<sup>1</sup> e do beijo elétrico<sup>2</sup> eram presenciadas pelas personalidades mais importantes da época num verdadeiro “show” de salão.

Bachelard (1996, p. 128-130) escreve que observar a ação mecânica extrínseca, em relação às leis elétricas ocultas, de corpos serem atraídos e mantidos unidos por outros corpos, em contradição com os princípios da gravitação, é uma experiência fechada em si. É um verdadeiro *obstáculo*. Esta imagem imediata abafa todas as perguntas, e o espírito atribui ao fluido elétrico à qualidade de uma substância viscosa, untuosa e tenaz. É como se o corpo que atraí estivesse lambuzado com cola.

A eletricidade, durante um período, foi concebida ser devido às propriedades de certas substâncias. A eletricidade *vítrea* e *resinosa* foi atribuída a determinados objetos empíricos como o vidro e a resina, respectivamente. Nesta concepção, o vidro só adquiriria a eletricidade *vítrea*, o que não é verdade. John Canton reconheceu que um bastão de vidro adquiria a eletricidade *resinosa* quando era friccionado com a flanela, e a eletricidade *vítrea* ao ser esfregado a um pano de seda (BACHELARD, 1977, p. 167). Assim, verificou-se que o tipo de eletricidade não dependia apenas do corpo atritado, mas também do material com o qual se atritava. A eletricidade *vítrea* e *resinosa* (teoria das duas eletricidades) teve que ser revista ao se verificar que o vidro também adquiria eletricidade *resinosa*, ou que a resina poderia apresentar a eletricidade *vítrea*.

A teoria do fluido único, proposta por Benjamin Franklin foi comparada, por analogia, a uma esponja. Este simples objeto pode estar seco ou encharcado, com falta ou excesso de fluido, respectivamente; ou neutro, caso a quantidade de água ocupe exatamente os espaços destinados ao ar. Neste sentido, um corpo pode se apresentar carregado positivamente, quando a quantidade de fluido elétrico está em excesso, ou negativamente quando o corpo estiver com falta de fluido. No caso de equilíbrio, o corpo é considerado neutro. Para Bachelard, (1996, p. 93) “*o acúmulo de imagens prejudica evidentemente a razão*”. O autor argumenta que “*o lado concreto apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais*”.

A teoria das eletricidades proposta por Symmer<sup>3</sup> originou-se das observações feitas por ele relacionadas às suas próprias meias. Em Bachelard (1996, p. 273) encontramos que

---

<sup>1</sup> Stephen Gray e Du Fay penduram um garoto em linhas de seda para demonstrar que a atração elétrica, somente ocorre se o corpo eletrizado e o objeto a ser atraído estiverem em *potenciais* (em sentido moderno) distintos.

<sup>2</sup> Dois experimentadores montados no banquinho isolado fechavam a corrente com os lábios. No momento da descarga da garrafa de Leiden, a eletricidade valorizava o beijo dando-lhe atração e calor. Reciprocamente, o beijo valorizava a ciência elétrica (BACHELARD, 1996, p. 248).

<sup>3</sup> Esta teoria sugere que um corpo positivamente carregado possui predominância de um tipo de eletricidade, e um negativamente carregado uma predominância de outro tipo, enquanto um corpo neutro os efeitos dos dois fluidos se apresentam balanceados.



*“(...) depois de haver feito muitas observações para determinar de que circunstâncias dependiam esses tipos de aparências elétricas, achou enfim, que era a combinação do branco com o preto que produzia esta eletricidade”.*

Hoje aceitamos a teoria das duas eletricidades (positiva e negativa), porém podemos notar que houve alguns obstáculos ingênuos que impediram o avanço destas ciências. Vale à pena notar que, o princípio geral baseado na experiência não é a fonte segura da verdade.

*“Na ciência natural da eletricidade do século XVIII, atribui-se precisamente a uma equivalência substancial a três princípios: fogo, eletricidade e luz”* (BACHELARD, 1973, p. 57). *“Em outros termos a eletricidade é tomada nos caracteres evidentes da centelha elétrica: a eletricidade é fogo e luz”* (BACHELARD, 1977, p. 126). Desta maneira, o espírito pré-científico pode inferir que *“se o bastão de resina lança centelhas ao mínimo atrito, é porque é cheio de fogo”*. *“E essas centelhas não são apenas luz fria; são quentes”*. (Ibid., p. 57). *“A exploração direta das primeiras observações, exploração orientada por intuições substancialistas, exigiria apenas que se trouxesse alimento a essa eletricidade fogo-luz”* (Ibid.). Isto é exatamente o que faz a técnica de iluminação do lampião: a combustão precisa do comburento.

Para Bachelard (1977, p. 125), a lâmpada elétrica de fio incandescente rompe com esta técnica. A técnica antiga é de combustão. A técnica nova é de não-combustão. A técnica da não-combustão consiste em impedir que certo material se queime. *“Escolhe-se o fio mais fino, o menos fundível, fecha-o num espaço sem ar”* (DAGOGNET, 1980, p. 18). *“A ampola não é feita para impedir a lâmpada de ser agitada por correntes de ar. Ela é feita para conservar o vácuo em volta do filamento. A lâmpada elétrica não tem, absolutamente, qualquer coisa em comum com a lâmpada antiga”* (BACHELARD, 1977, p. 125). *“O fogo morre, mas, através do seu projeto de negatividade, a lâmpada continua”* (DAGOGNET, 1980, p. 18). Bachelard (1977, p. 125) acrescenta que, *“a única coisa que permite designar a duas lâmpadas pelo mesmo termo, é que ambas iluminam o quarto quando desce a noite”*.

## **IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Procuramos mostrar que a eletricidade do século XVIII esteve impregnada de obstáculos epistemológicos que retardou o desenvolvimento desta Ciência. Isto nos sugere pensar que os obstáculos pedagógicos também podem prejudicar o desenvolvimento cognitivo do sujeito que aprende. Assim, professor e aluno devem estar prontos para um combate contra estes obstáculos.

Dizemos isto porque, pesquisas apontam para um possível contraponto entre o desenvolvimento histórico do conhecimento científico e a aquisição de conhecimento pelo aluno. A História da Ciência pode auxiliar pesquisadores e professores a compreenderem e identificar alguns obstáculos e dificuldades dos alunos, a entenderem melhor as dúvidas dos estudantes, a respeitarem as dificuldades dos conteúdos, tendo em vista as dificuldades enfrentadas na construção e desenvolvimento do conhecimento científico. (CAJORI, 1899; CARVALHO; VANNUCCHI, 1996; FURIÓ; GUIASOLA, 1998a, 1998b). Determinadas dificuldades expressas pelos cientistas durante o processo de construção do conhecimento chamam a atenção para importantes dificuldades dos alunos ao aprenderem novas teorias e conceitos científicos (VILLANI et al., 1997, p. 51).

No entanto, não queremos dizer que a ontogênese repete a filogênese, ou que há uma correspondência estrita entre o curso histórico e o desenvolvimento da inteligência,

mas sim que a História da Ciência pode dar “pistas” sobre o desenvolvimento individual, pode apontar para possíveis obstáculos, dificuldades e auxiliar professores e pesquisadores na difícil tarefa de ensinar e pesquisar sobre o ensino. Segundo Monk e Osborne (1997, p. 412-3), a idéia de que ontogênese repete a filogênese não tem suporte nas pesquisas sobre a evolução histórica de conceitos científicos; assim, devemos nos atentar para a *natureza* da mudança, não para a real mudança, e no *tipo de argumentação*, e não na própria argumentação. Portanto, é possível afirmarmos que uma vez que o estudo histórico mostra como os obstáculos atravancaram o processo de construção do conhecimento, eles podem dificultar a aquisição de conhecimento pelo aluno, e por isto merecem muita atenção por parte dos professores que ministram disciplinas científicas.

## REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. *O Racionalismo Aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar Editoria, 1977. 244 p.
- \_\_\_\_\_. *A Formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3ª reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.
- \_\_\_\_\_. *O Novo Espírito Científico*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000. 151p.
- \_\_\_\_\_. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004. 318p.
- CAJORI, F. The pedagogic value of the History of Physics. *The School Review*, v. 7, n. 5, p. 278-285, 1899.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1996.
- DAGOGNET, F. *Bachelard*. Tradução de Alberto Campos. Lisboa: Edições 70, 1980. 102p.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, v. 82, n. 4, p. 511-526, 1998a.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 1, p. 131-146, 1998b.
- JAPIASSÚ, H. *Para ler Bachelard*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976. 180 p.
- MARTINS, A. F. P. *Concepções dos estudantes acerca da noção de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. 2004. 218f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MONK, M.; OSBORNE, J. Placing the History and Philosophy of Science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, v. 81, n. 4, p. 405-424, 1997.

PAIVA, R. C. S. *Gaston Bachelard: a imaginação na ciência, na poética e na sociologia*. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2005.

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança Conceptual na Sala de Aula: um desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado*. 2. ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998. 238 p.

VILLANI, A. et al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e psicanálise: analogias para o ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 37-55, 1997.