

A DIALÉTICA ENTRE FENÔMENOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS E O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO

Moacir Pereira de Souza Filho¹ e João José Caluzi²

Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências
Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências
moacir@fc.unesp.br¹, caluzi@fc.unesp.br²

Resumo

O objetivo deste trabalho é descrever e analisar a noção de dialética bachelardiana. A eletricidade e o magnetismo do século XVIII possuem um caráter realista e concreto enquanto que, o eletromagnetismo do século XIX é racionalista e abstrato. Estas Ciências possuem algumas semelhanças e diferenças entre si. A pesquisa foi feita com estudantes do curso de licenciatura em Física da Unesp/Bauru em um curso de extensão universitária. A coleta de dados é uma primeira etapa de uma tese de doutorado e, foi feita através de um questionário que, permitiu explorar as idéias dos estudantes sobre a relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. A metodologia se divide em três etapas. Primeiramente os alunos respondem a um questionário. Em seguida, promove-se um debate entre as suas concepções. E finalmente, foi feita a retomada das idéias através de um seminário. A história e a filosofia da ciência permitem compreender que o ensino deve trabalhar com pontos de vistas contrários, valorizando as concepções dos estudantes.

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

Abstract

The objective in this work is to describe and to analyze the notion of Bachelard's dialectic. The electricity and the magnetism of century XVIII possess a realistic character and concrete while that, the electromagnetism of century XIX is rationalist and abstract. These Sciences possess some similarities and differences between itself. The research was made with students of the undergraduate course in Physical of the Unesp/Bauru in a course of university extension. The collection of data is a first stage of a thesis and, it was made through a questionnaire that, allowed exploring the ideas of the students on the relation between the electric and magnetic phenomena. The methodology if divides in three stages. First the pupils answer to a questionnaire. After that, a debate between its conceptions is promoted. Finally it was made the retaken one of the ideas through a seminary. The history and the philosophy of science allow understanding that education must work with contrary points of view, valuing the conceptions of the students.

Keywords: History of Science, Education of Sciences, Dialectic, Gaston Bachelard.

Introdução

A Física de uma maneira geral, e o eletromagnetismo em particular, são disciplinas nem sempre compreendidas pelos alunos. Esta não compreensão, segundo Bachelard (1996), deve-se a três causas principais. A primeira é que, "... os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel,...". Por outro lado, "... o adolescente entra com conhecimentos empíricos já adquiridos...", e portanto, já possui uma concepção prévia a respeito do que está sendo ensinado. Além disso, "... os professores... não compreende que alguém (o aluno) não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da inflexão".

Partindo destes pressupostos, acredita-se que uma recorrência à História da Ciência pode nos auxiliar a esclarecer algumas questões referentes ao processo de ensino e aprendizagem. Este trabalho apresenta a primeira etapa de uma tese de doutorado. Para subsidiar o processo investigativo, foi criado um curso de extensão universitária, denominado *Fundamentos Históricos do Eletromagnetismo*. Este curso tem uma carga horária de 60 horas que serão ministradas durante o ano letivo de 2006.

Neste primeiro momento, serão apresentados os dados referentes à coleta de dados feitas com estudantes do curso de licenciatura em Física da Unesp, campus de Bauru. O período histórico contemplado compreende a fase anterior ao início do eletromagnetismo. Nele, foram discutidos os aspectos polêmicos que permearam as idéias sobre a eletricidade e o magnetismo. Este embate foi levado à sala de aula, onde os alunos puderam expor e confrontar suas concepções. A análise foi norteada pela noção da dialética bachelardiana.

Panorama Histórico

Antes do século XVIII, pouco se conhecia em relação a fenômenos elétricos e magnéticos. Sabia-se que o minério magnetita possuía uma propriedade intrínseca que o fazia atrair materiais ferrosos. Pode-se dizer que as primeiras investigações científicas relacionadas ao magnetismo foram feitas por Pierre de Maricout também conhecido como Pedro Peregrino. Ao estudar o imã, ele percebeu que havia uma grande concentração de força magnética em duas regiões do imã que o dividiam praticamente ao meio. Ele denominou estas extremidades de pólo ártico (norte) e pólo antártico (sul). Em 1600, William Gilbert (1540-1603), médico inglês, publicou o livro *De Magnete*, em que comparou a Terra a um enorme imã e nos pólos terrestres estariam localizados os pólos magnéticos (ELLIOTT, 1988, p.807). Estes trabalhos foram extremamente relevantes para a explicação do funcionamento da bússola. Devemos lembrar que a utilização da bússola como meio para orientação é anterior aos trabalhos de Gilbert.

Outro aspecto interessante do trabalho de Gilbert é diferenciação que ele fez entre os efeitos elétricos e magnéticos. Embora os povos gregos já soubessem que o âmbar ao ser friccionado atraía corpos leves, Gilbert notou que o mesmo efeito podia ser produzido por uma ampla variedade de corpos. Acreditava-se que os fenômenos elétricos estavam confinados em certas prisões, sendo que a força gerada através da fricção e pelo calor produzido, emitia um “effluvium” ou “effluvia” proveniente do corpo, formando uma atmosfera elétrica ao redor dele que, temporariamente, atraía outros corpos por contato (NARDI, 1989, p.40).

O século XVIII e as duas primeiras décadas do século XIX caracterizaram por inúmeras descobertas no terreno da eletricidade friccional ou eletricidade estática. Neste período, também houve um grande desenvolvimento da matemática, principalmente na França, que deram subsídios às teorias elétrica e magnética, (TRICKER, 1965, p.1; WOLF, 1999, P. 213). A. Wolf (1999, p.213) sintetiza o século XVIII dentro de três períodos ou fases. O primeiro caracterizou-se por descobertas através de observações desprovidas de teorias¹, ao qual pertencem homens como Hauksbee e Du Fay. Posteriormente, concepções hipotéticas dirigiram experimentações sistematizadas. Benjamin Franklin (1706 – 1790), filósofo natural e estadista norte-americano, e Franz Aepinus (1724-1802), filósofo natural nascido na cidade de Rostock Alemanha, pertencem a este período. Segundo Wolf (1999, p.213), eles se “apoiaram nos ombros de seus predecessores”. Finalmente, com Coulomb, a eletrostática torna-se uma ciência exata com a chegada de leis precisas.

Uma das primeiras interpretações sobre os fenômenos elétricos foram feitas por Francis Hauksbee (d. 1713 ?) ao explicar o fenômeno da fosforescência do mercúrio.

¹ Esta afirmação de Wolf deve ser tomada com cautela. Tendo em vista todo o debate da Filosofia da Ciência no século XX.

Quando um barômetro era agitado no escuro apresentavam-se pontos de luminosidade, que segundo ele, era devido “a geração de eletricidade nas paredes do tubo de vidro” (WOLF, 1999, p.213). Ele construiu uma máquina eletrostática simples que consistia em um tubo de vidro, com nove polegadas de diâmetro, selado, onde se fazia um vácuo parcial e que rodava rapidamente sobre um eixo por meio de uma manivela. Quando o tubo era movimentado rapidamente, além da fluorescência, havia a produção de uma “fina luz violeta” que ele atribuiu o efeito a descarga de “effluvia” úmido. Por meio da observação deste fenômeno ele tirou duas conclusões básicas: a luminosidade se mantinha enquanto houvesse movimento e, diminuía com a admissão de ar no interior do tubo. (ibid. pp. 214-215).

As primeiras observações sobre a condução de eletricidade parecem ter sido feitas por Von Guericke (1602 – 1686) político e inventor alemão. Ao que parece as descobertas de Guericke caíram no esquecimento e redescobertas por Stephen Gray (1666-1736) astrônomo inglês. Gray realizou uma série de experimentos extremamente detalhados que lhe permitiu distinguir experimentalmente entre corpos condutores e não condutores. Ele pegou um tubo de vidro e tampou nas duas extremidades com rolhas de cortiça. Ao friccionar o tubo, percebeu que além do tubo, a rolha também atraía uma pena colocada em sua proximidade. Ele interpôs uma vareta de madeira entre a rolha e uma esfera de marfim observou o mesmo efeito ocorria com a esfera. Refez este experimento com vários tipos de materiais e nas mais diversas situações. Assim, possibilitando distinguir entre materiais elétricos (não condutores) e não-elétricos (condutores). Aqui, elétricos e não elétricos devem ser entendidos com eletrizáveis e não eletrizáveis. J.T. Desaguliers (1683-1744), filósofo natural francês, continuou o trabalho de Gray após sua morte, denominando classes de materiais, classificando-os como condutores e isolantes. (ELLIOTT, 1988, p.807).

Charles François Du Fay (1698-1739) apresentou os resultados de seus experimentos à Academia de Ciências Francesa e na revista *Philosophical Transaction* que um corpo carregado é capaz de transmitir eletricidade a outro, e que ambos se repelem posteriormente. Ele também concluiu que, existem dois tipos diferentes de eletricidade, abrindo a teoria dos dois fluidos, às quais ele denominou de eletricidade *vitrea* e eletricidade *resinosa* (WOLF, 1999, p.217). Mais tarde, John Canton (1718-1772) demonstrou que um corpo pode ser eletrizado positiva ou negativamente, por atrito, dependendo da natureza do corpo com que se atrita. (NARDI, 1989, p.56).

No século XVIII os fenômenos elétricos ainda eram associados ao effluvia. Abbé Nollet supunha que, os corpos deveriam ser formados por uma espécie de colmeia, e que deveria ter basicamente dois tipos de poros. Um deles tinha função de carregar corpos ao seu encontro, por uma força atrativa. O outro de repelir corpos vizinhos. A idéia de que corpos eram sistemas de tubos capilares e que, havia uma taxa de fluxo fluindo por estes capilares, foram associados por analogia ao fluxo de seiva nas plantas e à transpiração nos animais, devendo acelerar esses processos. Nollet semeou sementes idênticas, em vasos semelhantes, sob as mesmas condições. Eletrificou uma das sementes por várias horas ao dia durante uma quinzena. As sementes eletrificadas brotaram dois ou três dias mais cedo e, cresceram mais vigorosamente que as outras. Ele desenvolveu experimentos com animais, pesando-os e, eletrificando um dos pares. No caso dos animais, foi encontrada uma perda de peso naqueles submetidos à eletrificação.

A hipótese de que a eletricidade é uma forma de matéria, também presentes nas descrições de fenômenos magnéticos e calor, foi descartada tendo em vista os experimentos de Nollet. No caso dos animais era esperado um aumento no peso daqueles eletrificados, o que não ocorreu. Resultados similares foram obtidos na ciência do calor, onde objetos submetidos a um aumento de temperatura, não apresentaram um aumento de peso.

Benjamin Franklin (1706-1709), em 1747, desenvolveu a teoria de um fluido elétrico único. Ele propunha que “um corpo estava eletricamente neutro quando o fluido

interno e externo ao corpo estava em equilíbrio, mas se contivesse mais ou menos quantidade que a normal, o corpo deveria apresenta-se eletrificado de uma forma ou de outra – positivamente para um excesso e, negativamente pela falta do fluido” (WOLF, 1999, p. 227).

Em 1759, Robert Symmer aponta problemas na teoria de Franklin “ao descrever a existência de dois diferentes estados elétricos e, postulando dois fluidos elétricos distintos” (WOLF, 1999, p.228). Symmer tinha o hábito de usar dois pares de meias de seda (uma preta e outra branca) na mesma perna. Ao retirá-las, ele observou um estalo seguido de uma faísca, semelhantes à descarga de uma garrafa de Leyden. “Um corpo carregado positivamente possui uma predominância de um tipo de eletricidade e, carregado negativamente, a predominância de um outro tipo, enquanto que, um corpo neutro os efeitos dos dois fluidos presentes balanceia-se uns aos outros” (ELLIOTT, 1988, p.806; WOLF, 1999, p. 288).

Um dos grandes feitos de Franklin foi provar que o raio é um tipo de descarga elétrica. Os filósofos gregos atribuíam às tempestades a presença de substância inflamáveis que, se acumulavam nas nuvens e, as quebrava através da descarga elétrica do raio. Para Descartes, durante a tempestade as nuvens superiores caíam sobre as inferiores provocando o trovão. Já em 1708, Wall descreveu no *Philosophical Transaction* (vol. XXVI, p. 69) que produziu flashes de luz acompanhados de barulho por meio de uma enorme peça de âmbar através de um pano de lã, sendo o efeito associado ao raio e ao trovão.

Winkler em 1746, concluiu que, uma tempestade e uma descarga elétrica artificial se diferem apenas em intensidade e, não em natureza (WOLF, 1999, p.231). Franklin se declarou a favor da natureza da tempestade, em 1749, pela correspondência entre o raio e uma faísca elétrica:

1. A luz e o som possuem uma causa única sendo, praticamente instantâneos;
2. A faísca, assim como o raio, pode incendiar corpos;
3. Elas podem matar criaturas;
4. Causam danos mecânicos, dando um cheiro de enxofre queimado;
5. Raio e a eletricidade se descarregam, mais facilmente, por formas pontiagudas;
6. Ambas são capazes de destruir o magnetismo, ou ainda inverter a polaridade de um ímã;
7. Ambas são capazes de fundir os metais. (*experiments and Observations*, 5th ed. p.331 apud WOLF, 1999, p.231).

Franklin deu uma prova direta da associação entre eletricidade e nuvens carregadas, através do seu famoso “experimento da pipa”. Em correspondência enviada a Collinson e, publicada em 1752, no *Philosophical Transaction* (vol. XLVII, p. 565), ele descreve a descarga de nuvens carregadas através do fio de uma pipa feita de gravetos e lenço de seda. Na época houve muitas tentativas em coletar a eletricidade atmosférica. John Canton (1718-1772) escreveu a Watson: “Eu tive ontem, por volta das cinco horas da tarde, uma oportunidade de tentar o experimento do Sr. Franklin de extrair fogo elétrico das nuvens [...].Eu recebi a faísca [...] e a vi distintamente” (*Phil. Trans*, 1752, p.567 apud WOLF, 1999, p.234).

“No ano seguinte (1753), Richmann de St. Petersburg foi examinar durante uma tempestade um eletrômetro colocado na parte inferior do condutor que ele tinha colocado em seu telhado, quando recebeu do condutor um choque que o matou instantaneamente” (WOLF, 1999, p.234).

Henry Cavendish (1731-1810) comparou a condutividade de várias substâncias pelo método simples de estimar a intensidade do choque que ele recebia. Seus resultados são surpreendentes quando comparado às medidas atuais (TRICKER, 1965, p.7). Ele desenvolveu a concepção de “grau de eletrificação” (atualmente chamada potencial), e se convenceu que, quando dois condutores carregados são conectados por um fio, eles redistribuem cargas para igualar seus potenciais (ELLIOTT, 1988, p.809)

Joseph Priestley (1733-1804) considerado o precursor de Coulomb e, talvez o primeiro a associar que, a atração elétrica obedece às mesmas leis da atração gravitacional, executou experimentos com condutores ociosos carregados e demonstrou que não existe carga em seu interior (TRICKER, 1965, p.3). Em 1750, John Michell descobriu a lei do inverso quadrado da distância para força magnética, com um instrumento denominado balança de torção. Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), partidário da teoria dos dois fluidos e adepto da visão newtoniana (NARDI, 1989, p.57), em 1785, também determinou a força entre esferas carregadas por meio de mesmo instrumento (TRICKER, 1965, p.3). No magnetismo, Coulomb determinou esta lei para as massas dos corpos. Ele adotou a idéia dos dois fluidos para explicar que um ímã, quando quebrado em dois, torna-se dois novos ímãs, cada um com um par de pólos (ELLIOTT, 1988, p.811). Ele associou as forças elétricas e magnéticas ao inverso do quadrado da distância, refutando a existência dos “effluvia” elétricos emanados de corpos eletrizados (NARDI, 1989, p.57).

Existem algumas semelhanças entre estas duas Ciências, a eletrostática e a magnetostática. Ambas são caracterizadas pela teoria dos dois fluidos. Elas obedecem às leis de forças e, são similares a teoria gravitacional. Entretanto, elas são distintas em vários aspectos, que convém ressaltar:

- A força elétrica é geralmente “fraca”, atraindo apenas objetos leves diferentemente da força magnética;
- Na eletrostática os corpos precisam ser atritados e, possui uma ação temporária. A ação magnética é intrínseca ao material e, possui ação permanente;
- Corpos eletrizados interagem com uma ampla gama de corpos, enquanto que, corpos magnéticos interagem apenas com substâncias magnetizáveis;
- A ação elétrica pode ser bloqueada com a interposição de telas metálicas; o magnetismo age com a interposição de papéis, madeiras e mesmo com os corpos imersos em água;
- Cargas elétricas podem ser isoladas. Não existe monopólo magnético;
- Na eletricidade existem corpos condutores e isolantes, não havendo similar no magnetismo;
- No magnetismo podemos orientar corpos numa direção definida, não havendo similar em eletricidade (TRICKER, 1965, p.5; ELLIOTT, 1988, p. 811).

Com o experimento de Oersted realizado em 1820 a eletricidade e o magnetismo são considerados como fenômenos ligados um ao outro. Está é a visão apresentada pelos livros didáticos sem uma discussão mais aprofundada. Contudo, quando Oersted anuncia sua descoberta a comunidade científica do período discute um aspecto inesperado do trabalho de Oersted: a simetria do problema. Como um efeito ao longo do fio pode causar efeito perpendicular ao fio (campo magnético em torno do fio). Além disso, duas correntes teóricas surgem para explicar o fenômeno: Ampère propondo a explicação pela interação entre correntes e Biot e Savart propondo a explicação por meio da interação entre dipolos magnéticos.

É com base neste contexto histórico que vamos desenvolver o nosso curso. Pegamos um momento antes da descoberta de Oersted esboçada de maneira bem geral acima, a descoberta de Oersted e o momento posterior à descoberta.

Referencial Epistemológico

O embasamento teórico deste trabalho está fundamentado na obra epistemológica de Gaston Bachelard (1884-1962), mais especificadamente na noção de dialética. Para ele que foi professor, filósofo e epistemólogo, a ciência possui dois aspectos: um objetivo e o outro subjetivo. O primeiro adaptado às leis do nosso mundo e o último, ao produto das leis do pensamento humano. Neste aspecto, vê-se a relação entre a História e o Ensino de Ciências (BACHELARD, 2000, p.11). Para ele, é justamente o diálogo entre estes dois pólos filosóficos que diferencia a filosofia científica da filosofia tradicional.

Bachelard (2000, p.12) advoga a existência de duas metafísicas contraditórias e polêmicas, mas ao mesmo tempo, complementares visto que, “não há nem realismo nem racionalismo absolutos...”. Para o autor “[...] o realismo e o racionalismo trocam sem fim seus conselhos. Nem um nem o outro isoladamente basta para constituir a prova científica” (BACHELARD, 2000, p.17). Por outras palavras, Bachelard (1996, p. 14) ratifica que “Para confirmar cientificamente a verdade, é preciso confrontá-la com vários pontos de vista”.

As ciências físicas, de uma maneira geral, mudaram de um caráter concreto e macroscópico a um caráter abstrato e microscópico. A Física clássica era uma ciência de observação, empírica e fenomenal. A Física contemporânea caracteriza-se pela complexidade de uma ciência instrumentalizada e nomenal. “Vemos, pois, surgir nas ciências físicas a oposição do descritivo e do normativo” (BACHELARD, 1991, p.83). Bachelard considera analogamente o conhecimento como uma evolução do espírito. Um diálogo sempre referente a um domínio antecedente. Nesta perspectiva, ele considera que “a organização sistemática do domínio de explicação e a continua retificação que a aplicação dos meios de explicação assim coordenados supõe, são os dois momentos do conhecimento verdadeiramente dinâmico, considerado em ato, em seu esforço de conquista e assimilação” (BACHELARD, 2004, p.245). “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, (BACHELARD, 1996, p.18)”. Bachelard (2004, p.268) considera que “no conhecimento concreto, a hipótese é uma pergunta que não está separada de sua resposta. Para captar todo o valor cognitivo da resposta é preciso repetir a pergunta que apresentava um momento importante de nossa pesquisa sobre o real”. Porém, “em qualquer processo educativo, o progresso não consiste tanto da ligação de uma percepção com uma resposta, mas sim na modificação da própria percepção”. (BACHELARD, 2004, p.251)

Este diálogo do pensamento polêmico entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico é passível de erro. O autor advoga que “o erro é uma fase da dialética que precisa ser transposta” (ibid). Para ele, “...toda experiência objetiva correta deve implicar sempre a correção de um erro subjetivo... ...tendo em vista uma reforma subjetiva total” (BACHELARD, 1991, p.11-12). Ele considera que “a boa consciência apresenta-se como dupla consciência. O próprio erro vem desempenhar seu papel de utilidade, pela graça da retificação para um progresso do conhecimento” (BACHELARD, 1977, p. 81).

Metodologia

Este trabalho constitui uma primeira etapa, de um projeto mais amplo, ou seja, uma tese de doutorado que, tem por objetivo central, pesquisar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos sobre o eletromagnetismo clássico. Especificamente como os alunos relacionam eletricidade e magnetismo. Para este fim foi criado um curso de extensão universitária, aos estudantes do curso de licenciatura em Física da Unesp de Bauru. O curso terá um total de 60 horas/aula durante o ano letivo de 2006 com encontros quinzenais e, foi aberto as inscrições àqueles interessados em discutir as questões conceituais relacionadas

a primeira fase do eletromagnetismo, que inicia-se em 1820 e dura cerca de uma década. Foram criadas 15 vagas sendo priorizada a ordem de inscrição.

Os dados apresentados aqui são frutos da coleta de dados referentes ao primeiro encontro, onde foram discutidos a eletricidade e o magnetismo antes do período mencionado acima, que engloba, as primeiras idéias sobre as duas Ciências, todo o século XVIII e as duas primeiras décadas do século XIX.

Após os alunos se apresentarem e, os responsáveis explicarem os objetivos do curso, foi lançada através de um questionário, uma questão perturbadora e desencadeadora das discussões: *Na sua opinião existe relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos? Argumente sua resposta defendendo seu ponto de vista.*

Após todos responderem a esta questão, um dos responsáveis pelo curso, apresentou um seminário, fazendo um panorama geral da História e das principais idéias surgidas no período mencionado acima, salientando algumas semelhanças e diferenças entre as ciências da eletricidade e do magnetismo. Os estudantes foram identificados apenas pelas três primeiras letras iniciais do nome, para tornar a análise impessoal.

A questão pode ser dividida em duas fases ou etapas. A primeira consiste em optar pela resposta afirmativa ou negativa, baseada nas concepções que o aluno possui. Em seguida, o aluno deve argumentar defendendo seu ponto de vista. Esta segunda etapa apresenta duas possibilidades: O aluno pode responder com convicção, de acordo com suas concepções, mesmo estando ele equivocado. Por outro lado, a argumentação pode ir ao encontro de suas idéias, fazendo-o pensar e retificar um erro anterior.

Análise dos Dados

Obtivemos dezesseis questionários, que foram devidamente digitados para facilitar o trabalho de análise e transcrição das idéias.

- **Respostas onde o aluno admite não saber**

CAR responde “*eu não sei*” e admite: “*nunca consegui entender*”. Para ele estes fenômenos são “*forças ocultas*” que segundo ele: “*eu não faço idéia*”.

- **Respostas negativas**

Os dados impressionam pelo fato de que na primeira fase, nenhum aluno optou pela resposta negativa. Portanto, todos afirmam que existe alguma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

- **Respostas afirmativas com convicção na argumentação**

Nesta categoria, vamos analisar os alunos que afirmam a resposta e a argumenta na sua linha de raciocínio.

O estudante **ADR** explica que “*...ambas têm ação a distância, podem surgir forças atrativa ou repulsivas..*” e elas “*..têm suas causas no mundo microscópico...*”. Portanto, ele segue uma linha de raciocínio. Tendo argumentado tanto no concreto como no abstrato.

Para **MAR**, ele argumenta que a matéria é composta de átomos “*(independentes de entendermos exatamente com este o é)*” e, os átomos por partículas subatômicas denominada, por ele, de “*entes*”. A movimentação destes entes confere a capacidade de influenciar um ímã. Para Ampère, o próprio ímã era formado por correntes microscópicas.

A relação entre os fenômenos, segundo **NEL** só existe quando há interação entre eles, no entanto, eles podem se apresentar de forma independente um do outro. Resposta semelhante foi dada por **AND**. O aluno **SAL** diz que sim, pois, ele observa nos geradores e nos aparelhos receptores de energia elétrica. O aluno **VIT** argumenta que eles podem ser transformados uns nos outros, o que prova esta relação.

- **Respostas afirmativas com argumentação conflitante**

O estudante **WAG** mesmo argumentando que exista e exemplificando através de uma corrente influenciando uma bússola, afirma não ter certeza desta relação. **SER** diz: “...*não consigo abstrair como essa relação poderia se dar, tudo fica muito nebuloso...*”. Para **LUC** existe, pois cargas em movimentos geram campos magnéticos, e a própria existência da palavra eletromagnetismo sugere uma relação entre estes fenômenos. No entanto, ele conclui que “...*afirmar essa relação ainda não é possível com o grau de conhecimento que possuo...*” sendo necessário uma “*sustentação teórica*”. Nesta mesma linha de raciocínio, **EDE** diz que “...*é necessária uma complementação dos meus conhecimentos...*”.

DAN declara haver relação entre os fenômenos e que ele entende fenômeno elétrico relacionado às partículas estáticas e o magnético às partículas em movimento. Porém, afirma ficar “*confuso*” sobre o que vem a ser “*dipólo magnético*”.

ALI relaciona fenômenos magnéticos, elétricos e gravitacionais. Para ele as fontes dos fenômenos elétricos, são as cargas. Dos fenômenos magnéticos são “*fluido magnético dos materiais*”. Ele coloca do lado do realismo os experimentos de Faraday e do lado do racionalismo as interpretações de Maxwell, que segundo ele, solidificam a “*indistinção*” entre os fenômenos. E conclui dizendo que a evidência “*historico-experimental*” (realismo) e a “*teórica*” (racionalismo) demonstram que há relação entre os fenômenos. Portanto, ele entra em contradição consigo mesmo.

MÁR admite que apesar de ser difícil classificar, ele alega que sim. Em relação ao experimento de Oersted, onde uma corrente elétrica provoca deflexão na agulha da bússola, ele não compreende a “*unilateralidade da relação*”, ou seja, o fato da corrente agir sobre a bússola e não haver reação da bússola sobre o fio. Ele conclui que “*minha opinião não foi formada por mim, mas foi inserida na minha mente*”.

O estudante **AUG** tem uma atitude interessante. Em sua resposta, nota-se um pensamento polêmico, onde ele busca retificar seus erros anteriores. Primeiramente ele tenta definir sua maneira de encarar o problema. Ele pensa a nível macroscópico em relação aos fenômenos elétricos (atritando uma caneta ao cabelo) e, fenômenos magnéticos (imantando uma agulha). Diz que, pensando assim, “*ficamos na mesma*”. Então, ele tenta definir fenômenos magnéticos às linhas de campo fechadas e campos elétricos com um início e um fim. Ele então se pergunta: “*O que são campos?*” e responde perguntando: “*distorção do éter?*” *Propagação de uma memória do espaço que indica a existência de partícula?*” Novamente ele abandona a idéia pensando de maneira mais simples relacionando, fenômenos elétricos à carga e magnéticos ao imã. Para ele, se cargas elétricas estão paradas, não interagem com o imã. Apenas se houver movimento. E conclui “*Então há relação*”. Depois ele pensa em ambas se movendo em um mesmo referencial e diz que aí também não há relação, pois uma estaria parada em relação a outra. Por fim, ele admite que embora exista, ele não é capaz de compreender como se dá esta relação.

Considerações Finais

A oposição entre idéias contraditórias, fundamentada na epistemologia bachelardiana, subsidiou este trabalho de investigação. A História da Ciência mostra que, os embates entre os conceitos elétricos e magnéticos, com suas semelhanças e diferenças, instigaram os cientistas em busca de respostas aos fenômenos naturais.

A eletricidade e o magnetismo do século XVIII e o eletromagnetismo do século XIX possuem um caráter dialético. A primeira é realista, com características empíricas, a outra, é mais racionalista baseada no pensamento do não observável.

A História e o Ensino de Ciências mantêm um diálogo entre si. A primeira, pode subsidiar a última. Por outro lado, os erros e as idéias dos alunos, se assemelham àqueles que ocorreram no transcorrer da História.

Pelos motivos apontados acima, uma boa estratégia de ensino deve contrapor os diferentes pontos de vista, respeitando cada um. Assim como na Ciência, nos aproximamos cada vez mais de um conhecimento com base em um conhecimento anterior, sem no entanto, jamais conhecê-lo por completo, no Ensino, conhecemos cada vez mais pensando o que já havia sido pensado antes. Tendo em vista que este trabalho está em seu início críticas e sugestões serão bem vindas

Referências Bibliográficas

- BACHELARD, Gaston. **O novo espírito científico**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000, 151p.
- _____. **A Filosofia do Não: Filosofia do novo espírito científico**. 5^a ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991, 135p.
- _____. **A Formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. 3^a reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316p.
- _____. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado**. 1^a ed., Rio de Janeiro: Contraponto, 2004, 318p.
- _____. **O Racionalismo Aplicado**. s/ ed., Rio de Janeiro: Zahar, 1977, 244p.
- ELLIOTT, R. S. The History of Electromagnetics as Hertz Would Have Know It, **IEEE Transactions on microwave theory and techniques**, v.36, n.5, pp.806-823, May 1988.
- NARDI, R. **Um Estudo Psicogenético das Idéias que Evoluem para a Noção de Campo**. 1989. 292f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- TRICKER, R. A. R. **Early Electrodynamics – the first law of circulation**, Pergamon Press, Great Britain: 1965.
- WOLF, A. **A History of Science, Technology and Philosophy in the 18th Century**, v.2, pp. 213-273, England: Thoemmes Press, 1999.