

# OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS DOS ESTUDANTES DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA AO CLÁSSICO EXPERIMENTO DE OERSTED

## THE EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES OF THE STUDENTS IN THE UNDERGRADUATE COURSE IN PHYSICAL TO THE OERSTED'S CLASSIC EXPERIMENT

Moacir Pereira de Souza Filho<sup>1</sup>  
João José Caluzi<sup>2</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, caluzi@fc.unesp.br

### Resumo

O objetivo central deste trabalho é identificar, descrever e analisar os obstáculos ao conhecimento científico. A recorrência a história da ciência e a realização do clássico experimento de Oersted em um curso de licenciatura em Física possibilitaram, através de questionários, explicitar as idéias dos estudantes. Destacam-se alguns erros ou problemas conceituais encontrados. O trabalho de análise está fundamentado na epistemologia de Bachelard, mais especificamente na noção de obstáculos epistemológicos.

**Palavras-chave:** Obstáculos epistemológicos, Gaston Bachelard, experimento de Oersted e eletromagnetismo clássico.

### Abstract

The central purpose in this work is to identify, to describe and to analyze the obstacles to the scientific knowledge. The history of science and the classic Oersted's experiments in the undergraduate course in Physical permitted through the questionnaires, to explore the student's ideas. They're showed some mistakes or conceptual problems. The work of the analyses is jointed in the Bachelard's epistemology, or better, in the epistemological obstacles notion.

**Keywords:** Epistemological obstacles, Gaston Bachelard, Oersted's experiments, classic electromagnetism.

## INTRODUÇÃO

O eletromagnetismo como é conhecido hoje teve seu início na descoberta, em 1820, de Hans Christian Oersted (1777-1851) que corrente elétrica gera campo magnético (MARTINS, 1986). Entre nós existe a crença que esta descoberta foi obra do acaso. Uma leitura, mesmo que superficial, dos artigos de Oersted e sobre seu trabalho revela-nos fatos interessantes:

A descoberta que corrente elétrica gera campo magnético não foi acidental;

Oersted estava inserido na corrente filosófica da *Naturphilosophie*. Esta corrente via o universo como um todo interagente, portanto nada mais natural que buscar uma origem comum para a luz, calor, eletricidade e talvez o magnetismo;

A unificação destas, digamos, manifestações da natureza não era tão descabida, pois existiam alguns estudos e alguns relatos neste sentido, e.g., o trabalho de Benjamin Franklin e relatos de que objetos metálicos atingidos por raios apresentavam propriedades magnéticas;

O trabalho de Oersted teve uma divulgação rápida e de grande repercussão no meio científico. Vários cientistas iniciaram seus estudos nesta área de imediato e com isto houve um aprimoramento rápido dos resultados de Oersted. Talvez seja uma das causas de subestimarmos o trabalho do cientista dinamarquês.

A unificação da eletricidade com o magnetismo era um fato mais ou menos esperado pela comunidade científica da época e quando esta unificação ocorreu um grupo de cientistas tiveram dificuldades em aceitá-la. Este fato deveu-se à simetria apresentada pelo problema. O campo magnético ao redor do fio portador da corrente. Houve várias tentativas para buscar uma outra solução. Há, por exemplo, a tentativa de Jakob Berzelius (1779 – 1848) que propôs a seguinte explicação: a corrente ao passar pelo condutor criaria quatro pólos magnéticos e o campo gerado por estes pólos apresentariam o aspecto de uma flor de quatro pétalas. Este modelo explicaria somente em parte a simetria apresentada pelo campo magnético de um fio percorrido por uma corrente elétrica. Para mais detalhes ver, (MARTINS, 1986).

A maior repercussão da descoberta deu-se na França e sua divulgação teve início com a publicação do trabalho de Oersted nos *Annales de Chimie et Physique* e da comunicação, 04/09/1820, da descoberta à Academia de Ciências de Paris por François Jean Arago (1786 – 1853). Neste período, final do século XVIII e início do XIX, a Física na França estava sofrendo grandes alterações devido a influência de Pierre Simon, de Laplace (1749-1827) e Claude Louis Berthollet (1748-1822). O projeto dos físicos laplacianos (Poisson, Biot, Malus, Gay-Lussac, entre outros) era levar a matematização existente na dinâmica, estática, hidrostática, hidrodinâmica e mecânica celeste à física dita experimental em que tínhamos um tratamento qualitativo dos fenômenos envolvidos como, por exemplo, o estudo do calor, eletricidade, magnetismo e da luz.

Os eventos que prenunciaram o início da matematização e quantificação das ciências físicas foram os estudos de Laplace e Lavoisier sobre o calor que foram publicados em uma memória intitulada *Mémoire sur la chaleur* e os trabalhos de Coulomb sobre eletricidade e magnetismo. Escrever sobre a física laplaciana seria estender-se por demais para uma breve introdução. Por isso para os interessados indicamos algumas referências para os que quiserem mais informações. Para uma visão geral da física laplaciana como um todo, ler (FOX, 1975). Para um exemplo de matematização da óptica temos o trabalho de Etienne Louis Malus sobre a dupla refração (MALUS, 1811) e para uma visão mais abrangente que conduziu Malus a este trabalho ler (FRANKEL, 1974). Biot foi o discípulo mais próximo de Laplace e um representante característico dos laplacianos. Sobre ele ler (FRANKEL, 1977).

O trabalho de Oersted teve grande repercussão entre os físicos laplacianos e anti-laplacianos – possivelmente Ampère era anti-laplaciano. A este respeito ler (CANEVA, 1980) – se dedicaram ao assunto. Para ter-se idéia deste fato faremos uma pequena cronologia dos acontecimentos:

04/1820	Oersted faz sua descoberta.
19/08/1820	Arago assiste a uma repetição do experimento de Oersted realizado por Auguste la Rive, em Genebra.
04/09/1820	Arago comunica à Academia de Ciências de Paris a descoberta de Oersted.
18/09/1820	Ampère apresenta uma memória em que descreve um aparelho que mede corrente elétrica a partir de efeitos eletromagnéticos.
25/09/1820	Ampère apresenta um trabalho sobre a interação entre duas correntes.
25/09/1820	Arago descreve seus experimentos em que um fio atua como imã sobre as limalhas de ferro.
16/10/1820	Arago mostra que podemos imantar agulhas a partir de solenóides
31/10/1820	Biot e Savart comunicam que mediram a intensidade de um campo magnético de uma corrente

Entre a comunicação de Arago em 19/08/1820 e o trabalho de Biot e Savart transcorreram aproximadamente quarenta e cinco dias. Em um tempo curto as idéias evoluíram de um resultado qualitativo para um resultado quantitativo.

Elegemos este episódio na História da Física para trabalharmos a importância dos erros e diferentes interpretações de um dado experimental no Ensino de Física. Este trabalho é a primeira exploração de uma tese de doutorado. Elegemos como referencial teórico Bachelard. Neste trabalho apresentaremos um breve resumo do referencial teórico e a análise de um grupo restrito de alunos em que testamos a metodologia a ser desenvolvida.

O embasamento teórico desta pesquisa está fundamentado no pensamento filosófico da obra epistemológica de Gaston Bachelard (1884-1962), principalmente na concepção de obstáculos epistemológicos, noção que “pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação” (BACHELARD 1996, p.21). Lopes (1996, p.252) argumenta que é inegável a importância da obra de Bachelard aos professores e pesquisadores em Ensino de Ciências. “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 considera o ato de errar intrínseco ao conhecimento. Para o autor, “o homem que tivesse a impressão de nunca se enganar estaria enganado para sempre”. (BACHELARD, 1996, p.295). Neste sentido, “é no próprio ato de conhecer” que aparecem os obstáculos ao pensamento científico. O conhecimento vulgar da vida cotidiana na interpretação do objeto de estudo, caracteriza-se como obstáculo epistemológico, que precisa ser retificado para a formação do pensamento científico do estudante (DELIZOICOV, 2001). Para Carvalho *et al.* (1998, p.32), “o erro de um aluno quase sempre expressa seu pensamento, que tem pôr base um sistema de referência, para ele bastante coerente”, portanto, “devemos trabalhar com o erro, transformando-o em uma situação de aprendizagem”. “Um erro corrigido é freqüentemente mais instrutivo que um sucesso imediato” (KAMII E DEVRIES, 1986; apud CARVALHO *et al.* 1988, p.33).

O conhecimento de senso comum é um entrave ao desenvolvimento cognitivo. Portanto para Bachelard (1996, p.18), “Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la”. Ele argumenta que “a experiência nova diz ‘não’ a experiência antiga” (BACHELARD, 1991, p.13).

O autor propõe “uma reorganização total do sistema de saber” (BACHELARD, 1996, p.20). Para ele, “as verdades só adquirem sentido ao fim de uma polêmica, após a retificação dos erros primeiros”. Por outras palavras, “o que sabemos é fruto da desilusão com aquilo que julgávamos saber; o que somos é fruto da desilusão com o que julgávamos ser”. (LOPES, 1996, p.254).

O autor critica os professores de ciências que não compreendem “que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão”. (BACHELARD, 1996, p.23). O erro do aluno deve ser visto como função positiva na gênese do saber. “ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual”. (Ibid., p.17).

De acordo com Carvalho et al. (1998, p.33), existem dois sistemas cognitivos: o *Fazer* e o *Compreender*. No primeiro, quando a solução ao problema proposto é inadequada, o aluno busca retificá-los com procedimentos e estratégias que levem a uma situação nova. No compreender, o aluno necessita da ajuda do professor para preencher a lacuna deixada pela falha na hipótese, transformando em situações privilegiadas de novas aprendizagens.

Segundo Santos (1998, p.153) “ao longo da história da ciência, o reconhecimento de um erro anterior é determinado pelo reconhecimento de uma nova verdade”. Bachelard (1996, p.22) argumenta que “nas ciências experimentais é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar”. Para ele “toda experiência objetiva correta deve implicar sempre a correção de um erro subjetivo”. (BACHELARD, 1991, p.12). Santos (1998, p.155) defende que a história das ciências constitui uma fonte de ensinamentos pedagógicos. A pedagogia da recorrência histórica bachelardiana estimula o aluno a analisar e a julgar os conceitos, a distinguir o erro da verdade.

Encontramos em Bachelard “uma explicação detalhada de diferentes maneiras de se conceituar a realidade em termos científicos. [...] essas idéias podem nos ajudar a desenvolver um modelo de ensino, baseado na explicitação das idéias dos estudantes que tente resolver algumas inconsistências levantadas em relação aos outros modelos e estratégias” (MORTIMER, 2000, p.72).

Existe para Bachelard três tempos críticos: No primeiro tempo o sujeito opera uma construção do objeto sensível. Em seguida temos a fase de desestruturação, denominado tempo da *psicanálise* onde conhecimento trava um combate consigo próprio e implica que o sujeito chame à consciência elementos de um inconsciente alheio ao espírito e, finalmente, a *psicosíntese* que consiste na reestruturação ou reorganização consciente do saber, que implica um diálogo entre o obstáculo e sua negação (SANTOS, 1998).

O tempo da psicanálise possui algumas estratégias metodológicas de desestruturação que são denominadas tempos lógicos. A *conscientização* que consiste em possibilitar que o aluno explicita seus erros e suas certezas para que clarifique suas idéias. A *desequilíbrio* cujo propósito é fazer com que o aluno avalie e afaste-se de suas primeiras idéias. E finalmente, a *familiarização* que é uma aproximação do estudante com o conhecimento científico. (Ibid.).

## MATERIAIS E MÉTODOS

- **A amostra**

A pesquisa foi realizada com 26 discentes do segundo ano do curso de licenciatura em Física, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru. A característica desta amostra de estudantes é que eles não tiveram as disciplinas relacionadas ao conteúdo da eletricidade e do magnetismo. O objetivo central deste trabalho é identificar os principais obstáculos epistemológicos ao conhecimento científico através das explicações causais dos estudantes. Eles somente terão o ensino formal destes conceitos nas disciplinas: Física IV/laboratório de Física IV e

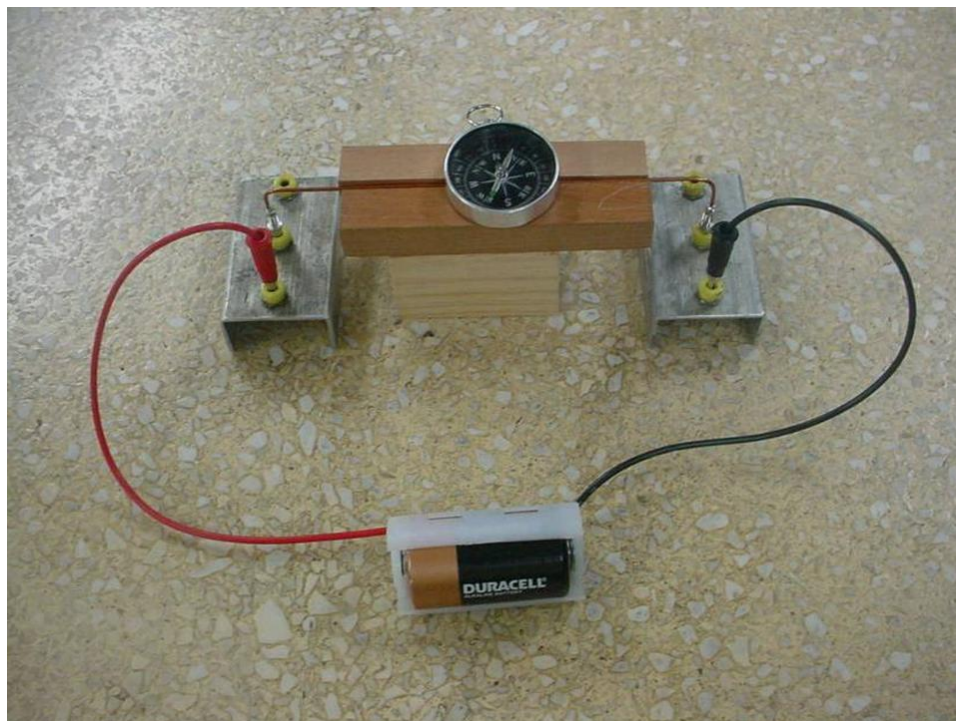
Eletromagnetismo/laboratório de Eletromagnetismo, nos semestres subseqüentes ao curso, onde daremos prosseguimento ao trabalho da tese de doutorado. Identificamos os elementos investigados pelas siglas (A01 à A26) pôr uma questão de ética e, para tornar a análise impessoal.

Os conhecimentos prévios destes alunos sobre fenômenos eletromagnéticos provêm do Ensino Médio. Neste sentido, trata-se de uma amostra heterogênea, tanto em relação à bagagem conceitual que trazem relativo ao tema, quanto à dificuldade peculiar de cada indivíduo relacionada ao aprendizado deste tópico da Física.

O trabalho de investigação proposto justamente independe de pré-requisito uma vez que o foco da análise se centrará nas concepções alternativas do pensamento, no erro pedagógico e/ ou nos obstáculos epistemológicos ao conhecimento científico, ao se criarem um modelo explicativo para o experimento observado em sala de aula.

- **Metodologia**

O artifício potencialmente perturbador e desencadeador utilizado na análise do processo cognitivo foi a experimentação. Foi realizado em sala de aula o clássico experimento de Oersted: Ao se conectar as extremidades de um fio aos pólos de uma pilha ou bateria, a corrente elétrica estabelecida é capaz de defletir a agulha de uma bússola colocada nas proximidades do elemento condutor. A figura abaixo ilustra o experimento realizado em sala de aula.



**Figura 1: Experimento utilizado em sala de aula**

A atividade foi dividida em dois momentos. Primeiramente, a agulha da bússola foi colocada paralelamente e abaixo do fio condutor. Nesta situação a agulha sofre um deslocamento e se estabiliza perpendicularmente ao fio. Demonstramos as variações possíveis para esta situação, invertendo a polaridade da pilha e posicionando a bússola acima do elemento condutor. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que respondessem a seguinte questão: *Você tem algum modelo*

*explicativo para o experimento de Oersted que acabamos de realizar? Por favor, detalhe a explicação.*

Posteriormente se posicionou a agulha perpendicular a fio. Neste caso, ao se fechar o circuito, a agulha permanece estável, ou se desloca de 180° em relação a sua posição inicial, dependendo do sentido do campo magnético. Após a observação dos alunos o professor indagou: *A bússola foi colocada em uma nova posição. Observamos que ela permaneceu parada. Isto entra em conflito com sua explicação anterior? Por favor, detalhe seus argumentos.*

Os alunos foram instigados pelo professor a expressarem suas idéias e a buscarem um modelo explicativo para os fenômenos observados. Em seguida, os estudantes redigiram e expuseram, através dos questionários, suas idéias.

Ambos questionários relativos a cada aluno foram identificados através das siglas descritas no item “amostra”, ou seja, (A01 a A26). Desta forma, tínhamos transcritos a seqüência dos modelos explicativos para as duas situações. Os questionários foram fielmente digitados para facilitar o trabalho de análise.

As categorias de análises escolhidas estão relacionadas a alguns obstáculos epistemológicos sugeridos por Bachelard: *A experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo substancialista, o obstáculo verbal e o obstáculo animista.* Através de uma caneta marca-texto, fomos assinalando os trechos mais relevantes onde encontrávamos falhas conceituais e separando-as de acordo com as cinco categorias estabelecidas. Na seqüência, descrevemos brevemente estas categorias:

- *A Experiência Primeira* - A observação primeira, pitoresca, sedutora e fácil, colocada antes e acima da crítica, representa um obstáculo para o conhecimento científico. Para Bachelard (1996, p.37), “É tão agradável para preguiça intelectual limitar-se ao empirismo,...”. No entanto, ele não é contra o empirismo, mas a favor de uma atitude polêmica entre razão e experiência que mobiliza o pensamento.
- *O Conhecimento Geral* – Constitui-se na generalidade à primeira vista, caracterizado por um conhecimento vago que ofusca o pensamento.
- *Obstáculo substancialista* - O obstáculo substancialista caracteriza-se pôr atribuir a um fenômeno a qualidade de uma determinada substância. Entende-se este obstáculo como um erro inicial ao aprendizado, na medida em que se considera 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” (BACHELARD, 1996, p.121).
- *Obstáculo verbal* - O obstáculo verbal caracteriza-se pôr uma “falsa explicação obtida à custa de uma palavra explicativa” (BACHELARD, 1996, p.27).
- *O 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 objectos inanimados” (SANTOS, 1998, p.143).

## **RESULTADOS E ANÁLISES**

Este simples experimento, além de ter representado na História de Ciência uma enorme contribuição para o desenvolvimento do eletromagnetismo, oculta problemas conceituais profundos. Pôde-se constatar nas explicações dos sujeitos da pesquisa esta dificuldade conceitual. Serão apresentados os trechos mais relevantes da “fala” dos licenciandos.

- **A Experiência Primeira**

Para Santos (1998, p.40) “...quanto mais vivas e pitorescas são as experiências, maior interesse despertam e mais desviam atenção de aspectos não observáveis.” Neste sentido, é interessante notar que se não há efeito visível, pode-se inferir equivocadamente a nível microscópico do material. Pôr exemplo, “*se não ocorre corrente elétrica no fio, então o campo magnético da bússola não tem alterações, ou seja, o sentido da bússola não altera-se [sic] apenas pela existência do fio*” (A05). Este trecho demonstra, que como não havia um medidor de corrente elétrica, o aluno ao não observar o movimento do ponteiro da bússola, inferiu que através do fio não houve fluxo de corrente. A ciência instrumentada transcende a ciência de observação e coloca o instrumento como um além do órgão (BACHELARD, 1991, p. 13).

A segunda questão apresenta duas situações possíveis. A agulha da bússola pode permanecer parada, ou, pode se deslocar num ângulo de 180° dependendo do sentido da corrente elétrica e, conseqüentemente do campo magnético. Um aluno ao observar o movimento da agulha para o último caso, interpreta-o da seguinte maneira: “*desprezando os movimentos aleatórios da bússola, pois teria sido influenciado por ‘movimentos’ externos do experimento*” (A16). A tese bachelardiana é de que o aluno substitui as idéias pelas imagens. (BACHELARD, 1996, p. 36).

Para Santos (1998, p.146) os “dados” resultam de uma reflexão, ou seja, de um grande afastamento da percepção sensível. “O espírito científico deve formar-se contra a natureza” (BACHELARD, 1996, p.29).

Na relação dialógica entre a ciência e a filosofia, “o empirismo precisa de ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado” (BACHELARD, 1991, p.9). Para o autor “pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática”. (Ibid. p.10). Na transposição didática de um conceito científico em sala de aula “é necessário que o professor passe continuamente da mesa de experiência para lousa” (BACHELARD, 1996, p. 50).

- **O Conhecimento Geral**

Alguns alunos (A09), (A11), (A18), (A21) indicam o sentido do campo utilizando a regra da mão direita, mas isso não explica o sentido do campo. Esta regra é apenas um recurso mnemônico, fruto talvez, de um “adestramento” dos cursinhos pré-vestibulares. Pôr exemplo, “*A meu ver, acho que esses fenômenos têm a ver com a regra da mão direita*” (A11). De acordo com os livros-textos, utilizando a mão direita e estendendo o polegar no sentido da corrente elétrica, os outros dedos indicam o sentido do campo pôr convenção. O aluno (A24) diz: “*o campo magnético ‘entra’ na folha*”. De acordo com Martins (1988, p.50), “a regra da mão direita é um recurso mnemônico que, é claro, não explica nada”, ou seja, “como é que uma corrente elétrica, que tem direção paralela ao fio, pode criar algo que gira em certo sentido em torno dele?”.

Segundo Bachelard (1996, p.69), “Há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil”. Não há reflexão e questionamentos dos alunos em relação aos fenômenos observados.

- **Obstáculo substancialista.**

Na eletricidade estática, a atração elétrica entre corpos foi atribuída no passado a substâncias tenazes, como a cola, pôr exemplo. Neste trecho, vemos que o aluno atribui propriedades

magnéticas ao movimento dos elétrons: “*Quando a corrente passa, ela atrai o ponteiro da bússola*” (A08). Segundo Martins (1986, p. 96), existiam duas idéias plausíveis e que não eram absurdas para época: “ou que o fio, percorrido pôr uma corrente se tornasse algo semelhante a uma agulha magnetizada”...; ou... “o fio se tornasse um pólo magnético”.

Para explicar o fato do ponteiro da bússola não sofrer interferência magnética o aluno argumenta para o segundo caso: “*O que pode ocorrer para ela ficar parada seja o fato das cargas se anularem, ou seja, o número de elétrons igual ao de prótons*”. Neste caso, segundo o estudante, as cargas elétricas ao se anularem, não exerceriam efeito sobre o ponteiro da bússola. Recorrendo a História vemos que “os físicos se dividiam entre adeptos da concepção do fluido elétrico único e da concepção dos dois fluidos elétricos. Oersted acreditava na existência de dois fluidos, e isso o levava a supor que a corrente galvânica transportaria, em sentidos opostos, no mesmo fio, cargas elétricas positivas e negativas” (MARTINS, 1986, p. 95).

O estudante (A20) explica: “*a bússola aponta no sentido do giro dos elétrons (do campo, não sei se são exatamente os elétrons que “giram”)*”. Para o estudante é necessário que haja uma substância ou uma partícula girando ao redor do fio.

- **Obstáculo verbal**

As palavras ‘campo’ e ‘força’ contém idéias abstratas com um caráter auto-explicativo que obstaculariza o espírito.

O estudante identificado pela sigla (A01) se refere ao “campo elétrico agindo sobre a bússola”. O aluno (A07) explica: “a bússola quando aproximada do fio sofre uma interferência do campo elétrico do fio”. O campo elétrico é estabelecido pela diferença de potencial nas extremidades do fio, responsável pela passagem da corrente elétrica. Portanto, o campo elétrico não é o responsável direto pelo deslocamento da agulha da bússola.

Alguns alunos pôr estarem tratando de fenômenos eletromagnéticos, não diferenciam campo elétrico de campo magnético e, denomina o conflito de ‘*campo eletromagnético*’. Os estudantes (A03), (A06), (A12), (A20), (A21) e (A22) atribuem ao campo eletromagnético o deslocamento da agulha magnética. O estudante (A10) se refere a “*força eletromagnética da terra*” responsável pelo alinhamento do ponteiro da bússola.

Para Santos (1998, p.141), “em situações pedagógicas há palavras que, dizendo respeito a uma linguagem aprendida em contextos não científicos e com conotações divergentes ou com uma significação simbólica para o sujeito, constituem barreira ao ensino formal das ciências”.

O estudante (A08) explica que o que interfere no deslocamento da agulha é a “*corrente cíclica*”. E admite que o segundo experimento, entrou em conflito com a sua explicação, pois ele tinha considerado apenas a corrente como variável que interfere no fenômeno, desconsiderando o campo magnético da terra.

“O obstáculo verbal está relacionado com o uso desajustado de imagens, analogias e metáforas, quando, na prática pedagógica, tendem a reforçar e/ou a fazer regredir concepções alternativas radicadas no imaginário” (SANTOS, 1998, p.141).

- **O obstáculo animista**

É obvio que alunos não atribuem vida aos fenômenos, mas utilizam palavras impróprias ao vocabulário usual, na tentativa de expressar seu pensamento em relação a sua explicação. Pôr exemplo, “*Criando um campo magnético que de certa forma ‘confunde’ a agulha da bússola,*

*alterando sua 'visão' de pólo sul e norte" (A17), ou para um outro estudante, "... no sentido que a corrente 'caminha'" (A20). As palavras destacadas embora não tenham para o aluno um significado denotativo, bloqueiam o pensamento. Para Bachelard (1996, p.101) "o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino das imagens".*

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão das propriedades de simetria da teoria eletromagnética, oculta problemas conceituais profundos, que é impossível compreendê-los através da descrição usual de livros-textos. Este trabalho pôde detectar as dificuldades encontradas pelos alunos ao descreverem aspectos conceituais. Aos interessados em maiores detalhes sobre a aparente quebra de simetria do fenômeno, recomendamos consultar Martins (1988).

De acordo com Santos (1998, p. 233), "os erros históricos da ciência (devidamente reencenados) poderão contribuir,...para antecipar e compreender concepções alternativas do alunos". Assim, a recorrência a história da ciência e a realização de um experimento crucial para o surgimento e desenvolvimento do eletromagnetismo clássico possibilitaram uma estratégia didática relevante no estudo dos processos cognitivos.

A identificação de alguns obstáculos epistemológicos demonstra idéias de senso comum fortemente arraigadas provenientes de um ensino tradicional, que se caracteriza pela transmissão sequencial de conteúdos.

Um ensino dialógico que se preza por valorizar o pensamento científico dos estudantes deve utilizar artifícios que os permitam, explicitar e tomar consciência de seus erros. As reflexões sobre as falhas conceituais permitem aos alunos a retificação do sistema de saber durante o processo de ensino, que possibilitará com o auxílio do professor, o entendimento do conteúdo ministrado.

É relevante salientar que todo tipo de análise é relativo e, portanto não absoluto. Diante disso, utilizamos um referencial teórico e uma metodologia de análise própria. Pretendeu-se neste trabalho, não esgotar o assunto, mesmo porque isto seria impossível, mas apenas e tão somente, levantar questões para serem debatidas e direcionadas visando uma melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

### REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. **Epistemologia**. Barcelona: Editorial Anagrama, 1973, 254p.

\_\_\_\_\_. **A Filosofia do Não: Filosofia do novo espírito científico**. 5<sup>a</sup> ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991, 135p.

\_\_\_\_\_. **A Formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. 3<sup>a</sup> reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316p.

CANEVA, K. L. Ampère, the etherians, and the Oersted connexion. **British Journal for the History of Science** vol. 32, p. 121- 138, 1980.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico**. 1<sup>a</sup> ed., 1<sup>a</sup> reimpressão, 199p. Scipione: 1998.

- DELIZOICOV D. **Problema e problematizações**. P.125-150 IN: Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Maurício Pietrocola, organizador – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001, 236p.
- FOX, R. The rise and fall of laplacian physics. **Historical Studies in the physical Sciences**, vol. 04 p. 89 – 139 , 1975
- FRANKEL, E. The search for a corpuscular theory of double refraction: Malus, Laplace an the prize competition of 1808. **Centaurus**, vol. 18, p. 222 – 245, 1974
- \_\_\_\_\_. J. B. Biot amd the mathematization of experimental physics in napoleonic France. . **Historical Studies in the physical Sciences**, vol. 08 p. 33 – 72 , 1977.
- LOPES, A. R. C. Bachelard: O filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3: p.248-273, dez/1996.
- MALUS, E. L. Théorie de la doublé réfraction. **Mémoires de l’Institut des Sciences** vol. 02 p. 303 – 508, 1811.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.5, pp. 49-57, 1988.
- \_\_\_\_\_. Orsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v.10, pp. 89-114, 1986.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências**. 383p. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.
- SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz dos. **Mudança Conceptual na Sala de Aula: Um desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado**. 2<sup>a</sup> ed., Lisboa: Livros Horizonte, 1998, 238p.