

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE CAMPO ELETROMAGNÉTICO NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR

Maxwell Roger da P. Siqueira [e-mail: maxwell_siqueira@hotmail.com]

Maurício Pietrocola P. de Oliveira [e-mail: mpietro@usp.br]

^a Universidade de São Paulo - Instituto de Física / Faculdade de Educação

^b Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação

RESUMO

Este trabalho discute alguns aspectos sobre ensino-aprendizagem do conceito de campo eletromagnético na formação de professores nos cursos de licenciatura, podendo ser estendido para cursos de formação continuada. Além disso, vem mostrando alguns recursos didáticos a respeito do eletromagnetismo que já foram usados por professores em sala de aula e ajudaram a contornar as dificuldades encontradas tanto nos cursos de física básica quanto nos de ensino médio e assim, resultaram em uma melhoria do aprendizado desse conceito.

São propostas algumas questões que podem ajudar a detectar concepções alternativas dos alunos, bem como desenvolver melhor esse conceito, sem deixar para trás as possíveis deficiências que se apresentam em alguns cursos e livros textos de física III (eletromagnetismo).

1 - INTRODUÇÃO

Os fenômenos eletromagnéticos estão, cada dia mais, fazendo parte do cotidiano das pessoas, seja através da captação de sinais por aparelhos de TV e rádio, seja pela utilização de computadores, microondas e celulares ou até mesmo num simples acionamento de uma campainha sem fio das residências. A verdade é que para onde olharmos existirá um equipamento que utiliza ondas eletromagnéticas para funcionar; estamos cercados por este ente físico que intriga muitos alunos e professores. Diversos equipamentos que utilizam eletricidade, sejam eles de uso doméstico ou não, fazem parte do fantástico mundo das ondas eletromagnéticas. Assim, ao se compreender o conceito de campo eletromagnético, as pessoas, estariam entendendo melhor os equipamentos que fazem parte do seu dia a dia.

O conceito de campo desempenha um papel central na física moderna e, o estudo e entendimento dele, desencadearam um desenvolvimento científico e tecnológico muito grande. Mas apesar de estar presente em muitos equipamentos do cotidiano das pessoas, a sua compreensão ainda não atingiu um alto grau de abrangência.

Por esses motivos, deveria ter uma preocupação muito grande em discutir o ensino-aprendizagem do conceito de campo (em especial o campo eletromagnético) na escola média. Os alunos que saem do ensino médio poderão servir de multiplicadores desse conhecimento, seja em casa ou na rua com seus colegas e quem sabe se tornarão, futuramente, cientistas e professores. Já

os alunos da licenciatura, futuramente, serão os professores que ensinarão esse e outros conceitos para os jovens. Assim sua formação deveria ser a melhor e mais completa possível.

Além disso, ao compreender melhor o conceito de campo eletromagnético, o jovem poderá iniciar uma nova aventura sobre o mundo ao seu redor, ou seja, ele poderá ter uma nova visão de mundo, permitindo-lhe acessar o mundo dos campos e assim, poderá: avaliar e compreender melhor os riscos que os equipamentos podem trazer; melhorar a utilização destes, entendendo as restrições trazidas neles entre outras coisas.

Mas para que isso aconteça, deveremos pensar numa melhoria na maneira de ensino desse conceito e na forma como os professores são formados nos cursos de licenciaturas, para que possam estar aptos a ensinar utilizando os recursos disponíveis para tal (história da ciência, laboratórios, resolução de problemas e outros trazidos pelas pesquisas em ensino). Desta forma, poderemos ter uma inserção dos jovens em uma discussão mais ampla, como o desenvolvimento científico e tecnológico.

Desta forma, faço dois questionamentos no aspecto da formação tanto do professor, que prepara os cursos e escolhe os livros quanto do aluno, que aceita tudo muito passivamente:

1° - A formação que os alunos recebem nos cursos de licenciatura em física nas universidades públicas ou particulares, é suficiente para que ele seja, futuramente, professor? Ou seja, as disciplinas da licenciatura fornecem subsídios suficientes para que ele possa ensinar conceito de campo?

2° - Os livros, utilizados como referência (livro texto), descrevem bem a teoria que está sendo estudada ou estão preocupados apenas com a operacionalização da física?

A primeira questão incomoda porque esses serão os futuros professores de jovens no ensino médio, tornando-se assim um aspecto importantíssimo para que o processo de ensino-aprendizagem não caia no círculo vicioso da formação deficiente do professor e do aluno.

E, no caso dos livros, poucos são os que trazem discussões de resultados dos problemas e uma análise fenomenológica. Em sua grande maioria, eles estão preocupados somente com as fórmulas e o conceito acaba por se perder, deixando para que o aluno interprete de sua forma. Não se vê uma estrutura bem formada nesses livros e, em alguns casos, o conceito pode ser facilmente distorcido pelo aluno.

2 – ASPECTOS HISTÓRICOS

O surgimento do conceito de campo foi consequência de uma evolução de idéias que teve início na Idade Média, na qual começaram a ser feitas as primeiras investigações sobre a atração dos corpos pelo âmbar e a magnetita. Na Idade Média, aparece a idéia de ação à distância com o árabe Al Khazini e, Roger Bacon lança a idéia que a transmissão da força seria feita como um

processo de reação em cadeia de contatos contíguos. Mais tarde, Gilbert explica a força de atração elétrica como uma espécie de fluido exalado pelo corpo, que vai preenchendo todo meio a sua volta e que causaria essa atração. Esse fluido foi denominado por ele de effluvium e, com essa teoria ele também explicava a atração dos corpos pela Terra através do effluvium universal, o ar. Aparecia assim, uma nova maneira de pensar sobre a atração: o corpo que atraía o outro preenchia o espaço ao seu redor com esse fluido¹.

Mais tarde, vários outros cientistas contribuíram para que esse conceito fosse desenvolvido, tais como: Newton que formulou a lei da gravitação para explicar a atração de corpos que possuem massa; Coulomb com a lei da força elétrica, “a força entre os corpos carregados eletricamente é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância” (comprovada através de sua famosa experiência com a balança de torção), que era uma interpretação elétrica para a lei da gravitação; Oersted com sua experiência que mostrava o efeito da corrente elétrica sobre uma agulha magnética e Ampère que apresentou pela primeira vez um eletroímã e mostrou a formulação de sua lei que se dá pela criação de uma região de interação devido a uma corrente elétrica. Mais tarde, essa lei seria descrita como o campo magnético.

Todas essas idéias influenciaram muito os cientistas que se sucederam, principalmente Faraday, que pôde elaborar melhor este conceito. *“Michael Faraday (...) imaginou que o espaço entre as cargas ou entre magnetos fosse preenchido por “algo” que empurrasse ou puxasse as cargas ou magnetos .”* (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p.493).

A idéia de campo, próxima do que temos hoje, surgiu na primeira metade do século XIX no contexto do eletromagnetismo e foi proposto, especialmente por Faraday, que em seguida teve uma contribuição de Maxwell, sobretudo na nomenclatura, pois Faraday ainda não chamava essa ação entre os corpos de campo. *“O conceito de campo, seja ele elétrico ou gravitacional, foi criado para explicar as interações à distância e tem papel central na física contemporânea.”* (MENEZES; LOPES; ROBILOTTA, 1983, p.16).

Assim, ele pode ser utilizado em diversas áreas da física, como na mecânica (campo gravitacional), no eletromagnetismo (campo eletromagnético) e na física de partículas (interação forte e a fraca).

Em 1905, quando Einstein formulou a teoria da relatividade restrita, fez uma contribuição grande para o fortalecimento deste conceito, pois essa é totalmente compatível com o eletromagnetismo de Maxwell. Ao contrário do que aconteceu com a mecânica clássica, a teoria eletromagnética não precisou ser reformulada depois da relatividade.

A relatividade veio contribuir ainda em outro aspecto do conceito de campo. No século XIX, era hegemônica a idéia de que ondas eletromagnéticas necessitariam de uma meio material para se propagar. Tal meio, o éter, sugeria a existência de um referencial privilegiado, no qual ele estaria parado. A teoria da relatividade reforçou a idéia de que todos os referenciais inerciais são equivalentes e, tornava a existência do éter irrelevante do ponto de vista físico e desnecessário em

¹ Maiores discussões sobre esses aspectos podem ser vistas em NARDI, 1991, p.23-60

qualquer teoria. Desta forma, foi no eletromagnetismo pós relatividade que passamos a acreditar que os campos elétrico e magnéticos não necessitam de um meio material para existir².

O meu interesse é discutir somente o campo eletromagnético (indução mútua de dois campos: um elétrico “cria” o magnético e vice-versa), que é à base de toda a teoria eletromagnética.

Definir campo não é uma coisa muito trivial de se fazer, “campo é um conceito altamente abstrato...” (DOMINGUEZ; MOREIRA, 1988, p.) e, “embora presente no dia-a-dia, está fora de nosso domínio concreto” (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p.489). Podemos dizer que o campo é uma “aura” que está presente ao redor de uma carga (figura1 – representação do campo elétrico) e é através dessa aura que um corpo sente a presença do outro, ou seja, “...caracteriza, assim, a “capacidade” que uma carga tem de criar forças como sendo uma propriedade intrínseca a ela, e que estende a todos os pontos do espaço.” (MENEZES; LOPES; ROBILOTTA, 1983, p.16).



Figura 1

Muitas vezes, os livros trazem conceitos de campo que levam a interpretação errada dele ou até mesmo, se tratando do campo elétrico, não querem saber de uma definição, apenas expõem a expressão $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q^*$ e deixam que os jovens tenham as suas reflexões sobre ele e criem os seus próprios significados, como mostra DOMINGUES e MOREIRA:

“... não é de surpreender o aparecimento de tais significados (alguns alunos confundem o conceito de campo elétrico com o de força, enquanto outros o imaginam como uma região do espaço em torno de uma carga elétrica) pois os livros de textos geralmente definem o vetor campo elétrico como $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ e dizem que o espaço em torno de um corpo carregado eletricamente é afetado pela presença do corpo e fala-se, então, de um campo elétrico nesse espaço.” (DOMINGUEZ; MOREIRA, 1988, p.).

Geralmente, a idéia trazida nos livros, nos leva a pensar ou aos alunos, que o campo é algo emitido pela carga ou corpo, dando a impressão errada. E deveriam mostrar que uma propriedade indissociável da carga e do corpo (não existe carga elétrica sem campo elétrico e nem campo sem carga) como vemos nos seguintes trechos:

“ q_1 cria um campo elétrico no espaço ao seu redor.”³

² Maiores discussões em ROBILOTTA, notas de aula.

³ Halliday, Resnick e Walker. p. 17

*“uma carga elétrica provoca um campo elétrico \vec{E} em todo o espaço, e é este campo que atua sobre a partícula distante”*⁴

Isso torna o estudo de campo elétrico muito complexo e penoso. Como os alunos conseguirão interpretar uma expressão se não estão habituados a fazer isso? Como que eles criarão significados desse conceito, se esse não é adquirido corretamente? Por isso é importante que os livros tragam discussões mais amplas e melhores sobre as equações, resoluções de exercícios e problemas instigantes e, mesmo que não sejam apresentadas, elas poderiam ser feitas pelos professores tanto do ensino superior quanto do ensino médio.

3 - AS PESQUISAS EM ENSINO

Já há algum tempo, o conceito de campo eletromagnético vem sendo foco de pesquisas em ensino de física, no intuito de mostrar as dificuldades encontradas para compreendê-lo, assim:

“Pesquisas mostram que muitos alunos do Ensino Superior ainda apresentam dificuldades em lidar com os conceitos de campo elétrico e campo magnético, devido à abstração neles envolvida.” (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p.489)

Tem-se verificado também que em muitos casos os alunos terminam a disciplina básica de eletromagnetismo sem compreender os conceitos principais, somente conseguindo dominar, mas sem muita destreza, as equações.

Um dos motivos que levam ao baixo rendimento na disciplina de Física III (eletromagnetismo), são os exercícios e problemas trabalhados durante o curso. Eles acabam por induzir o aluno a uma resolução mecânica dos problemas⁵, apenas aprendendo as fórmulas e táticas para resolução de problemas⁶ que, podemos verificar nos livros textos mais utilizados nos curso de graduação em Física.

Não quero dizer que a prática de resolução de exercícios não deva ocorrer, mas a maneira como ela é trabalhada com o aluno, deveria ser repensada, pois como diz ZYLBERSZTAJN:

“Os problemas cumprem uma função prática importante, visto que são os instrumentos de avaliação mais utilizados, determinando quem passa e quem fica reprovado. Desta forma, se constituem no principal fator de sucesso ou fracasso nos cursos, fazendo parte da tradição do que é ensinar e aprender física”. (ZYLBERSZTAJN, 1998, p.2).

⁴ Tipler, p. 10

⁵ Para maiores detalhes sobre resolução de problemas, ver: ZYLBERSZTAJN, in Atas do VI EPEF, 1998.

⁶ Halliday, Resnick e Walker. Essas táticas são descritas em grande parte dos capítulos do livro.

Assim, um melhor entendimento dessa prática pelo professor e o aluno, poderá contribuir para uma melhoria tanto do aprendizado quanto da alta estima dos últimos, que pode vir a contribuir para a sua cidadania. A partir disso, os estudantes começarão a entender o que estão fazendo, o porque de se aplicar uma determinada equação e não a outra e ainda saber analisar a resposta, além de ser capaz de fazer uma análise fenomenológica do problema. Essa é uma preocupação pertinente, pois se acredita que, a maioria dos cursos de física III se preocupam, demasiadamente com a operalização matemática e deixam a desejar nos outros aspectos⁷.

Mas as preocupações com os problemas e as equações vão mais além. Muitas vezes, falta para o aluno dar significados as equações e principalmente aos seus elementos e, quando isso acontece, na maioria das vezes é errado (as grandezas estudadas deveriam ter significados para eles ao invés de serem apenas letras ou incógnitas de equações). O aluno tem que ser mais crítico e, desta forma, os exercícios estarão auxiliando o aprendizado tanto do conceito quanto das equações.

Durante a passagem dos alunos por esses cursos, faltam situações problemáticas em que eles sejam forçados a desenvolver alguma saída para o problema proposto e com isso notar toda a imensidão de recursos que eles possuem, mas infelizmente, ainda não sabem trabalhar.

Um outro aspecto identificado em algumas pesquisas que também contribui para o rendimento ruim da disciplina de eletromagnetismo, é o obstáculo epistemológico que os alunos têm, pois quanto mais o assunto vai se aprofundando mais ele vai crescendo durante sua aprendizagem. Desta forma, os livros didáticos utilizados e os professores poderiam auxiliá-los para que isso não viesse a ocorrer. Mas devido a uma formação precária nesse aspecto, o professor, na maioria das vezes, não consegue ajudar os alunos a transporem esse obstáculo e assim, o conceito acaba por ficar perdido em sua aprendizagem e ele perde totalmente o interesse pelo assunto e até mesmo pela ciência..

Alguns desses obstáculos, que também estão relacionados à Física como um todo, foram mapeados por BRAGA e eu destaco aqui os que foram de maior ocorrência:

Dificuldades para entender, elaborar e operar com abstrações;

Incapacidade de raciocinar por analogias e transferir isto para novos contextos;

Pouca capacidade para aplicar conceitos e regras;

Falta de raciocínio qualitativo e fenomenológico;

Falta de domínio de variáveis. (BRAGA, 1987, p.26)

⁷ Uma referência sobre essa discussão pode ser vista em FARIA, 1999, p.395.

Através de todo esse questionamento buscaremos fazer uma breve discussão e crítica no sentido de alertar sobre a forma de ensino do eletromagnetismo. Tentaremos levantar questões que não são, mas que deveriam ser abordadas na formação do professor e analisar alguns pontos que levam a uma interpretação errada deste conceito que aparece, não só para os livros utilizados na graduação, mas também nos livros didáticos que entram nas salas de aulas de jovens estudantes do ensino médio.

Enfim, se um pouco de luz iluminar essas questões, o aprendizado do conceito de campo eletromagnético pode se tornar mais concreto para o aluno e assim, eles poderão se interessar mais pela ciência, principalmente pela Física.

4 – A TEORIA ELETROMAGNÉTICA E OS LIVROS DIDÁTICOS

A estrutura da teoria eletromagnética tem sua base nas quatro equações de Maxwell e com elas pode-se descrever também as ondas eletromagnéticas.

Grande parte do estudo do eletromagnetismo pode ser feito através dessas equações, podem estar escritas na forma diferencial, mas possuem também uma forma integral que, para alguns, é mais fácil de entender. Ao analisá-las, em alguns livros, podemos iniciar a discussão a respeito do conceito de campo elétrico e magnético.

Na lei de Gauss (na forma integral) vemos, que o fluxo total do campo elétrico através de uma superfície fechada está associado à carga líquida que é envolvida por essa superfície (superfície gaussiana). Fica evidenciada assim nos livros, que a carga é a responsável pelo campo elétrico, mas não fica claro se elas são uma única entidade ou duas, ou seja, temos o campo e a carga elétrica ou temos uma única entidade campo-carga.

$$\epsilon_0 \oint E \cdot dA = q \text{ (lei de Gauss)}^8$$

*“De acordo com a lei de Coulomb, podemos escrever o campo elétrico criado por uma carga como $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$. A lei de Gauss fornece um outro modo, equivalente, de escrever esta relação.”*⁹

Desta forma, podemos dizer que uma carga elétrica cria um campo elétrico ou esse está associado à carga?

Ao colocar uma carga em uma determinada região, essa ficará “instantaneamente” preenchida pelo campo ou isso depende da velocidade da luz?

⁸ Halliday, Resnick e Walker, p.42, equação 25-8

⁹ Halliday, Resnick e Walker, p. 40

Podemos separar o campo elétrico da sua carga?

As indagações não param aqui. Muitas vezes, os estudantes conhecem essas leis e até sabem operá-las, mas quando se pergunta: quais são os casos ou quais são as condições necessárias para que se possa aplicá-las, eles não sabem, ficando evidente assim um ensino-aprendizado mecanicista, que não dá margem para discussões qualitativas e fenomenológicas.

Saindo de um caso particular e generalizando, ou seja, quando passamos de uma única carga para uma distribuição de cargas, a determinação do campo em um ponto específico é feita utilizando o princípio da superposição, que nos dá a soma vetorial da ação de cada campo no ponto. Vejamos o que diz um dos livros:

“Podemos determinar o campo elétrico resultante (ou líquido) criado por mais de uma carga puntiforme com a ajuda do princípio da superposição. Se colocarmos uma carga teste positiva q_0 nas proximidades de n cargas puntiformes (...) a força resultante F_0 provenientes das n cargas puntiformes que atuam sobre a carga teste será: $F_0 = F_{01} + F_{02} + F_{03} + F_{04} + \dots + F_{0n}$. (...) o campo elétrico resultante na posição da carga teste vale: $E = \frac{F_0}{q}$.”¹⁰

Em alguns casos pode-se ter uma configuração de cargas, de tal forma que o campo elétrico em um ponto qualquer seja NULO. Um exemplo disso é o campo elétrico de um corpo neutro, no qual existem cargas positivas e negativas na mesma quantidade, mas o campo elétrico associado a esse corpo é NULO.

Esse valor do campo elétrico NULO quer dizer que não existe campo naquele ponto? O que está acontecendo então?

Qual é o alcance desse campo? Ele gasta?

Qual é o significado de campo elétrico NULO?

Mas não são somente essas questões que estão atrás do princípio da superposição, como diz MENEZES; LOPES; ROBILOTTA:

“Os problemas encontrados na aplicação do princípio da superposição ocorrem tanto no nível formal como no conceitual. No primeiro, eles se devem à sofisticação da matemática envolvida, principalmente no que se refere ao emprego de integrais múltiplas. E no nível conceitual, contudo, que os alunos encontram as maiores dificuldades pois, ainda que cheguem a dominar o formalismo, raramente percebem que por trás do princípio da superposição está a idéia que o campo elétrico criado

¹⁰ Halliday, Resnick e Walker, p. 21

por uma carga não é alterável pela presença de outras.” (MENEZES; LOPES; ROBILOTTA, 1983, p.)

Uma das maneiras que podemos representar o campo elétrico é através de linhas de campo (figura 2), que nos dá uma informação qualitativa a respeito do campo em uma região do espaço. No caso da figura 2, temos a representação de uma carga positiva.

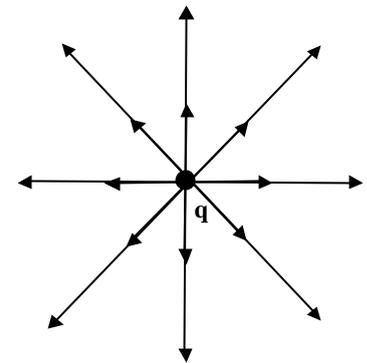


Figura 2

Aqui temos outras questões: ao representar as linhas de campo de um dipolo elétrico (princípio da superposição), essas linhas aparecem curvadas¹¹. Isso quer dizer que um campo ou as linhas de campo de uma carga interagem com a da outra carga? O que acontece afinal de contas?

A presença de um corpo neutro ou carregado deforma as linhas de campo de uma carga pontiforme?

No caso de um corpo neutro, as linhas de campo das cargas positivas anulam as da carga negativa? Por isso que o campo elétrico desse corpo é NULO?

Quando representamos uma carga de prova, q , quase sempre fazemos isso sem as suas linhas de campo, isso quer dizer que ela não está interagindo com a outra carga? O seu campo elétrico foi desligado? Isso pode ser feito?

Um corpo pode anular a passagem do campo elétrico por ele (blindagem)? Como é a blindagem eletrostática? Então o campo elétrico dentro da gaiola de Faraday é nulo?

Quando estudamos a Teoria Eletromagnética, vemos também um princípio fundamental, o princípio da conservação de cargas: a carga total de um sistema isolado é sempre conservada, ou seja, não podemos criar e muito menos destruir cargas positivas e negativas.

Qual é a implicação que esse princípio tem sobre a existência das linhas de campo?

“Quando uma caneta de plástico previamente atritada a um

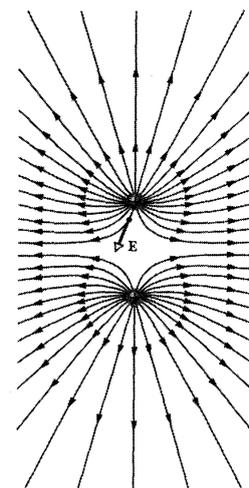


Fig. 24-4 As linhas do campo para duas cargas puntiformes iguais positivas. As cargas se repelem. As linhas terminam sobre cargas negativas localizadas em corpos distantes que não são mostrados na figura. Para “ver” a configuração real, tridimensional, das linhas de força, giramos mentalmente a configuração mostrada em torno de um eixo que passa pelas duas cargas no plano da página. A configuração tridimensional e o campo elétrico que ela representa têm *simetria rotacional* em torno desse eixo. O campo elétrico é mostrado num ponto; note que ele é tangente à linha do campo que passa naquele ponto.

¹¹ Figura 24-4 e 24-5 retirada do livro do Halliday, p.20

pedaço de tecido é aproximada de pequenos pedaços de papel, nota-se que estes são atraídos por ela. Pode-se pensar que o atrito tenha criado campo elétrico?” (GOLDMAN; LOPES; ROBILOTTA, 1982, p.17)

O que aconteceria, então, se um elétron fosse absorvido por um buraco negro, teria que desaparecer a carga de um próton?

Bem, até agora, discutimos somente cargas elétricas em repouso. Se essas cargas começarem a se movimentar, isso definirá uma corrente elétrica além de uma quebra de simetria do campo elétrico na direção perpendicular a velocidade da carga.

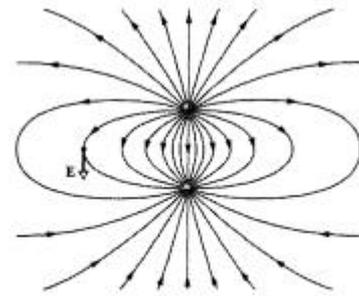


Fig. 24-5 Linhas do campo para duas cargas pontiformes que têm módulos iguais mas sinais opostos. As cargas se atraem. A configuração e o campo elétrico que ela representa têm simetria rotacional em torno de um eixo que passa pelas duas cargas. O campo elétrico é mostrado num ponto tangente à linha do campo.

A corrente, segundo a equação de Ampère-Maxwell cria um campo magnético \mathbf{B} e, ao ser estabelecido novamente a simetria, ou seja, fazendo com que a carga retorne ao repouso, ela cria uma variação do campo elétrico que pela equação anterior cria um campo magnético variável e por ser variável cria um campo elétrico que também varia no tempo e assim por diante. Essas variações vão se propagando no espaço, levando a informação aos pontos que o campo elétrico foi modificado e essa informação que se propaga chamamos de radiação, que é a propagação das ondas eletromagnéticas.

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = +\mathbf{m}_0 \mathbf{e}_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mathbf{m}_0 i \quad (\text{lei de Ampère-Maxwell})^{12}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mathbf{m}_0 I + \mathbf{m}_0 \mathbf{e}_0 \frac{d\mathbf{f}_e}{dt} \quad (\text{forma generalizada da lei de Ampère})^{13}$$

Esses campos que vão variando e se “propagando”, são infinitos campos ou é um único campo?

Para esse campo magnético que aparece, seja pela movimentação da carga (corrente elétrica) ou pela variação do campo elétrico, também pode ser representado por linhas de campo. Nesse caso, elas serão linhas circulares concêntricas ao eixo que passa pela carga na direção do movimento (na direção de v).

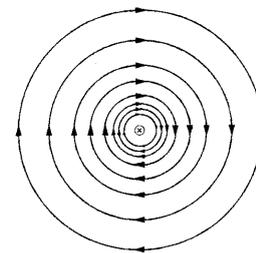


Fig. 31-2 As linhas de campo magnético para uma corrente i num fio retilíneo longo são círculos concêntricos. O sentido das linhas é dado pela regra da mão direita. Neste caso, a corrente está dirigida para dentro da página o que é indicado pelo símbolo \otimes .

¹² Halliday, Resnick e Walker, p.312, equação 37-6

¹³ Tipler, p.316, equação 32-4

As questões propostas aqui podem servir para fazer um levantamento prévio das concepções alternativas dos alunos, servindo também como pontos de discussões mais amplas do conceito de campo, que desta forma poderá levar o aluno a atribuir significados mais condizentes com a física.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas pesquisas já mostraram caminhos para que o ensino do conceito de campo eletromagnético possa ser melhorado. Aqui, faço uma junção delas para ser aplicado futuramente no curso de física III na licenciatura, ou até mesmo no curso de formação continuada de professores.

Esse possível caminho a ser seguido na busca por uma melhoria na compreensão desse assunto, seria fazer uma unificação nas formas de se mostrar o conceito, ou seja, trabalhar a parte conceitual com o histórico e o experimental e, unido-se a isso, fazer um trabalho de imaginação e abstração não só com experiências mentais mas também com idéias e questionamentos que possam forçar o aluno a fugir um pouco da sua realidade concreta. Junto a isso, pode-se fazer um levantamento das concepções prévias dos alunos para que possamos averiguar quais são os significados que eles possuem para esse conceito e, assim trabalharmos para que possam reconstruir um significado aceito cientificamente.

“De um lado, ressaltamos que o uso de conhecimentos prévios dos alunos para introduzir novos conceitos ou até mesmo teorias é uma prática que deve ser explorada enfática e sistematicamente... Por outro lado, a abordagem histórica parece ser uma ferramenta muito eficiente, pois possibilita melhor organização da estrutura conceitual, na medida que revela as concepções que fundamentam um conceito ou até teorias.” (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p.496).

Ao se explorar o lado histórico do conhecimento, o aluno pode perceber com mais clareza, quais foram às dificuldades encontradas durante todo o desenvolvimento do conceito de campo, levantando questões e dúvidas. Assim ele mesmo, talvez, possa identificar a sua maneira de interpretar campo com a de outros cientistas e, sendo uma interpretação equivocada, ele poderá ver quais foram os argumentos e as discussões feitas sobre essa idéia para que ela fosse deixada de lado, percebendo qual é o caminho que o levará a compreender corretamente o conceito. Como diz MARTINS:

“às vezes, os alunos têm dúvidas que, para a pessoa destreinada historicamente, é simplesmente uma imbecilidade. Se a pessoa conhece bem história, ela sabe que grandes mentes do passado tiveram as mesmas dúvidas, que são dúvidas até mesmo inteligentes, muito pertinentes e que merecem ser respondidas cuidadosamente.” (MESA REDONDA – MARTINS, 1988, p.92)

Essa é apenas uma das contribuições que o aspecto histórico pode trazer, além disso também pode apresentar uma série de exemplos, que normalmente são deixados no escuro, mostrando o que não é o campo elétrico ou que já se pensou que era (aprender por contraste).

“Para ensinar a delimitação de um conceito, você tem que dizer o que ele é e o que ele não é. A gente aprende por contraste. Então, não basta dizer o que a coisa é, mas tem também que comparar com outras coisas que são parecidas e que não são, a fim de que a pessoa realmente compreenda a delimitação daquilo.” (MESA REDONDA – MARTINS, 1988, p.84)

Pode-se mostrar que o conceito não apareceu em uma determinada época com exclusividade de uma única pessoa e sim, que é um desenvolvimento de muito tempo e muitos cientistas (construção e desenvolvimento da ciência), podendo mostrar a não linearidade das idéias científicas, que é algo que os livros didáticos fazem com o conhecimento, como os comentários:

“a nível de educação geral, nós deveríamos introduzir História da Ciência nos cursos de ciência, não com o objetivo de fazer o aluno compreender o que é correto ou não, mas para questionar o que chamaria de imagens da ciência – visões que são mais ou menos correntes sobre como se adquire conhecimento científico, como se testa uma teoria, as questões filosóficas a respeito do conhecimento científico, questões a respeito de como a História da ciência se desenvolve, as relações entre ciência e sociedade. (MESA REDONDA – ABRANTES, 1988, p.85)

“é importante a pessoa Ter consciência do processo histórico que levou a determinado conceito. Não importando o conceito...” (MESA REDONDA – CRUZ, 1988, p.90)

Mas, como abordagem, deve-se tomar cuidado. Quando falo em usar a história da Física ou do conceito não estou falando que é simplesmente relatar a história da ciência, como vemos em muitos livros textos, pois assim estaria banalizando a história da ciência e deixaria de trabalhar os aspectos históricos que contribuem para a melhoria do ensino e também:

“Não se deve olhar a História da Ciência como uma panacéia para o ensino... E não é só ensinar História, senão, aí o aluno vai começar a decorar frases. Então é um problema complicado realmente.” (MESA REDONDA – ZANETIC, 1988, p.88).

Assim, vemos que a história da ciência pode vir a auxiliar muito para que as barreiras cognitivas dos alunos possam ser transpostas e ainda, esclarecer um pouco sobre a ciência, mostrando todo o seu desenvolvimento, seus entraves e aperfeiçoamento das idéias ao longo do tempo.

Já o aspecto experimental, fará com que o aluno vivencie os fatos e com um trabalho paralelo ao histórico, ele mesmo poderá fazer suas indagações e até formular suas respostas para experimentos que foram feitos pelos cientistas há séculos atrás, entendendo melhor como um determinado cientista chegou em sua hipótese ou teoria. Assim, ele poderia compreender melhor o conceito, pois teria uma melhor clareza dos fatos e das idéias. Ainda, com uma maior exploração, o aluno poderia ser instigado a dar explicações a fenômenos que ocorrem no seu cotidiano, trabalhando assim o lado fenomenológico desse conceito, fazendo com que ele desenvolva suas habilidades. Ele poderia também ser levado a elaborar experimentos que comprovassem uma certa

parte dessa teoria e compreenderia melhor o que está acontecendo. Com isso o estudante estaria desenvolvendo tanto a idéia quanto a prática. Nesse sentido, podemos dizer que :

“A experimentação constitui um importante recurso instrucional de ajuda à assimilação significativa de qualquer assunto, entre outros objetivos importantes. O laboratório possibilita o elo de ligação entre a teoria e a natureza física, mostrando quase sempre as dificuldades, limitações, e aproximações que se fazem necessárias nessa associação.” (FARIA, 1999, p.389).

Para poder entender bem o conceito de campo, além de realizar um trabalho buscando um conhecimento histórico e experimental, o aluno precisa de bastante abstração, pois assim como o conceito, alguns experimentos também fogem do nosso universo concreto e podem contribuir para uma melhor interpretação de fenômenos e equações, sendo possível retirar uma maior quantidade de informações delas. E com esse sentido mais apurado, ele poderá ser mais crítico e assim indagar mais sobre certos pontos, fazendo com que haja um maior debate sobre o assunto, trazendo-lhe um maior desenvolvimento. Por esse motivo, também é muito importante trabalhar sua imaginação.

Pois bem, todo esse trabalho que estamos mencionando deve ser feito em conjunto, pois como as pesquisas já mostraram, em décadas passadas, a utilização isolada de um desses recursos não funciona¹⁴.

Desta forma, apenas unindo esses recursos, poderemos ter uma melhoria no ensino desse conceito e com isso, eliminaremos boa parte daqueles pontos levantados por BRAGA no início desse trabalho e assim, o aprendizado desse conceito passe a ser mais prazeroso para a grande parte dos alunos.

Esse trabalho, como já foi dito, serve como alerta para podermos melhorar ainda mais as condições de aprendizagem de nossos jovens, que um dia possivelmente poderão ser divulgadores da ciência ou até mesmo mestres, ensinando a outros alunos e que essas dúvidas que são tão pertinentes hoje, possam ser sanadas, a fim de acabarmos com a maioria das barreiras encontradas no processo de ensino-aprendizagem.

Mas não basta fazer somente um alerta. Os docentes tanto de ensino médio quanto superior, devem começar a fazer uso desses recursos e assim, ter um aproveitamento melhor de suas aulas. Os professores, principalmente do ensino médio, possam utilizar os outros recursos que se tem hoje nas escolas e assim, possivelmente, tenhamos um maior entendimento desse conceito e da Física.

Enfim, não podemos negar que o aprendizado desse conceito é de grande importância para a divulgação da ciência, em principal a Física, que poderá fazer os jovens interagirem mais com a ciência que está presente nos equipamentos modernos e assim, eles poderão, quem sabe um dia, serem atraídos para a ciência e se tornarem futuros cientistas.

¹⁴ Comentário de Zanetic, na Mesa Redonda, sobre as relevâncias da História da Ciência no ensino

Para que isso venha acontecer, devemos ampliar nossa visão do ensino do conceito de campo, seja como professores, que tenham uma maior integração e aproximação das pesquisas que já foram feitas e apontaram os aspectos relevantes para essa melhoria, seja como pesquisadores que buscarão apontar novos aspectos e novas metodologias para tal.

Para que o ensino de um conceito tão importante para a Física como o campo eletromagnético possa ter uma melhoria significativa é preciso haver uma comunicação maior entre professores/pesquisadores – livros didático – aluno.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA I, Luiz, Os melhores alunos que saem do ensino médio estão preparados para prosseguir estudos na área de Ciências Físicas e Matemática?. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, V.4, n.1, p25. Abr.1987.

COELHO, Hélio T.; ROBILOTTA, Manoel Roberto, Forças Nucleares. Ciência Hoje, V.11, nº 63, p.23-30,1990.

CRUZ, Frederico Firmo de Souza (Coord.). Mesa redonda: Influência da História da Ciência no ensino de Física. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, V.5, número especial, p.76, Jun.1988. Participantes: ABRANTES, Paulo C. C. – professor da UNB; CRUZ, Frederico Firmo de Souza – professor da UFSC; ZANETIC, João – professor da USP; MARTINS, Roberto – professor da UNICAMP.

DOMINGUEZ, M. Eugenia; MOREIRA, Marco Antônio. Significados atribuídos aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de física geral. Revista de ensino de Física, V.10, Dez.1988.

FARIAS, Antônio José Ornellas, Existem dificuldades dos alunos na interpretação da interação carga-campo?. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, V.21, n.3, p.389, Set. 99.

GOLDMAN, Carla; LOPES, Eliana; ROBILOTTA, Manoel Roberto. Um pouco de luz na lei de Gauss. Revista de Ensino de Física, V.3, nº3, p.13, 1982.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física 3: Eletromagnetismo. 4ªed. Rio de Janeiro. LTC editora S.A.1996.

LÉVY-LEBLOND, J.M.; BUTOLI, André. A eletricidade e o magnetismo em perguntas.coleção Aprender/Fazer Ciência, 1ª ed., Gradiva.

MAGALHÃES, Murilo de F.; SANTOS, Wilma M. S.; DIAS, Penha M. C. Uma proposta para ensinar campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, V.24, n.4, p.489, Dez. 2002.

MENEZES, Andréa M.M.; LOPES, Eliana; ROBILOTTA, Manoel Roberto. Gente como carga e aula como campo. Revista Ensino de Física, V.5, nº1, p.16, 1983.

NARDIR, Roberto, Campo de força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito. Pesquisa para o ensino de ciências, n.5, FEUSP.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre resolução de problemas no ensino de física. Caderno Catarinense de Ensino de Física. V.14, n°3, p.229-253. Dez.1997

REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. Fundamentos da Teoria Eletromagnética. 7ª ed. Rio de Janeiro. Editora Campus, 1982.

ROBILOTTA, M. Roberto. Notas de aula do curso: Construção & Realidade no Ensino de Física-2003, IF/USP.

TIPLER, A. Paul. Física: Eletricidade e Magnetismo, Ótica. V.2, 4ªed., Rio de Janeiro, LTC editora S.A., 2000.

ZYLBERSTAJN, Arden. Resoluções de problemas: uma perspectiva kuhniana, in Atas do VI EPEF, 1998.

* As letras em negrito e itálico (***E***, ***F*** e ***B***) indicam grandezas vetoriais.