



BOBINA DE TESLA: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DOS CONCEITOS DE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Reginaldo Eustáquio (Professor orientador) - professorbugiganga@doctum.edu.br
Instituto DOCTUM DE ENSINO E PESQUISA
Curso de Engenharia Elétrica
Praça Cesário Alvim, nº 110 – 5º andar Centro
CEP 35300-036 - Caratinga - MG
Tel: (33) 33224461 Celular: (33) 99636971

Resumo: *O objetivo deste trabalho é desenvolver e aplicar uma sequência didática sobre a geração, transmissão e recepção das Ondas Eletromagnéticas no contexto da história da Bobina de Tesla. O produto educacional é composto por um conjunto de atividades experimentais que permitem aos alunos explorar, testar e discutir os fenômenos físicos relacionados ao eletromagnetismo. O referencial teórico-pedagógico é o conceito sócio-histórico de Vigotski, valorizando-se, assim, a relação professor-aluno, colocando este como mediador do processo de aprendizagem. A aplicação foi realizada com os alunos na disciplina Eletromagnetismo do quinto período de Engenharia Elétrica das Faculdades DOCTUM. A avaliação dos alunos foi feita por meio da análise de dados coletados através de observações, um questionário e um texto produzido pelos alunos. Os resultados mostram que os alunos foram capazes de desenvolver conceitos científicos. Acreditamos que esta proposta é adequada para ensinar tópicos de ondas eletromagnéticas, auxiliando professores de física a preparar aulas contextualizadas.*

Palavras-chave: *Eletromagnetismo, Conceitos Científicos, Bobina de Tesla.*

Abstract: *The aim of this work is to develop and apply a didactic sequence about the generation, transmission and reception of electromagnetic waves in the context of the history of the Tesla coil. The educational product consists of a set of experimental activities that allow the students to explore, test and discuss the physical phenomena related to electromagnetism. The theoretical-pedagogical frame is Vigotski's social-historical concept, thereby enhancing the teacher-student relationship, and emphasizing the teacher as the mediator of the learning process. A preliminary test of the product was performed with civil engineering students, in the course Physics II; it was subsequently put into effect in an*



electromagnetism course for electrical engineering students. The students' performance was evaluated through the analysis of the data collected from observations, a questionnaire and a text composed by the students. The results show that the students were able to develop scientific concepts. We believe that this proposal is appropriate for teaching about electromagnetic waves, helping physics teachers to prepare contextualized classes.

Keywords: *Electromagnetism, scientific concepts, Tesla coil.*

1 INTRODUÇÃO

Ao ministrar o conteúdo eletromagnetismo para o quarto período de Engenharia Elétrica do Instituto Doctum de Ensino e Pesquisa (DOCTUM-MG) no período de 2010 a 2013, verificou-se a grande dificuldade dos alunos na aprendizagem dos conceitos relacionados ao campo eletromagnético. Corroborando essa constatação, Magalhães (2002) evidencia que a dificuldade provém da forma abstrata de como são passados os conceitos para o aluno, fazendo com que eles não sejam percebidos, embora estejam presentes no dia a dia, no domínio concreto.

Nos cursos de Engenharia, especificamente no curso de Engenharia Elétrica, o Eletromagnetismo, disciplina básica na formação profissional dos ingressados, possui caráter abstrato, o que dificulta a compreensão de seus conceitos científicos. Nesse sentido, nosso objeto de estudo consistiu em desenvolver, aplicar e analisar os resultados de uma sequência didática voltada para o ensino de eletromagnetismo, tendo como foco os processos de geração, transmissão e recepção das ondas eletromagnéticas (OEM).

Neste sentido tem-se como objetivo geral propor uma sequência didática experimental que visa a despertar o interesse do aluno para os conceitos relacionados ao campo eletromagnético, promovendo problematizações favoráveis à formação desses conceitos e possibilitando uma compreensão conceitual das relações matemáticas.

Nesse contexto, surge a bobina de Tesla, um dos experimentos com efeitos extraordinários. A bobina de Tesla (BT) foi construída no final do século XIX, por Nikola Tesla, mago da energia elétrica, criador da corrente alternada, do rádio e diversos outros equipamentos. Esse magnífico invento torna-se um valioso instrumento para o ensino de Eletromagnetismo, possibilitando desenvolver as competências, como a discussão de temas de interesse da ciência e tecnologia.

Esta sequência didática experimental para o ensino de eletromagnetismo, busca-se a construção do conhecimento por meio da problematização baseada na teoria de Vigotski, possibilita, em cada parte, o surgimento de signos, possibilitando o desenvolvimento das zonas de desenvolvimento proximal e efetivo.

Na sequência apresentamos o aparato experimental BT. E seu respectivo funcionamento, a sequência didática na qual apresenta-se as questões desenvolvidas.



Segue-se mostrando como deu-se a escolha dos participantes na aplicação do produto, os resultados encontrados como algumas respostas e um texto produzido por um dos participantes culminando com a conclusão do presente trabalho.

2 BOBINA DE TESLA PARA O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

As pesquisas com a BT foram pioneiras no sistema de comunicação, dando ao seu inventor a patente do Rádio. Por ser uma antena emissora de ondas eletromagnéticas e possibilitar a visualização de vários fenômenos relacionados a este conceito, iremos nos voltar para o uso da BT no ensino de geração e recepção do campo eletromagnético.

Carvalho et. al. (2002) evidencia que é fundamental associarmos o eletromagnetismo com as perspectivas profissionais. Na pesquisa e desenvolvimento do projeto, que culminou na construção do produto descrito neste artigo, consideramos quatro pontos importantes:

- Os conceitos a serem desenvolvidos;
- A escolha do aparato experimental que contribua de forma significativa para o desenvolvimento dos conceitos;
- O referencial teórico-pedagógico;
- A escolha da metodologia para aplicação da sequência experimental.

Analisando o trabalho de Borges (2013), pode-se constatar que o ensino experimental dos conceitos de eletromagnetismo possibilita ao aluno formar modelos mentais quanto aos fenômenos observados. Assim, a Bobina de Tesla como instrumento de ensino, propicia as mais fascinantes demonstrações, o que causa o despertar do aluno para os conceitos de eletromagnetismo.

Vários são os autores que apresentam a Bobina de Tesla para o ensino de eletromagnetismo, Laburu (1991), Chiquito e Lanciotti (2000), outro trabalho interessante é de Silva (2012), seu estudo apresenta a constituição e os cálculos envolvidos na construção da BT, assim como alguns experimentos. Vários sites descrevem a construção das mais diversas Bobinas de Tesla; entre eles destaca-se Netto (2012). Os artigos analisados não abordam como se devem tratar tais práticas no aspecto pedagógico, mostra apenas como utilizar a bobina para realizar tais experimentos, não apresentam um tutorial, ou sequência didática que possibilite evidenciar a metodologia na aplicação. A nossa proposta se diferencia, pois possibilita ao professor uma sequência para a introdução e discussão dos conteúdos em sala.

2.1 Funcionamento da Bobina de Tesla

A bobina de Tesla é um circuito ressonante que possibilita a transferência de energia entre dois circuitos, o primário e o secundário. O circuito primário é formado por quatro componentes listados a seguir e apresentados esquematicamente na Figura 1:

- Transformador primário (T), que possui voltagem de saída de 6 a 10kV, com uma corrente nominal de 30mA;
- Capacitor (C);
- Indutor (L1);
- Centelhador;

O circuito secundário é formado apenas pelo indutor secundário L2.

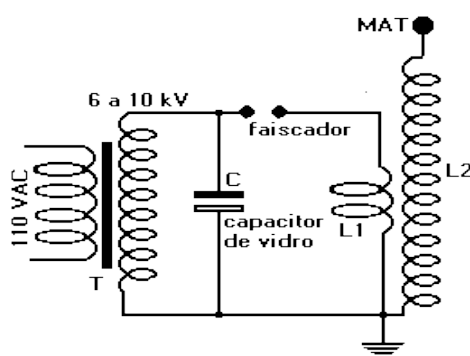


Figura 1: Esquema elétrico da BT.
Fonte: (LABURU, 1991)

Na Figura 3, ao fundo, podemos visualizar o aparato BT representado pelo esquema elétrico da Figura 1.

Na Figura 1, observa-se que o transformador (T) tem a função de elevar a tensão elétrica de 127 VCA (volts corrente alternada) para 12kV. Essa tensão, sendo suficiente para vencer a rigidez dielétrica do ar (campo elétrico máximo, suportado pelo ar), entre as extremidades do centelhador, produz uma centelha entre elas, fechando o circuito. A carga armazenada no capacitor é disparada ao indutor primário (LP ou L1), criando um intenso campo eletromagnético no indutor secundário (LS ou L2). A relação de espiras entre o indutor primário e secundário possibilita um aumento da tensão.

Ao ocorrer a descarga no centelhador, o capacitor (C) é descarregado, liberando toda a energia para a bobina primária (LP) do transformador da BT. Esse processo se repete a cada descarga do capacitor C, formando um circuito oscilador. Com essa oscilação, toda a energia acumulada no circuito primário é passada ao secundário (L2) de forma pulsada.

Nos terminais do indutor secundário (L2), verifica-se uma coroa de descarga formando pequenos relâmpagos (efeito corona). No protótipo usado nesta dissertação, o aumento foi para 500kV. Esse valor pode ser verificado nos cálculos citados em Chiquito e Lanciotti (2000).

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para aplicação do produto adotamos diferentes estratégias:

- A primeira se dá na exibição de um documentário, intitulado Tesla Mestre dos Raios; O professor exhibe o documentário interrompendo-o a cada 15 minutos para comentar os pontos importantes (criação e aplicações da BT): estes comentários não deixaram a turma se dispersar.
- Para a segunda, desenvolve-se um debate;



O debate deve frisar a contribuição de Tesla para o desenvolvimento da telecomunicação. Porém, cabe ao professor observar o interesse da turma e ponderar de acordo com suas observações.

- A terceira estratégia é a experimentação. Primeiro, identificam-se os componentes responsáveis pelo funcionamento da BT. Os materiais e cálculos referentes à construção do aparato são descritos em anexo. Os alunos verificam, experimentalmente, a influência do campo eletromagnético na lâmpada fluorescente. Em seguida, analisa-se a existência de tensão elétrica no ar. Os alunos são indagados sobre como a tensão é transmitida até o voltímetro e como ela influencia no brilho da lâmpada.

Após verificar a existência de tensão elétrica ao redor da bobina e observar que a lâmpada acende sem conexão com a instalação elétrica da sala, segue-se a discussão quanto aos conceitos de geração do campo eletromagnético, do efeito dessas ondas na lâmpada e a relação entre a potência emitida pela lâmpada e a distância da BT.

A duração da sequência didática está prevista para 500 minutos, ou seja, 10 horas /aula. Ressaltamos a importância de comentar os pontos importantes das aulas anteriores, sempre que o professor for dar continuidade à execução da sequência didática. Apresentam-se no Apêndice A, a proposta e as fotos para ilustrar a montagem do experimento e a aplicação dessa sequência didática de ensino.

3.1 Questões da Sequência didática

Identificando os componentes da bobina e as finalidades de cada item

Material utilizado:

Bobina de Tesla (BT)

Identifique os itens listados abaixo, na Bobina de Tesla (BT), explique seu funcionamento e descreva sua função:

- α) transformador Neon;
- β) faiscador;
- χ) capacitor;
- δ) indutor primário;
- ε) indutor secundário.

Nessa etapa o professor revisa conceitos sobre o funcionamento das partes constituintes da bobina, podendo explorar as aplicações de alguns componentes nas tecnologias existentes.

Detectando a presença de campo eletromagnético

Material utilizado:

1. bobina de Tesla;
2. trenas;
3. lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W.



Cada equipe, tendo uma trena em mãos, deve medir a distância a partir da bobina, marcando diferentes pontos onde a lâmpada será colocada (segurada) para observar a influência do campo eletromagnético na lâmpada fluorescente.

Em seguida, deve-se ligar a BT, variando a posição da lâmpada, começando com um metro, depois posicionando a dois metros, e, finalmente, a três metros, observando-se a intensidade do brilho para cada posição da lâmpada.

- Refaça o experimento segurando a lâmpada a 0,3 m do solo;

OBS. A BT esta sobre o piso da sala.

a) Explique a dependência entre a potência emitida pela lâmpada e as distâncias analisadas.

b) O que se pode concluir quanto ao item analisado? Explique.

c) Segure a lâmpada a 0,50m da sua extremidade inferior da lâmpada e ligue a bobina. Segure na extremidade inferior da lâmpada e ligue a bobina. Descreva o fenômeno observado. Explique.

Verificando a presença de tensão elétrica associada às ondas eletromagnéticas

Material utilizado:

1. bobina de Tesla;
2. trena;
3. voltímetro.

a) Cada equipe, tendo um voltímetro em mãos, deve posicionar-se nos pontos marcados. Coloque as pontas de prova do voltímetro voltadas para o teto. Ligue a BT, afaste o multímetro e registre a intensidade da tensão para as seguintes distâncias, entre as pontas de prova e a BT:

1,0m; 2,0m; 3,0m e 4,0m;

- Refaça o item a, segurando o voltímetro a 0,3m do piso.

a) O que se pode concluir? Explique.

b) Como é possível existir tensão no ar?

c) Pode-se afirmar que o brilho da lâmpada depende da tensão aplicada? Por quê?

d) Ondas se propagando entre duas antenas (similares às usadas em telecomunicações) devem transportar potência? Como se pode quantificar isso? Sugestão: analisar “Vetor de Poynting”.

Segundo Nascimento (2000), o “enfraquecimento” da onda eletromagnética no vácuo é um fenômeno puramente geométrico. No caso da emissão de uma OEM por igual em todas as direções, sua intensidade é dada pela expressão

$$I = \frac{P_t}{4\pi r^2} \quad (1)$$

onde r é a distância entre a fonte e o observador e P_t é a potência emitida pela fonte.

e) Discuta a relação dessa equação com a intensidade do brilho da lâmpada analisado e com os valores obtidos com o voltímetro.



Identificando as antenas geradoras e receptoras de ondas eletromagnéticas

a) Identifique (no experimento realizado para verificação da tensão elétrica e influência das ondas eletromagnéticas na lâmpada fluorescente) a antena emissora e receptora. Explique como se deu essa identificação.

b) Comente a relação entre a potência irradiada pela bobina de Tesla e as tensões encontradas em pontos diferentes.

c) Existe uma relação entre essa potência irradiada com o brilho da lâmpada analisado? Explique.

d) As ondas eletromagnéticas possibilitaram que a lâmpada acenda? É possível fazer funcionar um liquidificador com essas ondas? Por quê?

4 ESCOLHA DOS PARTICIPANTES

Foi aplicada para 27 alunos do quinto período de Engenharia Elétrica, na disciplina Eletromagnetismo I do INSTITUTO DOCTUM DE ENSINO E PESQUISA - MG.

A escolha dessas turmas se deu mediante o fato de o autor ser o professor das disciplinas Eletromagnetismo I. Os participantes da pesquisa são alunos que tiveram a oportunidade de estudar diversos assuntos, como oscilações em Física I e circuitos elétricos I (Engenharia Elétrica), o que leva a crer que possuem um nível de desenvolvimento cognitivo necessário para o entendimento dos conceitos de OEM.

4.1 Aplicação do material

Foi aplicada em 6 horas/aula de análise experimental, 4 horas/aula de Análise dos conceitos e 2 horas/aula referentes a uma avaliação.

A turma foi dividida em 5 grupos e cada grupo recebeu o roteiro contendo as questões e procedimentos experimentais que deveriam ser seguidos.

Atividade 1: os alunos assistiram ao documentário Tesla Mestre dos Raios. Após a exibição, aplicou-se um questionário e debate.

Atividade 2 (2 horas/aula): o professor fez uma exibição experimental do aparato Bobina de Tesla, apresentou uma abordagem dos conceitos de campo eletromagnético e suas propriedades, da constituição da bobina e em seguida aplicou o questionário referente aos itens 1 (Identificação dos componentes e finalidade de cada item) e item 2 (Detectando a presença de campo eletromagnético).



Figura 2: Explicação das partes constituintes do aparato experimental
 Fonte: foto de Reginaldo Eustáquio

|Atividade 3 (2 horas/aula): os alunos receberam os equipamentos e fizeram a experimentação referente ao item 3 (verificando a presença de tensão elétrica transportada pelas OEM). Logo após, os alunos passaram para o item (identificando as antenas geradoras e receptoras de ondas eletromagnéticas).

Atividade 4 (2 horas/aula): o professor fez uma abordagem dos conceitos presentes em uma onda. Em seguida os alunos responderam ao item (analisando as grandezas de uma onda eletromagnética) (semelhanças e diferenças entre as OEM da BT e do Rádio).

Atividade 6 (2 horas/aula): nesta data os alunos foram avaliados por meio da redação de um texto contendo os conceitos analisados.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para facilitar a análise dos dados divide-se em três polos:

- 1- A pré-análise;
- 2- A exploração do material;
- 3- O tratamento dos resultados, o qual se constitui pela inferência e pela interpretação.

Classificamos as respostas em ótima, boa, regular e ruim. Considera-se ótima a resposta que contenha todos os requisitos necessários para explicar o fenômeno analisado.

Nota explicativa: optamos por prescrever a originalidade das respostas.

Análise das respostas ao item a da 3.1.2 a:

Explique a dependência entre a potência emitida pela lâmpada e as distâncias analisadas.

Tabela 1: Resultados da questão a da 3.1.2 a

<u>Classificação</u>	<u>Número de alunos</u>
Ótima	1
Boa	14
Regular	11
Ruim	1

Descrição da classificação da resposta:



Resposta ótima: Deve conter a dependência da potência em função da distância da fonte criadora do campo eletromagnético, evidenciando que o agente causador da luminosidade da lâmpada é o campo elétrico, e explicitar que a intensidade desse campo é inversamente proporcional à distância.

Resposta boa: Deve evidenciar a dependência da potência emitida pela lâmpada, em função da distância da fonte e deve conter algumas características do agente causador.

Resposta regular: Deve contemplar algumas características do agente causador da dependência da luminosidade da lâmpada com a distância.

Resposta ruim: A que não contemplar nenhuma das características citadas anteriormente.

Obs. Na tabela abaixo A, significa aluno e G, significa grupo.

Exemplos de respostas classificadas como boas.
A4G2 – A intensidade do brilho depende diretamente da quantidade de campo elétrico envolvido na lâmpada. Ao afastar a lâmpada da bobina o campo elétrico diminui.
A2G3 - Para apresentar mais brilho, a lâmpada deve estar mais próxima da BT, pois lá é o ponto de maior tensão. Pode-se perceber que quanto mais se afasta a lâmpada desse ponto, seja distanciando em direção ao solo ou distanciando da própria bobina, o brilho da lâmpada vai ficando mais fraco.

Das respostas analisadas, doze evidenciaram a fonte criadora e a influência do campo elétrico no brilho da lâmpada, correlacionando a redução da intensidade do campo elétrico com a queda da luminosidade da lâmpada.

Exemplos de respostas classificadas como regulares.
A3G2 – A intensidade do brilho depende diretamente da quantidade de campo na lâmpada. Ao afastar a lâmpada da bobina, diminui.
A1G5 - Quanto mais se afasta a lâmpada do campo magnético, menor fica seu brilho, pois o campo vai perdendo sua área de alcance.

Um número considerável de respostas foi classificado como regular. Nessas, foi possível observar uma certa confusão quanto aos conceitos de campo elétrico e campo magnético, o que nos leva a concluir que uma revisão mais detalhada desses conceitos deve ser feita antes da análise experimental. Todavia, surge a pergunta: os alunos sabiam a diferença entre os campos elétricos e magnéticos criados, respectivamente, por uma carga e por uma corrente elétrica, e os campos criados de forma mútua nas ondas eletromagnéticas?



5.1 Análise dos textos escritos como forma de avaliação dos conteúdos

Orientação para a dissertação: O texto deve conter a constituição da bobina e a sua relação com a criação, transmissão, detecção e recepção das OEMs. No mesmo deve ser feita uma correlação com as equações de Maxwell e com o aparato analisado. Deverá também contextualizar as primeiras pesquisas sobre o rádio e o experimento analisado.

A1G1 – A bobina de Tesla é composta por um transformador de Neon TP, que possui a função de elevar a tensão da rede que é de 127VAC para o valor de 12kVAC, alimentando assim o capacitor.

O capacitor C possui a função de alimentar com uma energia X a bobina primária, através do seu descarregamento após um Y tempo de carregamento que é definido por uma constante RC que poderá se calculado através do produto da capacitância em Faraday pela resistência equivalente de Thevin.

O faiscador F tem a função de definir o valor da tensão do descarregamento do capacitor, este valor que pode variar de uma tensão mínima até máxima 12kV, através do ajuste de distância dos seus terminais, utilizando o fenômeno de rompimento da rigidez dielétrica do ar, dependendo da distância dos seus terminais o capacitor irá carregar até o valor desejado e irá descarregar na bobina primária.

A bobina primária tem a função de produzir o campo eletromagnético variável, através da circulação de corrente provida do capacitor. E a bobina juntamente com o capacitor formará o circuito oscilador CL que definirá a sequência de oscilação do campo eletromagnético. Logo se o seu desejo é mudar a frequência da tensão induzida devo trabalhar no valor do capacitor ou B primária, no caso da BT é viável no capacitor.

A bobina secundária é cortada pelo campo eletromagnético de alta frequência advinda da Bp e gera uma tensão de mesma frequência, mas o seu valor respeitará a formula da relação $V_p N_p = V_s N_s$ deduzindo $V_p = V_s N_p / N_s$, onde V_p =tensão primário, N_p =número de espiras de primário, V_s =tensão secundário, N_s =número de espiras do secundário.

Tudo isso só é possível devido a colaboração e intervenção de várias figuras da história.

As equações de Maxwell vão comprovar as experiências feitas na prática, onde há uma interação entre a criação do campo elétrico pela simples presença de elétrons, sua equação do campo magnético comprova a geração de campo magnético pela circulação dos elétrons que carregam consigo o campo elétrico.

O que dizer sobre a participação de Tesla e Marconi, onde de forma prática, aplicou toda a teoria eletromagnética, com a construção da bobina que recebeu seu nome, BT, onde sua visão inicial que perdurou até o fim de sua vida era a transmissão de energia sem a necessidade de fio elétrico.

O que de forma indireta se transformou na transmissão de rádio que temos até hoje. Já a façanha de desenvolver a ideia de transmitir informação, claro utilizando o princípio da BT, coube a Marconi e ao Padre Landell, que mesmo separados pela geografia, e pelas dificuldades da troca de informações, realizaram experimentos com a transmissão de radio.

Segundo historiadores a transmissão de rádio mesmo patenteada por Marconi havia sido inventada efetivamente pelo Padre Landell, poucos anos antes.



Mas, de forma geral, até o reconhecimento científico, foi atribuído a Tesla a grande descoberta da transmissão de energia, seja em pequenos mW (miliwatts) ou em informações mais complexas.

Pois através de uma simples ponta terminal de uma bobina secundária que funcionava como uma antena de transmissão, ele conseguia o transporte de campo eletromagnético que se propagava no espaço, num círculo vicioso onde, campo elétrico gerava campo magnético, e o campo magnético gerava campo elétrico, num efeito semelhante a uma pedra jogada a água, escoando até os nossos dias, como um grito: Obrigado Tesla.

Podemos observar no texto, que mesmo após uma semana os conceitos estavam fixados pelos alunos o que leva-nos a concluir acerca da compreensão dos conceitos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma sequência de atividades experimentais para o ensino de ondas eletromagnéticas usando o aparato experimental Bobina de Tesla. Constituíram o referencial teórico os conceitos sócio-históricos de Vigotski. Assim, colocamos o professor como mediador do processo de ensino e aprendizagem. Desta forma, ao executar a sequência didática, buscou-se interferir no processo experimental, conduzindo à discussão entre os diferentes pontos de vista, das equipes, quando estas relatavam suas análises após executar a experiência e responder às questões.

O trabalho atingiu seus objetivos, desenvolvendo competências para o ensino de física, como habilidades de análise e interpretação referentes às propriedades das OEMs, possibilitando ao aluno fazer uma contextualização destes conceitos perante aspectos tecnológicos presentes no seu cotidiano. Isso foi verificado nos debates, nas análises das respostas e, principalmente, nas questões formuladas pelos alunos. É interessante ressaltar a interação que houve entre o professor e os alunos na execução da sequência didática quando, na visualização dos efeitos do funcionamento da BT, surgiram várias questões que foram fundamentais para a participação do professor como mediador dos debates.

Concluimos esse trabalho confirmando sua contribuição para o ensino por meio da abordagem experimental dos conceitos científicos, instigando nos alunos o raciocínio e o espírito investigativo por meio de uma cooperação mútua na solução dos problemas propostos.

Diante do exposto, pode-se concluir pela viabilidade da aplicação desta sequência didática, pois a BT possibilitou o surgimento de questões que não teriam ocorrido em uma aula puramente teórica ou em experimentos realizados apenas em laboratório na abordagem “fechada”.

7 BIBLIOGRAFIA

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Física, vol.19, n.3, dez. 2002. Acesso em: 03 de janeiro de 2013. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br>



CARVALHO, A. M. P.; **A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos.** Revista Educação e Pesquisa, v. 28, n. 2; 2002.

CHIQUITO, J. Adenilson; LANCIOTTI, Jr. Francesco. **Bobina de Tesla: dos Circuitos Ressonantes LC aos Princípios das Telecomunicações, 2000.**

LABURU, E. Carlos, ARRUDA, M. Sérgio. **A construção de uma bobina de Tesla para uso e demonstrações em sala de aula.** Cad. Cat. Ens. Fis, Florianópolis, 8(1): 64-75, abr. 1991.

MAGALHÃES, F.M., SANTOS, W.S.M. DIAS, C.M.P. **Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física.** Ver. Ensino Fís. Vol.24 no.4 São Paulo 2002.

NETTO, F. Luiz. **Bobina de Tesla.** Acesso em 10 de junho de 2012. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br>

NASCIMENTO, Juares. **Telecomunicações, 2ed.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

SILVA, D. S. Sávio. **A versatilidade da bobina de Tesla na prática docente do ensino do Eletromagnetismo.** 2012. Acesso em: 20 dezembro de 2012. Disponível em: http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc_view/138-a-versatilidade-da-bobina-de-tesla-na-pratica-docente-do-ensino-de-fisica?tmpl=component&format=raw

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes. 1ed. Brasileira, 1987.

VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e Linguagem.* São Paulo: Martins Fontes, 1999