

Carlos Eduardo Laburu
Sérgio de Mello Arruda
Depto. de Física – UEL
Londrina – PR

I. Introdução

Este artigo descreve a construção de uma bobina de Tesla, com a finalidade de equipar o professor com um aparelho para demonstração de fenômenos elétricos em nível de terceiro e segundo graus.

Em um curso de eletromagnetismo, muitas vezes faltam algumas demonstrações experimentais, em função da falta de equipamentos adequados à sua realização. A bobina de Tesla nos dá a oportunidade de visualizar certos efeitos elétricos interessantes, em virtude de ampliá-los e simula-los, estimulando de certo modo, a curiosidade pelo estudo em pauta. Apesar dos fenômenos eletromagnéticos ligados à bobina se basearem em princípios eletrodinâmicos, analogias podem ser feitas à eletrostática, ampliando a aplicação demonstrativa do aparelho.

As experiências que poderão ser realizadas por meio da bobina são: demonstração do efeito corona (o efeito de pontas), uma aplicação da gaiola de Faraday (blindagem eletromagnética), a proteção do pára-raios, a “presença” do campo eletromagnético no espaço, o efeito de altas tensões em gases sob baixas tensões, diferenças entre descargas elétricas num rio e no mar.

No artigo tentaremos focar tão somente a parte de construção e algumas experiências importantes realçadas pela bobina. O objetivo não é aprofundar a base teórica das experiências e nem o funcionamento da bobina. Neste último, uma pequena explicação introdutória será dada como subsídio à montagem do equipamento.

Salientamos que todo o material necessário a construção da bobina pode ser achado sem dificuldades no mercado.

Um aviso importante é recomendável, no sentido de que o aparelho trabalha com altas tensões e, portanto, deve-se ter o máximo de cuidado na fase de

montagem e testagem. Este perigo pode ser minimizado, separando-se o circuito elétrico que apresenta risco no local de operação da bobina, como detalharemos abaixo.

II Construção

II.1 Material utilizado

- Transformador: 110/120 V de entrada

 - 5 KV, 30 mA de saída

Este transformador é semelhante àqueles usados em letreiros luminosos para gás néon.

- Fio de cobre esmaltado 26 a 28 para a bobina L2

- Fio condutor número 12 para a bobina L1

- Parafina (vela derretida)

- Tubos PVC de 400 mm de comprimento e de (100; 63; 54)mm de diâmetro, aproximadamente

 - 20 colas Araldite 24 horas

 - 2 placas de vidro de 2,8 mm de espessura por 200 mm de largura e 280 mm de comprimento

 - Dois cilindros de carvão com ponta, por exemplo, grafite de lápis grosso ou duas varas pontudas de tungstênio

 - 2 placas de acrílico com tamanhos semelhantes as de vidro

 - 3 lâminas de alumínio (papel alumínio usado para embrulho)

Obs.: Todas essas medidas são aproximadas.

II.2 Procedimento

A parte com a qual se deve tomar muito cuidado é aquela relacionada ao secundário do transformador, onde há baixa frequência e 5 kV de saída. Portanto, o capacitor, o transformador e o centelhador deverão por segurança estar arranjados convenientemente dentro de uma caixa de madeira, de forma a isolar o operador do aparelho de possíveis acidentes.

Por cima dessa caixa sairão os terminais (colocar um plug macho) que farão a ligação com o indutor (bobina L1 – colocar plug fêmea) externamente. Esses terminais deverão ter um bom encaixe para suportar o peso do indutor à pequena distância.

II.3 O capacitor

A construção do capacitor é exemplificada na Fig. 1, mostrando três placas de papel alumínio separadas por duas de vidro. Todas elas são colocadas com Araldite. As placas de acrílico têm como única função suportar o capacitor. Não esquecer de deixar os terminais do capacitor bem salientes (Vide Fig.1).

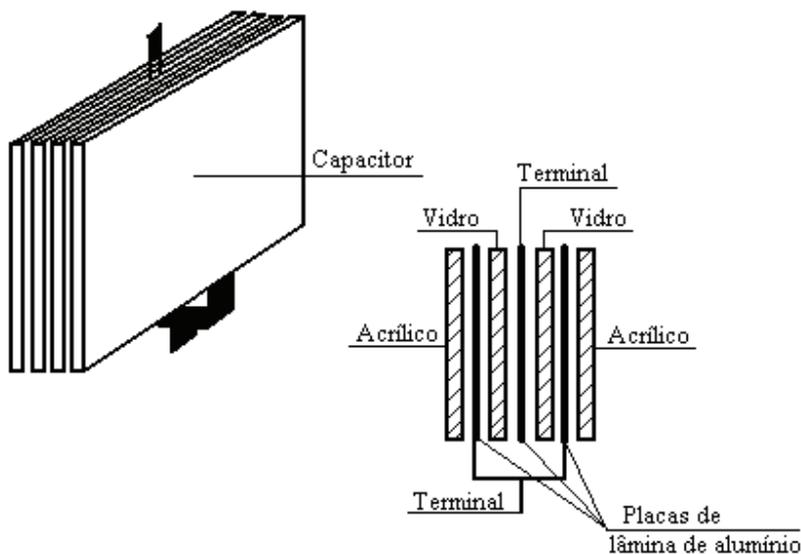


Fig.1- Detalhes do capacitor

II.4 O centelhador

O centelhador consiste de dois cilindros de carvão presos a suportes isolantes (de acrílico, p. ex.), sendo um deles fixo e o outro ajustável (acoplado a um cabo isolante de vidro ou acrílico), de modo que a separação entre eles possa ser regulada (Fig.2). Variando-se a distância entre as pontas de carvão, altera-se a potência de saída da bobina (a qual diminui com a aproximação das mesmas) e pode-se regular o aparelho de acordo com a experiência que vai ser realizada. Embora o centelhador possa ser aberto é melhor fecha-lo num recipiente para diminuir o ruído do faiscamento.

II.5 O indutor

A parte mais delicada e trabalhosa da construção do aparelho é a relativa ao indutor. A sugestão que aqui apresentaremos não é a única e nem a mais fácil, contudo, é a mais segura. Na Fig.3 podemos ver a bobina central (L2)

que deverá ser enrolada com o fio esmaltado 26 ou 28 sobre o tubo de PVC de 54 mm, dando-se aproximadamente 800 voltas. É conveniente passar após o enrolamento esmalte isolante ou uma fina camada de cola sobre as espiras para evitar-se descargas elétricas entre as mesmas, o que em parte já será resolvido com a parafina. Finalizando-se o enrolamento, não esquecer de deixar sobrando os fios laterais que deverão ser ligados a dois plugs fêmeas. Estes plugs serão os terminais de extensão para futuras experiências com a bobina de Tesla (vide Fig. 1, 2, 3, e 4).

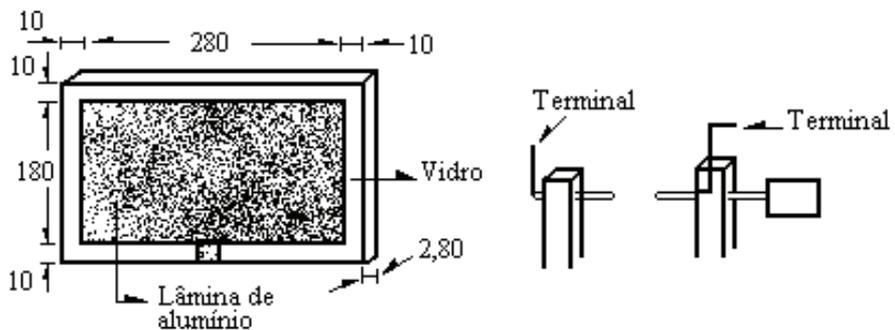


Fig.2- Detalhes do centelhador

A bobina L1 deve ser enrolada com um fio grosso nº 12, de preferência isolado. Tal fio pode ser até uma cinta metálica chata de 10 mm de largura aproximadamente. Usando o tubo de PVC de 63 mm, enrolar aproximadamente 5 espiras, dando-se um espaçamento grande entre elas e situa-las mais ou menos na região central (vide Fig.4 para esclarecimento). Não esquecer de deixar as pontas para a soldagem de dois plugs fêmeas na parte de baixo do indutor.

Por último, um tubo de PVC de 100 mm, com tampas removíveis, deve envolver as duas bobinas L1 e L2. Jogar parafina derretida no interior dos tubos com cuidado, mantendo a centralização dos mesmos. Nas tampas de PVC do tubo de 100 mm colocar os plugs fêmeas.

A fim de que o indutor encaixe na caixa de madeira é necessário que adaptadores sejam construídos debaixo do indutor e em cima da caixa protetora de madeira para conexão dos plugs da bobina L1.

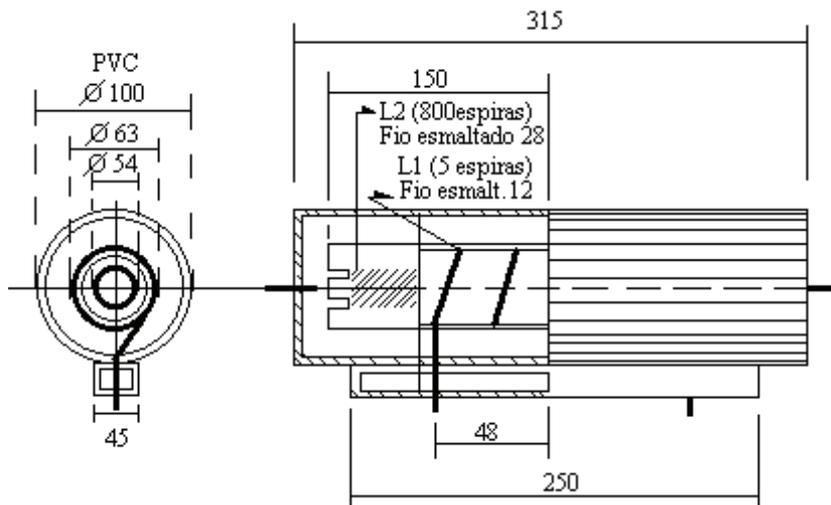


Fig.3- Detalhes do indutor

Não esquecer que nesses plugs estará presente a ddp de 5 kV do secundário do transformador e, portanto, uma conexão segura e protetora se faz necessária.

III. Funcionamento

A bobina de Tesla é um aparelho que trabalha com altas frequências e tensões de saída, chegando-se a produzir com este equipamento descargas elétricas de aproximadamente 6 cm de comprimento, quando o aparelho estiver bem construído e a umidade do ar for baixa.

Observando-se o diagrama em bloco e o esquema elétrico, vemos que o aparelho consiste de um transformador, de entrada 110/120 V e saída 5 kV, ligado a um centelhador (CE), um capacitor (C) e um indutor (L1 e L2). Ao ligar-se o aparelho, o capacitor é carregado até a tensão de ruptura do dielétrico (ar) do centelhador – que representa no fundo duas pontas reguláveis de carvão (grafite de lápis grosso) separadas em até 2 cm de distância aproximadamente – fazendo

com que o circuito se feche por CE e forme um circuito oscilante L1 e C. Em função da relação de espiras entre L2 e L1 ser muito alta consegue-se por indução entre L1 e L2 um aumento de tensão na saída L2 com alta frequência.

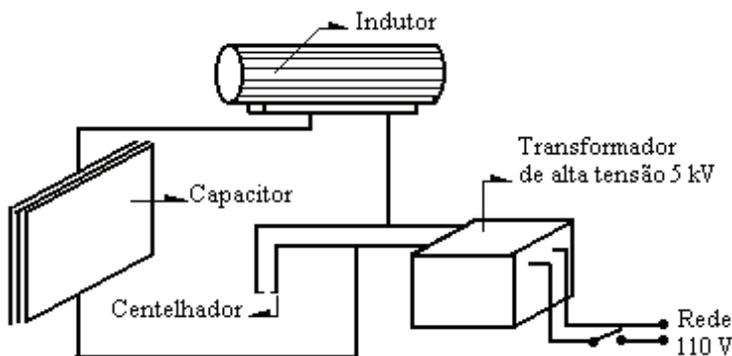
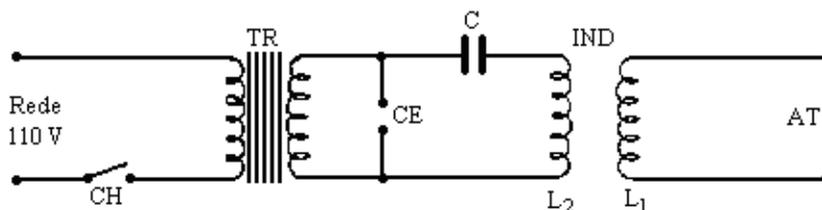


DIAGRAMA EM BLOCO - BOBINA DE TESLA



ESQUEMA ELÉTRICO - BOBINA DE TESLA

Especificações

- TR - Transformador de alta tensão 5 kV
- C - Capacitor
- Ind - Indutor
- CE - Centelhador
- AT - Alta tensão
- L₂ - 800 espiras (fio esmaltado 28)
- L₁ - 5 espiras (fio esmaltado 12)
- CH - Interruptor

Fig.4- Bobina de Tesla: diagrama em bloco e esquema elétrico

Estando o aparelho ligado podemos notar uma luminescência (efeito corona) nos terminais de saída do indutor (AT). Segurando e aproximando uma barra de metal de um dos dois terminais de saída do indutor, amplificamos os efeitos das descargas.

A tensão de saída pode ser variada, regulando-se a abertura do centelhador. É conveniente começar sempre com uma pequena abertura.

IV. Possíveis defeitos

Caso a bobina não mostre faíscas na sua saída podemos primeiramente verificar se o centelhador está suficientemente afastado. Tomada esta providência e não havendo ainda faísca na saída, outro problema comum é curto ou fuga no isolamento mal feito do capacitor; construir um novo capacitor ou tentar melhorar o isolamento com cola.

Outro problema freqüente é o desgaste das pontas do centelhador, principalmente por oxidação.

Por último, outros possíveis defeitos poderiam ser curtos ou descargas entre as espiras do indutor L2.

Um cuidado extremo deve ser tomado caso não apareçam as faíscas nos terminais do secundário do indutor L2, pois pode haver, em caso de má colocação da parafina ou má centralização dos tubos PVC, descargas entre as bobinas L1 e L2.

V. Protótipos do Departamento de Física – UEL

Montamos dois protótipos da bobina de Tesla. O primeiro deles, cuja construção é descrita neste artigo, é mostrado na foto nº 1. Na parte superior estão o primário e o secundário (bobinas L1 e L2). No interior da caixa, o restante dos componentes (transformador, centelhador e capacitor).

A foto nº 2 mostra o segundo protótipo, construído posteriormente. Sua característica básica é a fácil visualização de todos os elementos do circuito. A bobina L2 nesse caso tem 800 espiras de fio nº 28 e foi envolvida com cola e fita isolante de alta tensão. O capacitor é formado por 3 (três) folhas de alumínio, separadas por 4 (quatro) placas de vidro (Foto 3). O transformador é de 16 kV e 30 mA.

VI. Perigos

1º – Alta tensão

A primeira precaução que se deve ter é com a saída do transformador.

Cuidados especiais: evitar mexer no circuito com a tomada conectada à rede (mesmo que o circuito esteja desligado através de uma chave); evitar, quando a demonstração estiver sendo feita, a aproximação demasiada de crianças, etc..

Em relação à tensão de saída em L2, os riscos são menores. A corrente é de alta frequência (MHz) e, embora da ordem de 30 a 40 kV, não é mortal. Entretanto, dependendo da potência de saída (variável com a maior ou menor aproximação entre os terminais do centelhador) ela pode queimar a pele.

2º – Ozônio

Os elétrons liberados e capturados alternadamente nos terminais de L2 ionizam o ar circundante e também produzem Ozônio. É aconselhável trabalhar em lugar ventilado e não deixar a bobina ligada mais que alguns minutos. (O ideal seria aspirar o ar vizinho à bobina com um exaustor.)

Obs.: Não se conhece ainda muito bem os efeitos dos campos eletromagnéticos no organismo humano. Para maiores detalhes sobre essa questão, ver a revista “Superinteressante” de agosto de 1990.

VII. Experiências demonstrativas

VII.1 O efeito corona (efeito de pontas)

Estando a bobina ligada, pode-se observar o efeito nos terminais de saída do secundário L2 (Foto1).

Para melhorar o efeito, usar os seguintes acessórios:

- Acessório 1: adaptado à saída da bobina. Construído de fios de cobre com a seguinte forma:

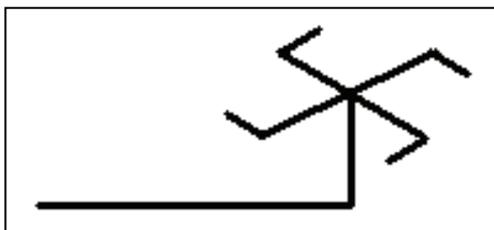


Fig. 5

- Acessório 2: Fixe uma lâmpada incandescente a uma haste de vidro ou material isolante. Ao aproximar a lâmpada do secundário, observa-se o efeito no interior da lâmpada.

VII.2 Descargas elétricas de alta tensão

1. Pára-raios

Adaptar uma pequena plataforma de papelão duro, colocando-se um alfinete de pé no centro da plataforma. O alfinete deve estar aterrado. Na saída da bobina de Tesla liga-se um fio de cobre duro com ponta na extremidade livre. Este fio representará o raio (vide Fig.6).

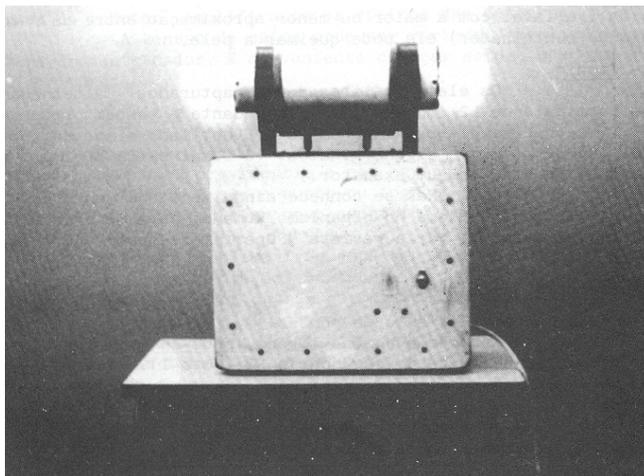


Foto 1- Bobina de Tesla fechada

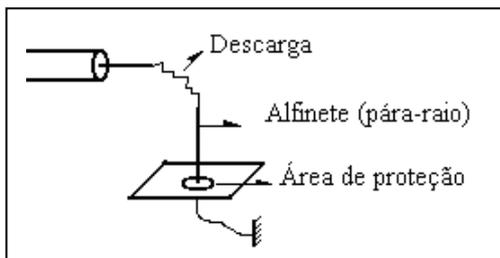
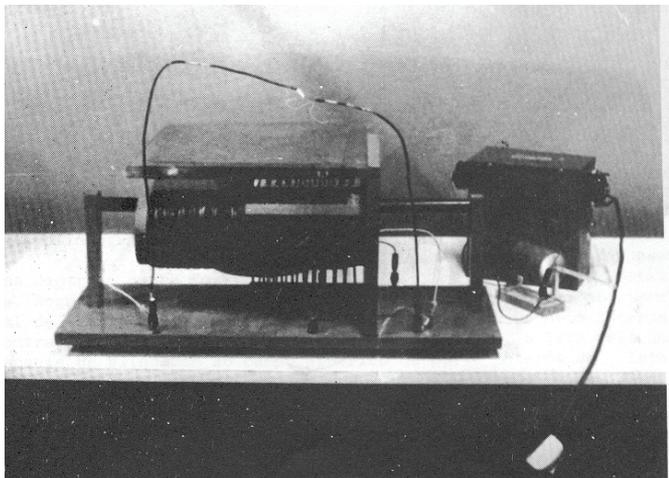


Fig. 6



*Foto 2- Bobina de Tesla aberta.
Atrás: capacitor de placas
Ao lado: transformador (16 kV – 30mA)
centelhador*

Observe que a tendência da descarga não é atingir a plataforma e, sim, o alfinete (pára-raio). Note que há uma região de proteção em torno do pára-raio – que é aproximadamente 2,5 vezes a altura do pára-raio – onde não há descargas quando realizamos um movimento com a plataforma em torno do fio de descarga.

2. Isolante e altas tensões

Acople um fio isolado na saída da bobina com o centelhador no mínimo de funcionamento. Aproxime a palma da mão do fio. Se, agora, escurecer-se temporariamente a sala, observar-se-á que há fugas (descargas) do fio para a mão através do isolante do fio.

3. Descargas elétricas em água doce e salgada

Usando um fio de cobre conectado a um dos terminais do secundário (L2), como na experiência com o pára-raios, pode-se estudar as diferenças entre as descargas elétricas em água doce e água salgada contidas, por exemplo, em dois béqueres. Observa-se que as descargas em água doce espalham-se mais sobre a

superfície do que as descargas em água salgada. A situação simula relâmpagos que caem em rios ou no mar e indica maiores riscos para o primeiro caso.

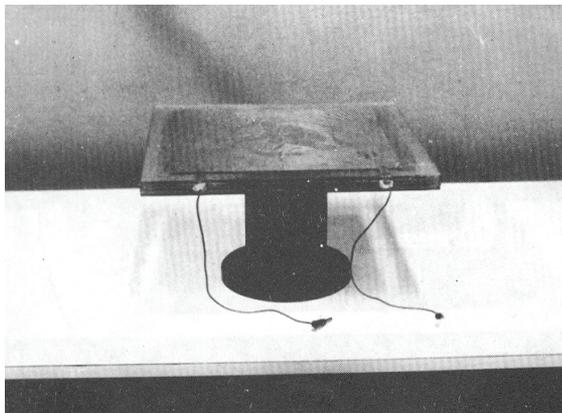


Foto 3- Capacitor

VII.3 Experiências eletromagnéticas

1. Produção de ondas eletromagnéticas

A bobina de Tesla pode ser usada para a demonstração da existência das ondas eletromagnéticas de duas maneiras:

1º- Com um rádio FM pode-se detectar, até a distância de alguns metros, a emissão de ondas na faixa de frequência de MHz.

2º- Aproximando-se do secundário (L2) uma lâmpada fluorescente (que pode estar queimada) ou um tubo de vidro com ar rarefeito, representando um gás à baixa pressão, observa-se que a lâmpada (ou o tubo de vidro) se ilumina. A luz se torna mais intensa à medida que a lâmpada fica mais próxima do secundário. A luminescência da lâmpada, decorrente da ionização do gás em seu interior, é provocada pelo campo eletromagnético emitido pelo secundário.

2. A blindagem eletromagnética

Prenda com fita adesiva duas pequenas lâmpadas néon, uma dentro e outra fora, numa pequena lata metálica ou rede metálica. Segure a lata com as mãos, formando o terra, próximo ao terminal de saída da bobina. Constata-se que a lâmpada de néon interna, contrariamente à externa à lata, não acende. Logo, a lata cria uma espécie de blindagem ao campo elétrico na parte interna da lata, não acendendo a lâmpada.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos Helio Saito e Dari O. Toginho Filho que colaboraram na montagem do protótipo.