

---

# A CONSTRUÇÃO DE UMA BOBINA DE TESLA PARA USO EM DEMONSTRAÇÕES NA SALA DE AULA\*

---

*Carlos Eduardo Laburú*  
*Sérgio de Mello Arruda*  
Departamento de Física – UEL  
Londrina – PR

## **Resumo**

*O trabalho apresenta a construção de uma bobina de Tesla e sugere experimentos de alta tensão para serem demonstrados em sala de aula. Busca-se integrar as demonstrações às aplicações tecnológicas práticas.*

**Palavras-chave:** *Bobina de Tesla, construção, alta tensão, Ensino Médio.*

## **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 algumas demonstrações experimentais não são feitas 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 simulá-los, estimulando, de certo modo, a curiosidade pelo estudo em pauta. Apesar de os 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 baixa pressão, o comportamento de isolantes sob altas tensões, diferenças entre descargas elétricas em um rio e no mar.

---

\* Publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 8, n. 1, abr. 1991.

No artigo tentaremos enfocar 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 explorar o funcionamento da bobina. Quanto a essa, uma pequena explicação introdutória será dada como subsídio à montagem do equipamento.

Salientamos que todo o material necessário à 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. Esse perigo pode ser minimizado, separando-se o circuito elétrico que apresenta risco no local de operação da bobina, como detalharemos adiante.

## **II. Construção**

### **1. Material utilizado**

- Transformador: 110/120 V de entrada e 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  $L_2$ ;
- Fio condutor número 12 para a bobina  $L_1$ ;
- Parafina (vela derretida);
- 3 tubos de PVC de 400 mm de comprimento e com diâmetro de 100, 63 e 54 mm, aproximadamente;
- 2 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 às de vidro;
- 3 lâminas de alumínio (papel alumínio usado para embrulho).

**Observação:** Todas essas medidas são aproximadas.

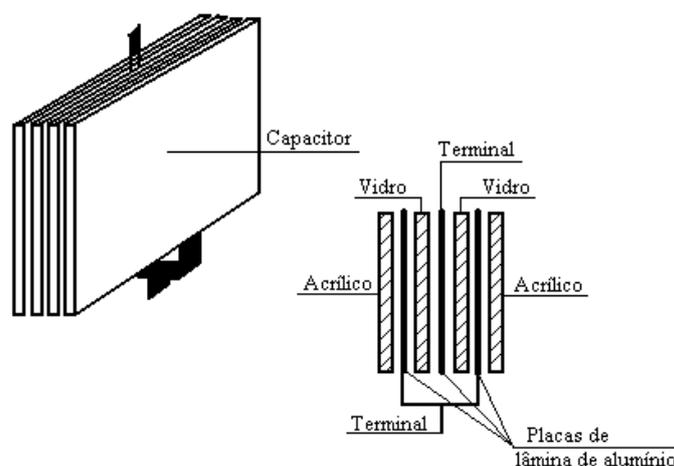
### **2. Procedimento**

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, evitando possíveis acidentes.

Por cima dessa caixa sairão os terminais (colocar um plug macho) que farão a ligação com o indutor (bobina  $L_1$  – colocar plug fêmea) externamente. Esses terminais deverão ter um bom encaixe para suportar o peso do indutor e, para não oferecer perigo ao operador, manter a caixa de madeira e o indutor a pequena distância.

### 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 coladas com Araldite. As placas de acrílico têm como única função suportar o capacitor. Não se deve esquecer de deixar os terminais do capacitor bem salientes (Vide Fig. 1).



*Fig. 1 - Detalhes do capacitor.*

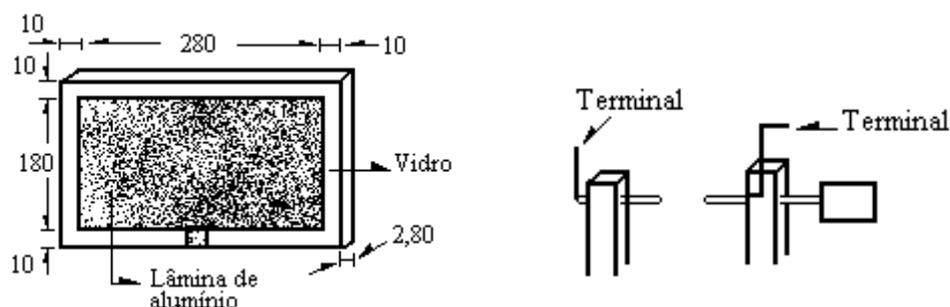
### 4. O centelhador

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 fechá-lo em um recipiente para diminuir o ruído do faiscamento.

### 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 ( $L_2$ ), que é

constituída pelo tubo de PVC de 54 mm, enrolado com o fio esmaltado 26 ou 28, dando nele 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 elas, o que em parte já será resolvido com a parafina. Finalizando-se o enrolamento, não se deve esquecer de deixar sobrando os fios laterais que deverão ser ligados a dois plugs fêmeas. Esses 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  $L_1$  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, deve-se enrolar aproximadamente 5 espiras, dando um espaçamento grande entre elas, situando-as mais ou menos na região central (vide Fig. 4 para esclarecimento), não esquecendo 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  $L_1$  e  $L_2$ . Parafina derretida deve ser jogada no interior dos tubos com cuidado, mantendo-os centralizados. Nas tampas de PVC do tubo de 100 mm, deve ser colocado os plugs fêmeas.

É necessário que adaptadores sejam construídos debaixo do indutor, a fim de que este se ajuste à caixa protetora de madeira, e em cima desta, para conexão dos plugs da bobina  $L_1$ .

Não se deve 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 esse equipamento descargas elétricas de

aproximadamente 6 cm de comprimento, quando o aparelho estiver bem construído e a umidade do ar for baixa.

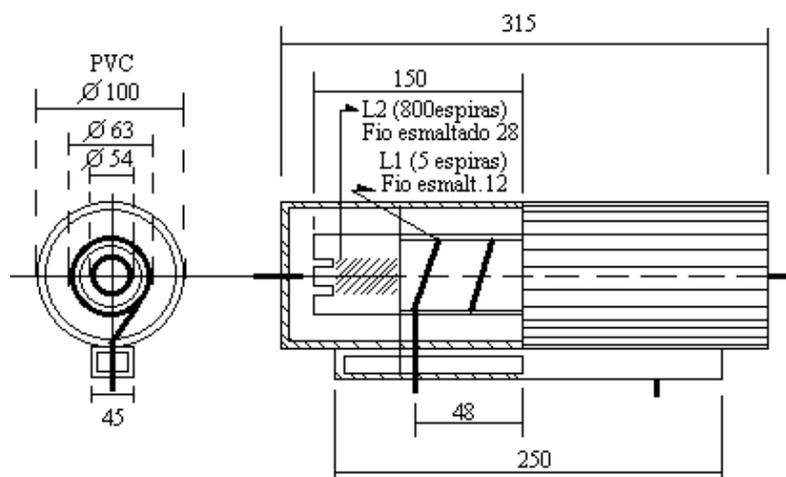


Fig. 3 – Detalhes do indutor.

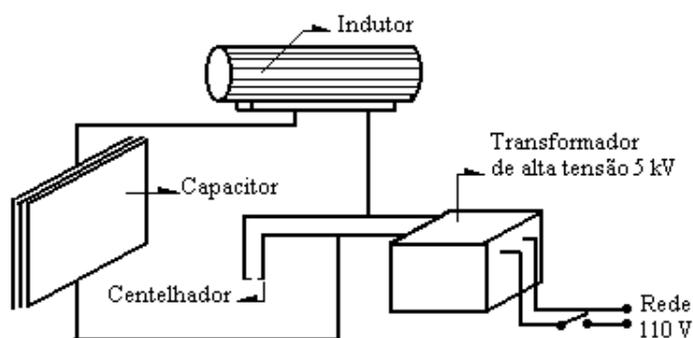
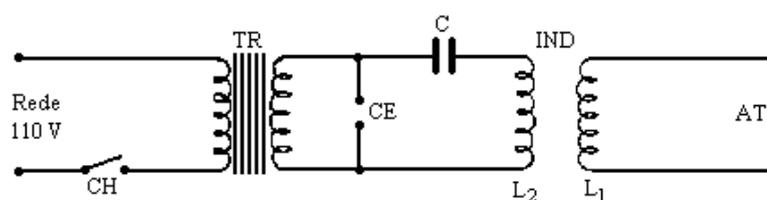


DIAGRAMA EM BLOCO - BOBINA DE TESLA



ESQUEMA ELÉTRICO - BOBINA DE TESLA

- Especificações
- TR - Transformador de alta tensão 5 kV
  - C - Capacitor
  - Ind - Indutor
  - CE - Centelhador
  - AT - Alta tensão
  - L<sub>2</sub> - 800 espiras (fio esmaltado 28)
  - L<sub>1</sub> - 5 espiras (fio esmaltado 12)
  - CH - Interruptor

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

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 ( $L_1$  e  $L_2$ ). 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  $L_1$  e C. Em função da relação de espiras entre  $L_2$  e  $L_1$  ser muito alta, consegue-se, por indução entre  $L_1$  e  $L_2$ , um aumento de tensão na saída  $L_2$  com alta frequência.

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 essa providência e não havendo ainda faísca na saída, outro problema comum é curto ou fuga no isolamento mal feito do capacitor; neste caso, deve-se 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  $L_2$ .

Um cuidado extremo deve ser tomado caso não apareçam as faíscas nos terminais do secundário do indutor  $L_2$ , pois pode haver, em caso de má colocação da parafina ou má centralização dos tubos PVC, descargas entre as bobinas  $L_1$  e  $L_2$ .

#### **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 1. Na parte superior estão o primário e o secundário (bobinas  $L_1$  e  $L_2$ ) e, no interior da caixa, o restante dos componentes (transformador, centelhador e capacitor).

A foto 2 mostra o segundo protótipo, construído posteriormente. Sua característica básica é a fácil visualização de todos os elementos do circuito. A bobina

$L_2$ , 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**

### **1. 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  $L_2$ , 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.

### **2. Ozônio**

Os elétrons liberados e capturados alternadamente nos terminais de  $L_2$  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.)

### **Observação**

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

## **VII. Experiências demonstrativas**

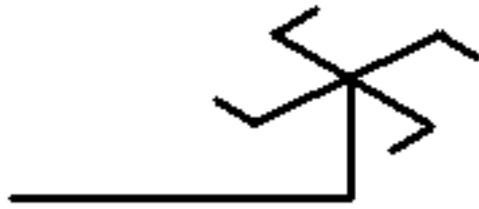
### **VII.1 O efeito corona (efeito de pontas)**

Estando a bobina ligada, pode-se observar o efeito nos terminais de saída do secundário  $L_2$  (foto 1).

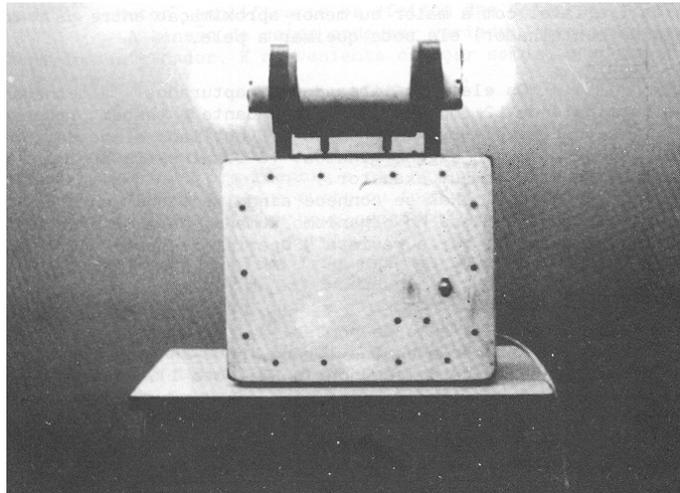
Para melhorar o efeito, usar os seguintes acessórios:

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

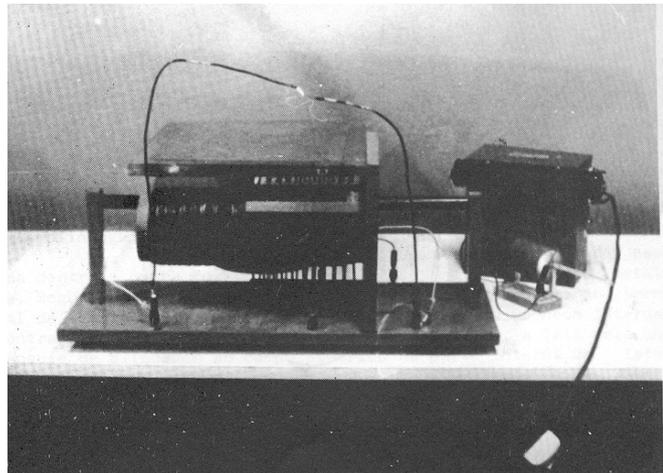
- Acessório 2: Fixe uma lâmpada incandescente a uma haste de vidro ou material isolante. Ao aproximar a lâmpada do secundário, observa-se o efeito no interior da lâmpada.



*Fig. 5*



*Foto 1- Bobina de Tesla fechada.*



*Foto 2- Bobina de Tesla aberta. Atrás: capacitor de placas (Foto 3). Ao lado: transformador (16 kV – 30mA) e centelhador.*

## 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. Esse fio representará o raio (vide Fig. 6).

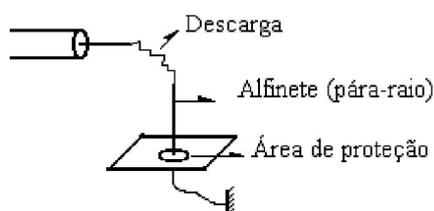


Fig. 6

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. Isolantes 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.

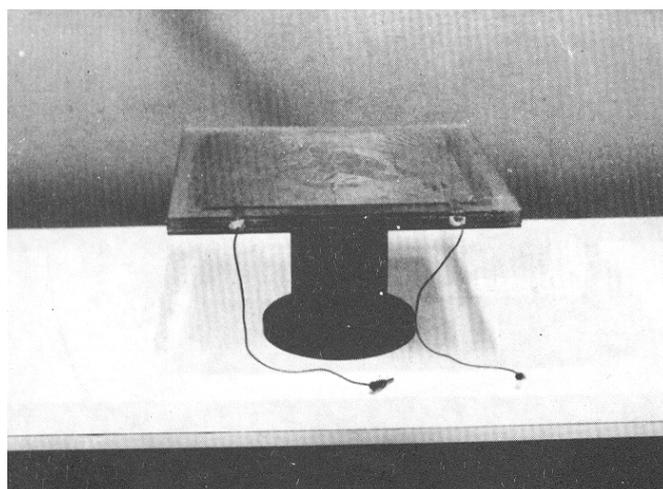


Foto 3 - Capacitor

### **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.

## **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, em uma 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.