

# RELATÓRIO FINAL – F 609

## Lâmpada Incandescente

Aluno: Raí Garcia Torres



raitorresoficial(arroba)gmail.com

Orientador: Francisco Rouxinol

2017

# Índice

Objetivos .....	3
Materiais .....	4
Procedimentos para a construção da lâmpada .....	5
O gás inerte .....	11
Produção de CO <sub>2</sub> .....	12
Propriedades e estrutura do grafite .....	14
Resultado .....	15
Resistividade, Resistência elétrica e as dimensões dos filamentos	
Conclusões .....	19
Referências Bibliográficas .....	20

# Introdução

O controle da energia elétrica foi um dos maiores avanços que a ciência proporcionou à humanidade, se tornando uma parte essencial da vida moderna, sendo utilizada para iluminação, aparelhos domésticos, elevadores, condicionadores de ar, computadores, telefones, como também sendo essencial na produção de comida, roupas, papel e muitas outras coisas. Uma das tecnologias mais importantes desenvolvidas foi a luz elétrica incandescente, no final do século XIX começo do século XX. Ela permitiu às pessoas o controle sobre a iluminação dentro de suas casas e locais de trabalho através do clique de um botão. Antes deste período, as pessoas tinham que utilizar velas, lâmpadas a óleo e gás, e fogo para iluminação. Este controle da iluminação modificou os padrões de vida da sociedade, alterando os horários de trabalho e diversão, como também permitindo que fábricas funcionassem por mais tempo, criando as famosas “cidades que nunca dormem” ou cidades “Luz”.

Entender a importância da energia elétrica, o seu papel em nossa vida, além de como ele é produzida e consumida de forma eficiente é muito importante do ponto de vista educacional.

## Objetivos

Neste trabalho, temos como objetivo específico detalhar a construção de uma lâmpada incandescente utilizando materiais de fácil acesso a professores e alunos de ensino fundamental. Além da construção de uma lâmpada, queremos com este experimento criar uma plataforma para ensinar ao estudante algumas ideias de circuitos elétricos, corrente alternada e corrente contínua, resistividade, voltagem e a influência da atmosfera dentro da lâmpada em seu funcionamento.

Para construir a lâmpada incandescente, vamos utilizar recipientes de vidro, filamentos de grafite de tamanhos e diâmetros diferentes e uma fonte de tensão. Devido ao aquecimento do filamento de grafite com a corrente elétrica, o carbono do filamento reage com o oxigênio do ar, e temos a geração de fumaça. A utilização de filamentos de

grafite de lapiseira para a fabricação de lâmpadas incandescentes para ensino já foi feita em alguns trabalhos no exterior e no país.

Queremos desenvolver o projeto um pouco mais, modificando a atmosfera existente no interior da lâmpada, utilizando reações químicas simples (ácido acético – vinagre- e bicarbonato de sódio). Além da fabricação da lâmpada, vamos utilizar este projeto para apresentar o modelo da 1ª e 2ª Lei de Ohm e o Efeito Joule.

Deseja-se que ao final do projeto o estudante entenda os motivos para:

1. A luminosidade do filamento de grafite;
2. O efeito da voltagem/corrente no brilho do filamento de grafite;
3. Quais são as energias envolvidas;
4. Qual o efeito da espessura e comprimento do filamento;
5. Como a mudança de atmosfera no bulbo modifica a luminosidade do filamento e o tempo de brilho.

## Materiais

Para construir a lâmpada incandescente de grafite vamos utilizar:

- Grafites de lapiseiras
- Transformador de tensão 12 V
- Fita adesiva isolante
- Fios de cobre
- Potes de vidro com tampa
- Mangueiras de plástico
- Bicarbonato de sódio
- Ácido acético (vinagre)
- Garras jacaré
- Cola quente
- Interruptor
- Plug para tomada
- Chapa de madeira (mesa para montagem)

# Procedimentos para a construção da lâmpada

## *Potes e sistemas de gases*

Nessa parte do experimento, primeiramente, vamos utilizar uma chapa de madeira retangular (55 cm por 40 cm) como suporte para os equipamentos. Montamos os potes de vidro com as mangueiras de plástico sobre o suporte de madeira. Esse sistema servirá para que o CO<sub>2</sub> possa ir de um pote de vidro a outro. Utilizamos potes de vidro grandes o suficiente para que as mangueiras fiquem bem fixadas na tampa e sobre algum espaço. Nesta **primeira etapa** utilizamos os seguintes materiais:

- chapa de madeira
- potes de vidro com tampa
- cola quente
- instrumento de corte de metais
- dois fios para a lâmpada (ver figura 1)
- mangueira de plástico

Fizemos furos nas tampas dos potes e encaixamos as mangueiras e fios elétricos de modo que eles (fios vermelhos na Figura X) fique dentro do pote e presos às garras jacaré. Na tampa do **pote 1** fizemos quatro furos. Dois deles para os fios que irão ligar o filamento de grafite (dentro do pote) à fonte de tensão (fora do pote). Os outros dois furos para as mangueiras 1 e 2 que serão ligados a outros dois potes de vidro. Para ajudar a fixar, e também a vedar os potes e os furos, usamos cola quente.



Fig. 1: pote 1, mangueiras 1 e 2 para os gases e fios vermelhos para a lâmpada

Na tampa do **pote 2** fizemos dois furos: um para a **mangueira 1** (que sai do **pote 1** e que será ligada ao **pote 2**); outro furo para o bicarbonato que será despejado no ácido acético (vinagre) que estará no fundo do **pote 2**. A mangueira do “bicarbonato de sódio” é mantida fechada o tempo todo, sendo aberta somente no momento de sua utilização (para realizar a reação). A mangueira 1 e a mangueira do bicarbonato de sódio foram fixadas na tampa do pote 2, uma em cada furo. Depois fixamos as mangueiras e vedamos o pote e os furos com cola quente.



Fig. 2 :vista lateral da tampa do pote 2



Fig. 3: vista superior da tampa do pote 2



Fig. 4: pote 2 da reação (ácido acético + Bicarbonato de sódio)

Fixe os potes sobre a mesa de madeira também com uso de cola quente.



Fig. 5: sistema de gases

A figura 5 mostra o sistema de gases montado. O pote 3 ficará aberto, tomando cuidado para que a mangueira que vem do pote 1 fique com a ponta dentro da água. Deixamos esse pote aberto para que os gases escapassem.

### *Circuito elétrico e filamento*

Na **segunda etapa** fizemos a montagem do circuito elétrico para o funcionamento da lâmpada de grafite.

Os materiais necessários para a **segunda etapa** são:

- conector de tomada (plug)
- fios elétricos
- chave Phillips para parafusar
- interruptor simples
- garras jacaré
- cola quente
- fita isolante
- transformador de tensão

Com dois pedaços de fios e as “garras jacaré”, construímos a parte que será responsável por segurar os filamentos de grafite dentro da lâmpada.



Fig. 6

Instalamos um conector de tomada (plug) na entrada do transformador (parte que irá na tomada) – ver figura 7.



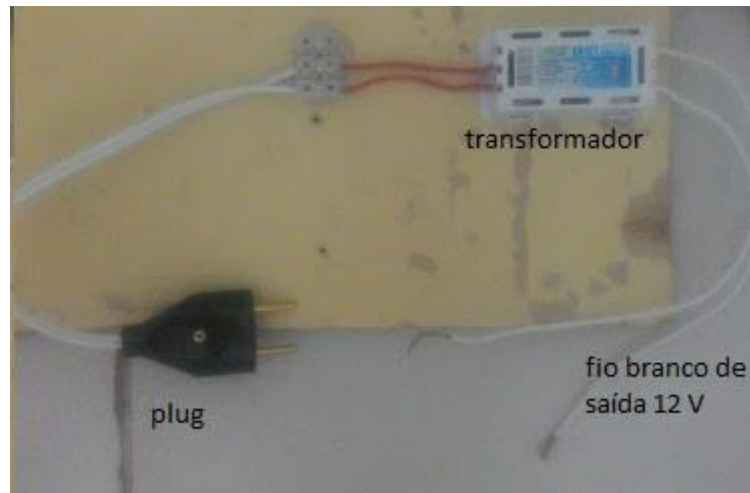


Fig. 7

Um dos fios brancos (de saída) do transformador ligamos ao interruptor – ver figura 8. Deste modo podíamos controlar a passagem de corrente no circuito.



Fig. 8

O outro terminal da lâmpada seguirá até o outro fio de saída do transformador, fechando assim o circuito com interruptor – ver figura 9 e 10.



Fig. 9

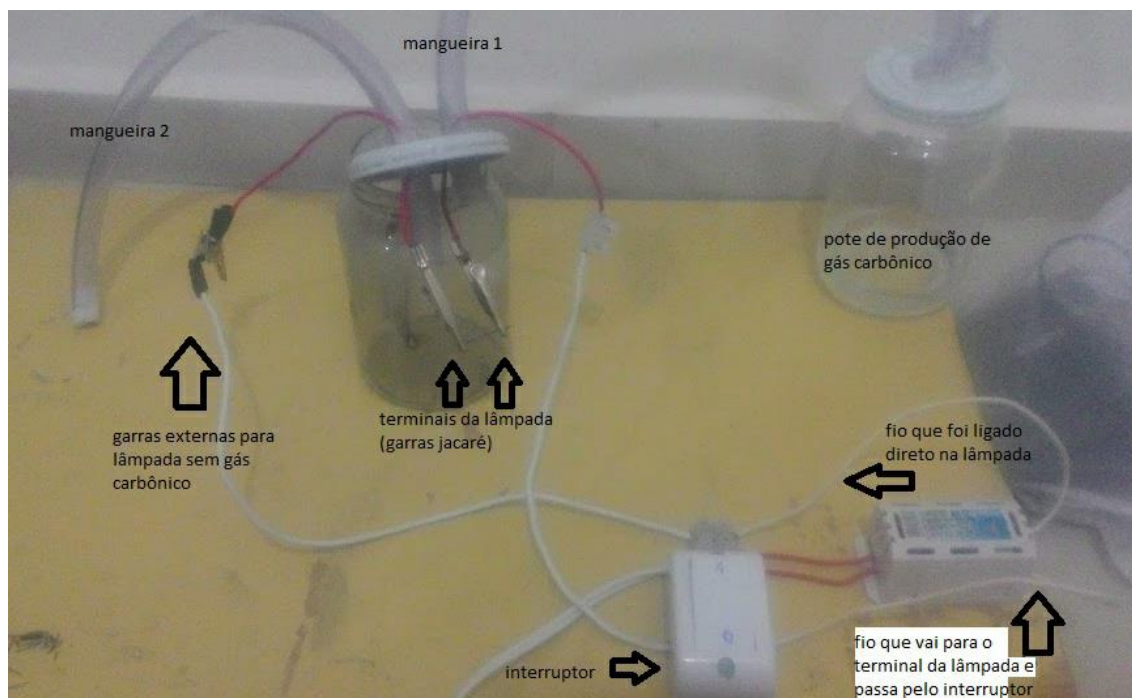


Fig. 10

Repare que existem outras duas “garras jacaré” que estão em série, fora do **pote** 1. Elas servirão para testar filamentos sem gás inerte (CO<sub>2</sub>).

O experimento funciona muito bem utilizando 8 pilhas do tipo D. Em nosso experimento, utilizamos fontes de tensão/transformadores (carregadores de celular, de notebook, lâmpadas, etc.) pois, eram mais baratos e facilitavam a construção do

experimento. Utilizamos uma fonte de saída 12 V com uma potência de 50 W ou de 100 W, como o da figura abaixo, respectivamente:



Fig. 11

## O gás inerte

Nas primeiras tentativas de construção de fontes luminosas, seus criadores [9] perceberam que o tipo de filamento utilizado influenciava na duração da luz emitida pelas lâmpadas. Thomas Edison iniciou utilizando filamentos de carvão saturado em fio de algodão.

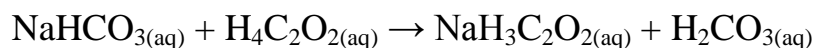
Havia a necessidade de aumentar a duração da luz emitida, pois o carvão tinha uma durabilidade baixa e era necessário que estes materiais chegassem a temperaturas mais altas possíveis (maior luminosidade), e que ao mesmo tempo não queimassem rapidamente, ou seja, que a vida útil fosse alta. Edison iniciou testes com outros tipos de ligas metálicas, verificando que o filamento de bambu era, até o momento e posteriormente o de celulose carbonizada (papel, algodão ou bambu), os que duravam mais tempo, até a chegada do filamento do tungstênio. O tungstênio, por possuir uma baixa pressão de vapor e um ponto de fusão muito elevado, foi o que apresentou a maior eficiência entre os filamentos em uso. Ele podia atingir temperaturas de 3000 °C [9].

Ainda assim, o filamento utilizado não deveria estar em contato com o ar, pois isso reduz a sua vida útil por oxidação do O<sub>2</sub> sobre o filamento. Então, as primeiras lâmpadas eram constituídas por um meio interno (o bulbo) no vácuo. Porém, o vácuo (baixa pressão) aumentava a vaporização do filamento, por consequência reduzia sua vida útil deste. A solução foi inserir no bulbo algum gás inerte, ou seja, que não reagiria com o filamento. Soluções como N<sub>2</sub> (nitrogênio) e Argônio foram utilizadas e, ainda hoje, utilizam-se uma mistura desses dois gases.

Nosso objetivo foi criar uma atmosfera com alguns gases inertes (que não são reativos em circunstâncias normais) e verificar o que ocorre com os filamentos utilizados, obtendo, assim, relações com outras atmosferas e tamanhos e tipos dos filamentos.

Neste experimento utilizamos um gás de fácil obtenção (CO<sub>2</sub>), já que ele deverá ser feito por alunos de ensino médio. Para obtenção de CO<sub>2</sub> será realizada uma reação entre um Sal, o Bicarbonato de Sódio, NaHCO<sub>3</sub>, e o ácido acético (o vinagre), CH<sub>3</sub>COOH (ou H<sub>4</sub>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dois componentes facilmente encontrados em supermercados.

A equação química que representa essa reação é dada por



Como o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3(aq)</sub>) é um ácido instável, ele sofre decomposição gerando gás carbônico (CO<sub>2(g)</sub>), isto é,



e o CO<sub>2(g)</sub> será nosso gás inerte utilizado para nosso experimento.

## Produção de CO<sub>2</sub>

Agora vamos ao processo de produção do nosso gás inerte. No pote 2, ainda aberto, colocamos no fundo do pote uma quantidade (100 ml) de vinagre. Depois, fechamos o pote 2 e, em seguida, vamos despejamos pela mangueira (com abertura para fora) uma boa quantidade de bicarbonato de sódio, afim de obtermos o surgimento de efervescência, como mostra a figura 12:



Fig. 12 – Efervescência gerada pela reação (Referência [3])

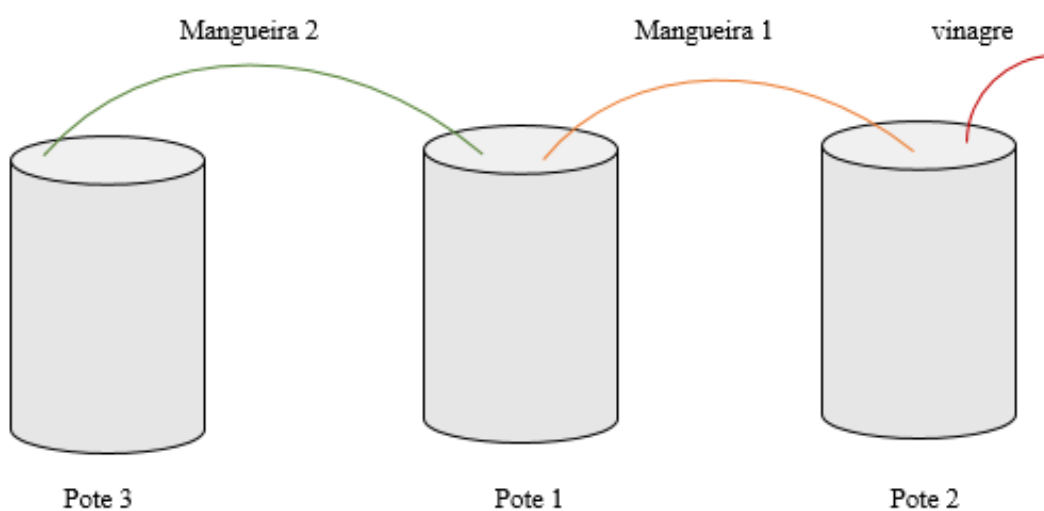


Fig. 13

Após despejar bicarbonato pela mangueira (vermelha) vedamos ela com uma fita adesiva. A reação ocorre liberando gás carbônico, e como o **pote 2** está vedado, o gás segue **mangueira 1** (laranjada), para o **pote 1**. Assim, o gás oxigênio e nitrogênio, que estavam no **pote 1**, são “empurrados” pelo gás carbônico produzido para o **pote 3**, fazendo que no **pote 1** fique preenchido por gás carbônico.

No **pote 3**, a **mangueira 2** ficará submersa em água de torneira. Assim, os gases que antes estavam no **pote 1**, serão expelidos pelo pote 3. Com isso, conseguimos obter uma atmosfera rica em gás carbônico no **pote 1**.

## Propriedades e estrutura do grafite

O grafite é um mineral (grafita) e um dos alótropos do carbono (ex.: diamante), porém, ao contrário do diamante, o grafite é um condutor elétrico. Há, então, diversas aplicações do carbono, como em eletrodos e baterias, isso porque seu ponto de fusão é bastante elevado, isto é, resiste muito bem em altas temperaturas sem perder suas propriedades físico-químicas. O grafite naturalmente apresenta uma estrutura cristalina na forma hexagonal. Este cristal é constituído por plano paralelos tais que cada átomo de carbono se liga a outros três átomos de carbono vizinhos num ângulo de  $120^\circ$ . Para átomos de carbono de um mesmo plano (ou camada) existe uma forte ligação entre eles chamada de ligação covalente, o que causa uma aproximação entre eles. Já para átomos de camadas distintas, verifica-se a existência de ligações de Van der Waals, portanto ligações fracas entre as camadas paralelas. Segue uma imagem dessa estrutura:

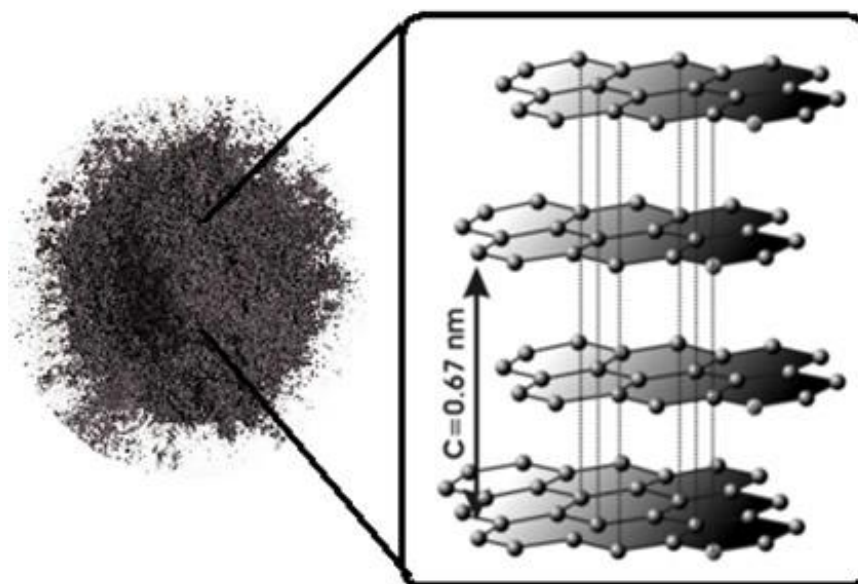


Fig. 14 – estrutura química do grafite (Referência [15])

	<b>Grafite</b>	<b>Diamante</b>
<b>Cor</b>	Cinza-escuro	Incolor
<b>Dureza</b>	Baixa dureza, sólido mole	Elevada dureza (sólido mais duro)
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,26	3,51
<b>Ponto de Fusão (°C)</b>	3550	Indeterminado
<b>Ponto de Ebulição (°C)</b>	4200	Indeterminado
<b>Estabilidade</b>	Mais estável	Menos estável
<b>Ângulo das ligações</b>	120°	≈ 109°
<b>Condução térmica</b>	Não	Sim
<b>Condução de corrente elétrica</b>	Sim	Não

Fig. 15 – Comparativo das propriedades físicas entre grafite e diamante (Referência [15])

## Resultados

### Resistividade, Resistência elétrica e as dimensões dos filamentos

Existe uma propriedade dos materiais condutores de eletricidade que é identificada como a capacidade resistiva à passagem de corrente elétrica, onde para cada material possui um valor particular, isto é, cada material tem a sua resistividade elétrica.

Utilizando um multímetro, conseguiremos encontrar a **resistência elétrica** dos grafites e depois calcular (pela 2ª Lei de Ohm) qual é a **resistividade elétrica** do material utilizado, como mostra o esquema abaixo:



Fig. 16 – medindo a resistência dos grafites

Após a medição de R ter sido feita com auxílio de um multímetro, utilizaremos a expressão

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

que também nos fornece a resistência **R** do material. Porém, através dessa expressão não é possível saber tal valor de **R** sem saber o valor de  $\rho$  (a resistividade elétrica do material). Entretanto, como o **R** já foi medido com o multímetro, podemos reorganizar a relação explicitando  $\rho$  em função das outras variáveis, isto é:

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

onde A é a área da seção reta do filamento e L o comprimento do filamento.

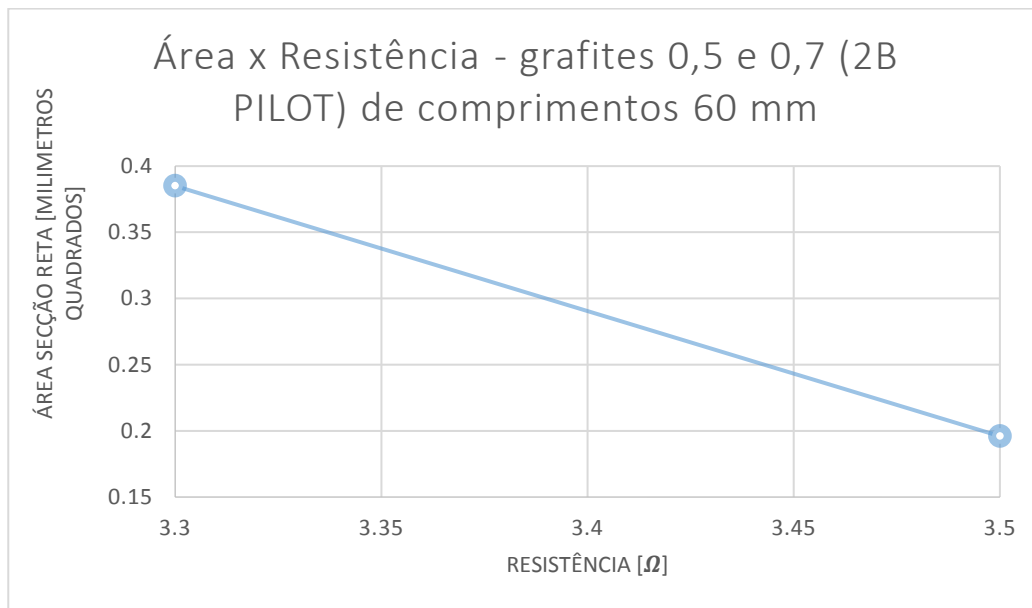
Usando o multímetro na escala de resistência, com fundo de escala em 200  $\Omega$ , obtivemos os seguintes valores de **R**, com  $A = \frac{L^2}{4} \pi$

Grafite PILOT	Diâmetro [mm]	Raio [mm]	Comprimento [mm]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Resistência [ohm]	Resistividade [Ohm.mm]
0,5 2B	0,5	0,25	60	0,196	3,5	0,0114
0,5 2B	0,5	0,25	30	0,196	2,7	0,0177
0,7 2B	0,7	0,35	60	0,385	3,3	0,0224
0,7 2B	0,7	0,35	30	0,385	2,4	0,0308
0,7 HB	0,7	0,35	60	0,385	3,1	0,0199
0,7 HB	0,7	0,35	30	0,385	2,2	0,0282

Tabela 1: Medidas das dimensões, resistências e resistividades elétricas dos grafites

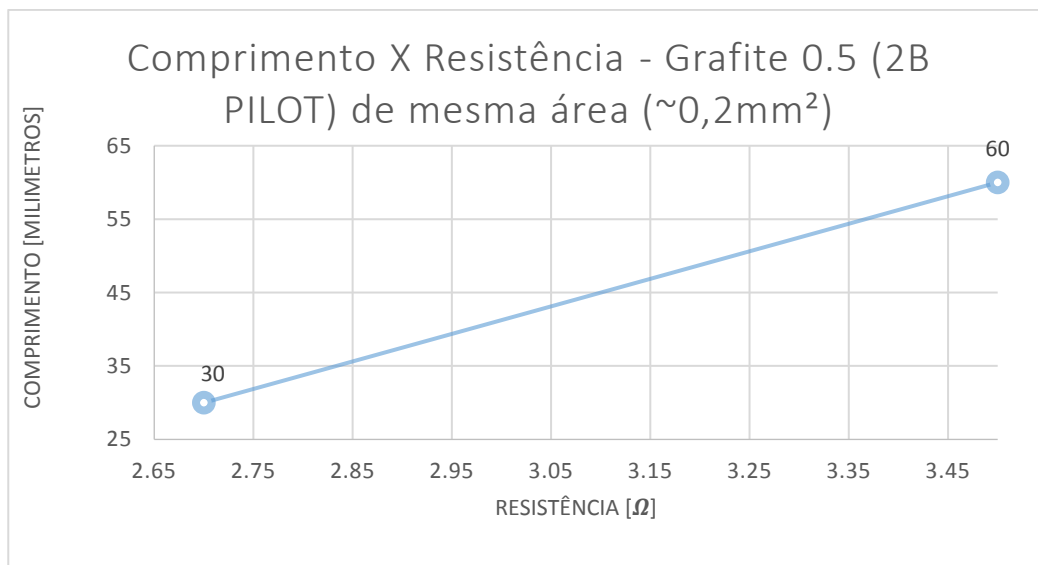
Com auxílio da tabela acima foi possível realizar algumas comparações e interpretar o que acontecia com a resistência elétrica dos filamentos em relação às dimensões dos grafites.





Como esperado, o valor da resistência aumenta à medida que diminui-se o diâmetro dos grafites.

Também foi possível relacionar o comprimento e a resistência:



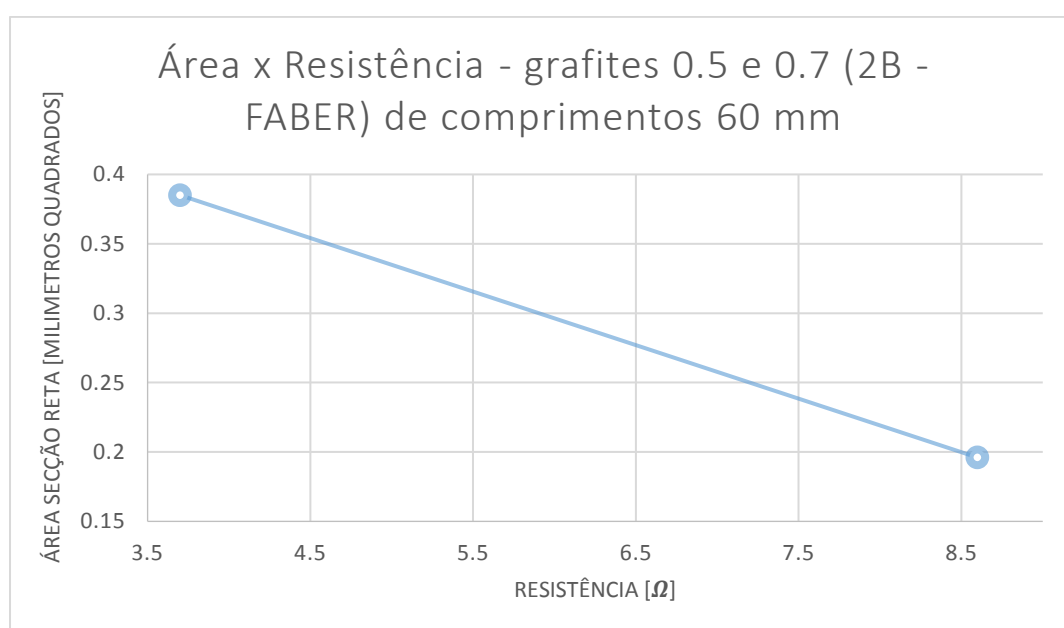
Percebe-se que a resistência aumenta à medida em que aumenta o comprimento, como nos diz a 2ª Lei de Ohm.

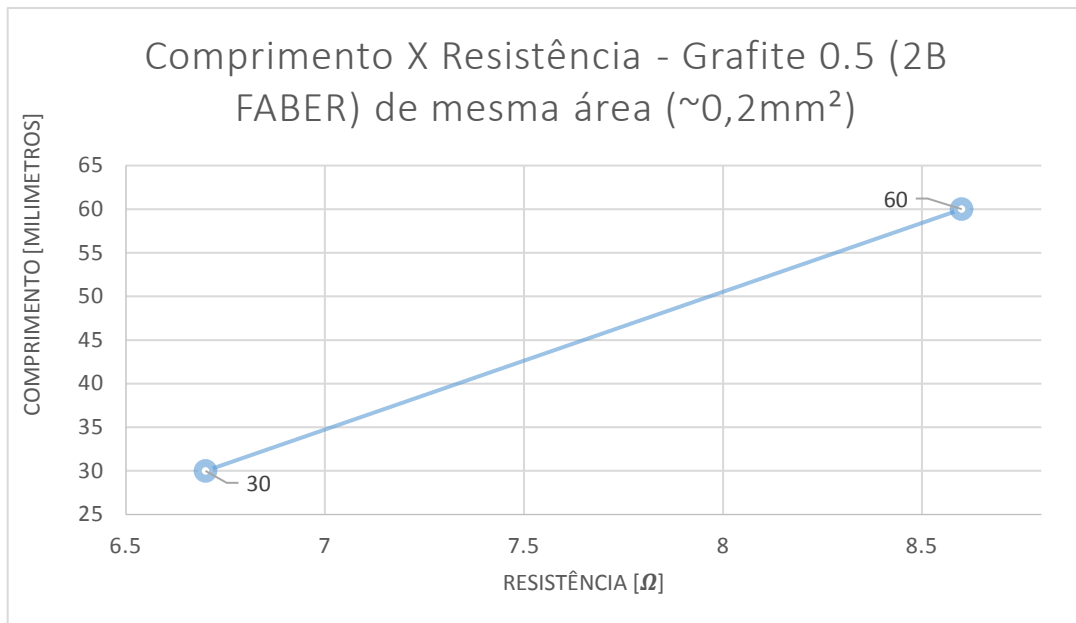
A tabela abaixo nos fornece dados de grafite de outra fabricante:

Grafite – Faber	Diâmetro [mm]	Raio [mm]	Comprimento [mm]	Área [mm <sup>2</sup> ]	Resistência [ohm]	Resistividade [Ohm.mm]
0,5 2B	0,5	0,25	60	0,196	8,6	0,0281
0,5 2B	0,5	0,25	30	0,196	6,7	0,0438
0,7 2B	0,7	0,35	60	0,385	3,7	0,0237
0,7 2B	0,7	0,35	30	0,385	2,5	0,0321

Tabela 2: Medidas das dimensões, resistências e resistividades elétricas dos grafites

A partir dos dados medidos e calculados, obteve-se gráficos para comparar variáveis e verificar a Lei de Ohm, como feito anteriormente para a outra fabricante:





## Conclusão

Com o projeto e todo o trabalho feito durante a construção da lâmpada, consegui verificar a possibilidade de uma aula com os alunos, mostrando à eles, de maneira prática, histórica e teoricamente como a Física funciona.

A parte da construção foi bastante trabalhosa onde encontramos algumas dificuldades para que o experimento funcionasse de maneira que o fenômeno da luz surgisse. Em experimentos encontrados na internet, que tinham o mesmo objetivo, a fonte de alimentação eram pilhas alcalinas. No nosso experimento utilizamos um transformador de tensão, isso facilitou na construção como um todo e também na questão financeira. O problema foi encontrar um transformador que fizesse o mesmo que as pilhas podiam fazer, ou seja, fornecer a mesma energia elétrica suficiente para aquecer os filamentos de grafite e emitir luz, que também dependia da composição do grafite. Além do transformador, o tipo de filamento também influenciava na emissão de luz. Para o experimento, grafites do tipo 2B funcionaram muito bem para o tipo de transformador utilizado. Vale lembrar que os transformadores utilizados não devem ser ligados por um tempo muito prolongado, de maneira que não esquentem muito, pois podem queimar.

Outra parte do experimento foi a criação de um meio que continha gás inerte. Potes de vidro, tubos plásticos e uma reação química – que gerou gás carbônico- foram suficientes para verificar o que ocorria com o filamento nesse meio. A hipótese inicial foi que os filamentos durariam maior tempo imersos em gás carbônico. Entretanto, verificou-se que o tempo de emissão de luz se reduzia em todos os casos. A causa disso pode ser atribuída à temperatura de dissociação do gás carbônico, que se dissocia em oxigênio (e monóxido de carbono) fazendo o filamento queimar mais rapidamente [19][20].

### *Comentário do Prof. Rouxinol:*

*Durante este semestre tivemos reuniões semanais sobre o projeto. O aluno trabalhou bastante tentando resolver problemas de contato elétrico entre os fios elétricos da fonte e os filamentos de grafite. Muitos dos problemas surgiram do composição química dos filamentos de grafite, que são diferentes para cada fabricante e afetavam o funcionamento do experimento. Na segunda parte do trabalho o estudante trabalho na comparação do tempo de duração do filamento na atmosfera de CO<sub>2</sub> e no ar. Discutimos bastante os resultados observamos para o tempo de duração do filamento com a atmosfera de ar (N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>) e de CO<sub>2</sub>. Além de relatar o trabalho feito durante o semestre, o relatório teve como objetivo criar um guia para o ensino de conceitos de eletricidade (resistência, corrente, voltagem etc.) para alunos do ensino fundamental e médio. Devido ao trabalhado feito durante este período, as interessantes conclusões sobre o funcionamento do filamento em diferente atmosferas, e o esforço do estudante, a nota do estudante é 10.*

## Referências Bibliográficas

[1] Fundamentos de Física 3, 8ª ed – David Halliday

[2] <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/solubilidade-dos-gases-em-liquidos-a-lei-de-henry.htm>

[3] <http://www.saberatualizado.com.br/2015/12/qual-e-o-real-poder-do-bicarbonato-de.html>

[4] [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000400026](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400026)

- [5]<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/produzindo-gas-carbonico.htm>
- [6][https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_etanoico](https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_etanoico)
- [7][https://pt.wikipedia.org/wiki/Bicarbonato\\_de\\_s%C3%B3dio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Bicarbonato_de_s%C3%B3dio)
- [8][https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s\\_inerte](https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_inerte)
- [9][https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada\\_incandescente](https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_incandescente)
- [10][https://pt.wikipedia.org/wiki/Materiais\\_refrat%C3%A1rios](https://pt.wikipedia.org/wiki/Materiais_refrat%C3%A1rios)
- [11]<https://pt.wikipedia.org/wiki/Grafite>
- [12]<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0209cousteau.pdf>
- [13]<http://oplaygrounddorafael.blogspot.com.br/2013/01/resistor-de-grafite.html>
- [14]<http://www.desenhoonline.com/site/voce-sabia-que-existem-lapis-e-grafites-especificos-para-cada-tipo-de-trabalho/>
- [15] <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/por-que-grafite-conduz-corrente-eletrica-diamante-nao.htm>
- [16]<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/efeitojoule.php>
- [17][https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\\_de\\_Joule](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Joule)
- [18]<https://www.todamateria.com.br/leis-de-ohm/>
- [19] [https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Princípio\\_de\\_Le\\_Châtelier](https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Princípio_de_Le_Châtelier)
- [20; página 39] <https://books.google.com.br/books?id=4Pk4AgAAQBAJ>