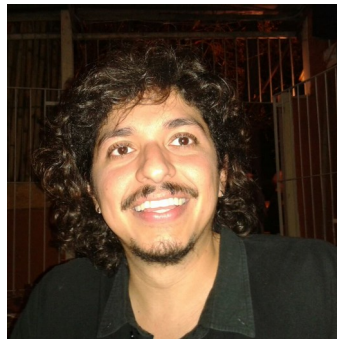




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Física Gleb Wataghin

RELATÓRIO F609

Mobil “de quem” e galvanômetro caseiro



Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi
Aluno: Carlos Alberto Mota Castro R.A.: 088210
Orientador: Prof. Dr. Richard Landers

1 - Resumo

O trabalho realizado consistiu na construção de um experimento para mostrar o funcionamento de um motor eletromagnético, que tem por objetivo utilizar-se de energia eletromagnética para a sua locomoção. E também a construção de um galvanômetro caseiro.

2 - Objetivos

Construir um protótipo de um motor eletromagnético como citado acima utilizando-se de uma pilha AAA, fio de estanho, madeira e dois ímãs e responder a pergunta por que o veículo funciona com pilhas AAA de 1,5v e não funciona com pilhas alcalinas A23 de 12v(pilhas de controle remoto de garagem de veículos). Construir também um galvanômetro a partir de fio de cobre, 2 pilhas, papelão ou isopor, uma agulha, linha de costura, ímã e silicone em bastão.

3 - Teoria

3.1.1 - Motor eletromagnético

Na física chamamos de **solenóide** todo fio condutor longo e enrolado de forma que se pareça com um tubo formado por espiras circulares igualmente espaçadas. Este condutor também pode ser chamado de **bobina chata**. Portanto, ao se deparar com ambos os nomes, lembre-se que eles são sinônimos, pois nos dois casos temos um agrupamento de espiras.

O enrolamento de um fio sobre um tubo de caneta, por exemplo, é um solenoide. Configuramos um solenoide a partir da reunião das configurações das linhas de campo magnético produzidas por cada uma das espiras. Para fazermos um solenoide basta enrolarmos um fio longo sobre um tubo de caneta, por exemplo. A figura abaixo nos mostra um solenoide percorrido por uma corrente elétrica i e de comprimento L .

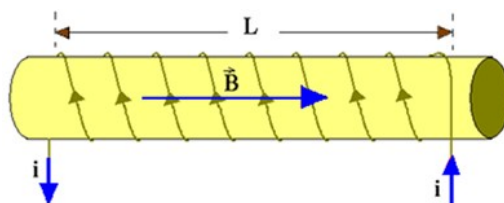


Figura 1: Solenoide percorrido por uma corrente elétrica i e de comprimento L .

Esse conceito pode facilmente ser explicado pelas equações de Maxwell e a regra da mão direita que permitem identificar o sentido do campo magnético que entra no papel (círculo com uma bolinha interna pintada) e saindo do papel (círculo com um X).

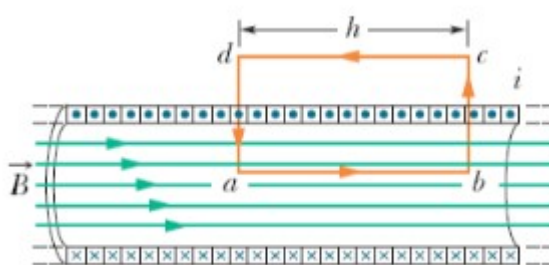


Figura 2: Campo magnético no interior de um solenoide através de uma integral fechada .

Para saber a magnitude do campo magnético dentro de um solenoide, é preciso utilizar-se da lei de Ampère, cuja a qual é dada pela relação: $\oint B \cdot ds = \mu_0 \cdot i_{env}$ cálculo do campo magnético para a figura 2 pode ser dado então por:

$$\oint B \cdot ds = \oint_a^b B \cdot ds + \oint_b^c B \cdot ds + \oint_c^d B \cdot ds + \oint_d^a B \cdot ds$$

Sabe-se também que o produto escalar nos percursos ad e bc são zero, devido as linhas de campo serem perpendiculares a cada um dos dois percursos. Para o trajeto cd sabe-se também que o campo magnético no exterior do solenoide é zero, resultando desse modo que:

$$\begin{aligned} \oint_a^b B \cdot dl &= \mu_0 \cdot i_{env} \\ B \cdot l &= \mu_0 \cdot n \cdot l \cdot i \\ B &= \mu_0 \cdot n \cdot i \end{aligned}$$

Onde n corresponde ao número de voltas na espira e i a corrente que passa na bobina. No nosso caso i vai ser:

$$i = V_{ab}/(R_i+R_b)$$

No qual V_{AB} é a tensão aplicada no circuito, R_i é a resistência interna da pilha e R_b a resistência da bobina.

É possível afirmar que o valor da força que é gerada pelo campo eletromagnético no interior da espira é dado por:

$$F=i.dlxB$$

No qual dl é o comprimento do fio ($2\pi r.n$), r é o raio da bobina, i é a corrente e B é o campo magnético no interior da bobina.

3.1.2 - Tensão contínua

A ddp medida numa fonte de tensão contínua quando não fornece corrente a um circuito, é numericamente igual à força electromotriz, E , da fonte. Num circuito alimentado por uma fonte de tensão ideal, a ddp entre os pontos A e B, V_{AB} , é ainda igual à força electromotriz, E , da fonte. Contudo, num circuito com uma fonte real, é necessário ter em conta a resistência interna r_i da própria fonte.

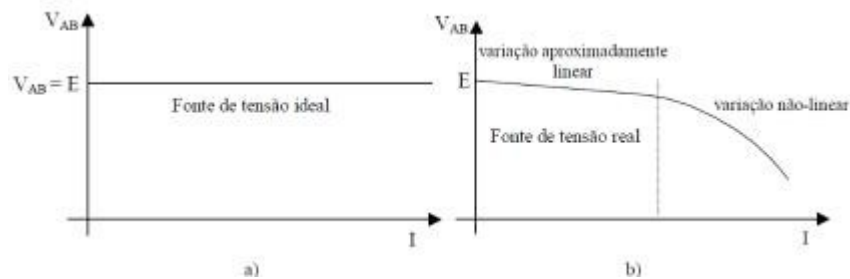


Figura 3: Variação da tensão V_{AB} aos terminais de uma fonte de tensão de força electromotriz E , em função da corrente eléctrica I : a) para uma fonte ideal; b) para uma bateria. Quando a bateria funciona na zona de variação aproximadamente linear é bem modelada como sendo uma fonte ideal em série com uma resistência (a sua resistência interna) e é costume designá-la, então, por fonte de tensão real.

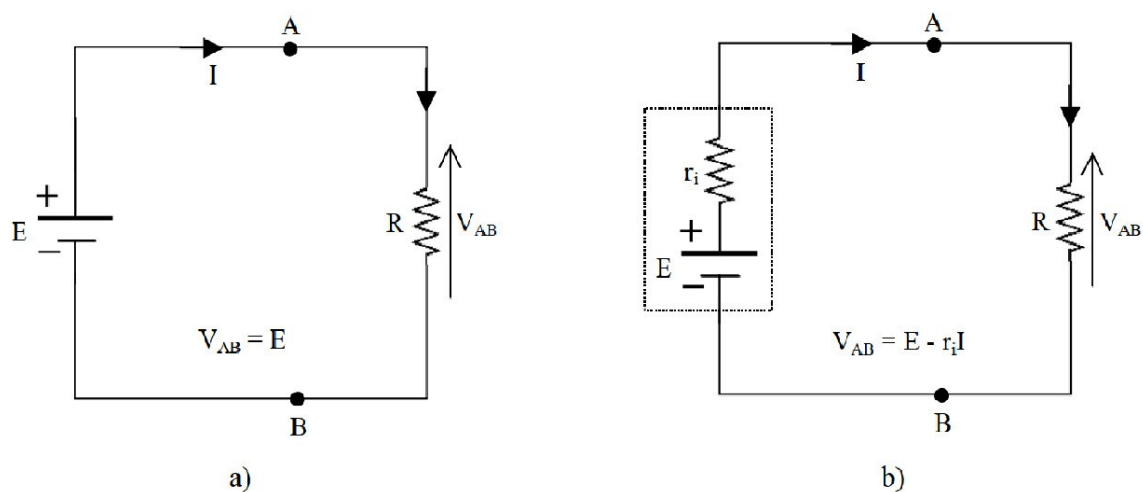


Figura 4: Circuito elétrico alimentado por: a) fonte de tensão ideal; b) fonte de tensão real

3.1.3 - Resistência interna de uma pilha

O valor da resistência interna de uma pilha pode ser determinado montando um circuito equivalente ao da figura 4-b) e medindo a ddp V_{AB} para diferentes valores conhecidos da resistência de carga R . Uma vez que $V_{AB} = RI = E - r_i I$, a representação gráfica de V_{AB} em função da corrente elétrica I que percorre o circuito – calculada para cada valor de R por aplicação da lei de Ohm –, permite extrair, da parte linear de $V_{AB}(I)$ (figura 3-b)), o valor da resistência interna da pilha, r_i .

3.2 - Galvanômetro

O galvanômetro é um dispositivo utilizado nos instrumentos de medidas elétricas, capaz de detectar e medir pequenas intensidades de correntes elétricas que passam por ele, bem como de indicar o sentido da corrente elétrica. Para o estudo de medidas elétricas, ou seja, quando se trabalha com circuitos elétricos.

Um ímã permanente suspenso pelo centro de gravidade é colocado no interior de uma bobina. Quando não passa corrente pela bobina, o ímã fica com o eixo na direção do meridiano magnético do lugar. Quando passa a corrente I , que desejamos medir, ele cria um campo magnético. Os polos do ímã ficam sujeitos a forças, e o ímã se desloca, girando de um ângulo A .

Pode-se demonstrar que esse ângulo é diretamente proporcional a corrente I , isto é, que:

$$I = K.A$$

K é uma constante que depende do instrumento e do lugar em que o galvanômetro está sendo usado, pois o campo magnético da terra também exerce ação sobre o ímã. Para um mesmo galvanômetro essa constante deve ser determinada no lugar em que ele vai ser usado.

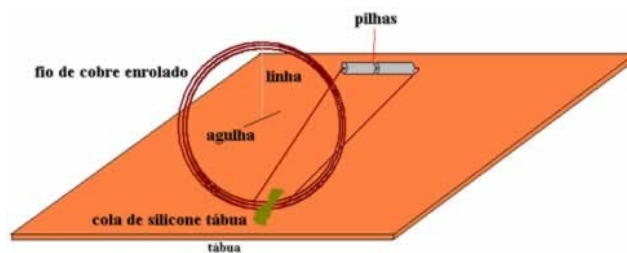


Figura 5: Galvanômetro caseiro

4 - Experimentação

4.1 - Mobil “de quem”

Para a realização do experimento serão necessários:

- Pilhas;
- Fio de estanho;
- Ímãs com um diâmetro aproximado de 12 mm;
- Madeira.

Em primeiro lugar enrola-se o estanho para montar o caminho por onde a pilha caminha. Enrolando com um diâmetro maior que do ímã para não impedir o livre trânsito do ímã e da pilha.

Depois prende-se a espira de estanho na madeira como na figura 6.



Figura 6: estanho preso a madeira

A partir desse passo separou-se os ímãs que estavam inicialmente grudados, colocou-os de lado e virou a posição de um dos lados de ponta cabeça para colocar em cada lado da pilha conforme figura 7.



Figura 7: ímã junto a pilha

A partir desse passo foi colocado cada ímã em um dos lados da pilha, formando desse modo o motor. É importante ressaltar que graças aos ímãs de neodímio, é possível gerar um campo magnético muito forte no interior da bobina.

A partir desses passos colocou-se a pilha com os ímãs dentro da bobina feita de fio de estanho, resultando desse modo em um movimento devido a um campo magnético que atrai um dos ímãs e repeli o outro.

4.1.1 - Determinação das resistências internas das pilhas

Para a realização do experimento serão necessários:

- Pilha AAA 1,5 volts;
- Pilha 12v;
- Reostato.

4.1.1.1 - Utilizando o voltímetro digital, meça a força eletromotriz (E) da pilha alcalina, ligando apenas o voltímetro aos seus terminais (fonte em vazio). Registe esse valor na tabela 1.

4.1.1.2 - Monte o circuito representado na figura 4-b) utilizando a caixa de resistências fornecida(reostato). Selecione uma resistência, e meça a tensão aos terminais da fonte em carga (V_{AB}), registrando esse valor na tabela 1.

4.1.1.3 - Escolha outros valores para a resistência R (20, 10, 5, 3, 2 e 1 Ω , por exemplo) e meça o valor de V_{AB} em cada caso, completando a tabela 1.

R(Ohms)	V_{AB} (Volts)	I(A)
0	1,509	0
2,9	1,340	0,462
4,0	1,378	0,344
6,0	1,411	0,235
8,0	1,429	0,178
10,0	1,441	0,144
15,1	1,457	0,096
24,7	1,468	0,059
47,1	1,479	0,031
99,5	1,486	0,014
199	1,493	0,007
402	1,499	0,003

Tabela 1: Valores medidos e calculados de tensão e corrente da pilha de 1,5 V

4.1.1.4 - Construa o gráfico da tensão V_{AB} em função da corrente I para a pilha de 1,5 V. Compare os gráficos obtidos com o representado na fig. 3-b) e, utilizando os pontos em que o

comportamento da pilha pode ser aproximado por uma fonte de tensão real, determine a resistência interna da pilha.

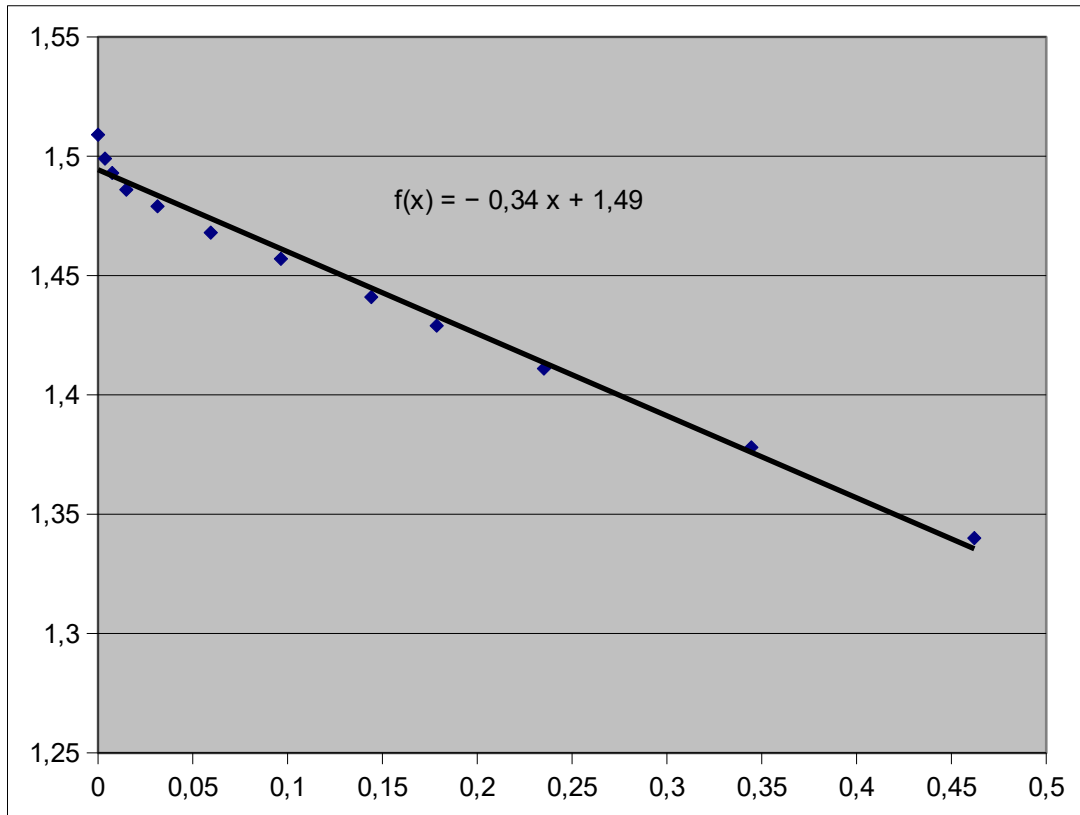


Gráfico 1: Gráfico VxI da pilha de 1,5 V o qual mostra uma resistência interna igual a 0,34 ohms

Resistência interna da pilha de 1,5 V: 0,34 ohms

4.1.1.5 - Repita o procedimento anterior para a outra pilha(pilha de 12 V) de que dispõe e preencha tabela 2.

R(Ohms)	V_{AB} (V)	I(A)
0	12,32	0
2290	12,08	0,00527
4600	12,2	0,00265
9870	12,26	0,00124
46400	12,3	0,00026

Tabela 2: Valores medidos e calculados de tensão e corrente da pilha de 12 V

4.1.1.6 - Construa o gráfico da tensão V_{AB} em função da corrente I para a pilha de 12 V. Compare os gráficos obtidos com o representado na fig. 3-b) e, utilizando os pontos em que o

comportamento da pilha pode ser aproximado por uma fonte de tensão real, determine a resistência interna da pilha.

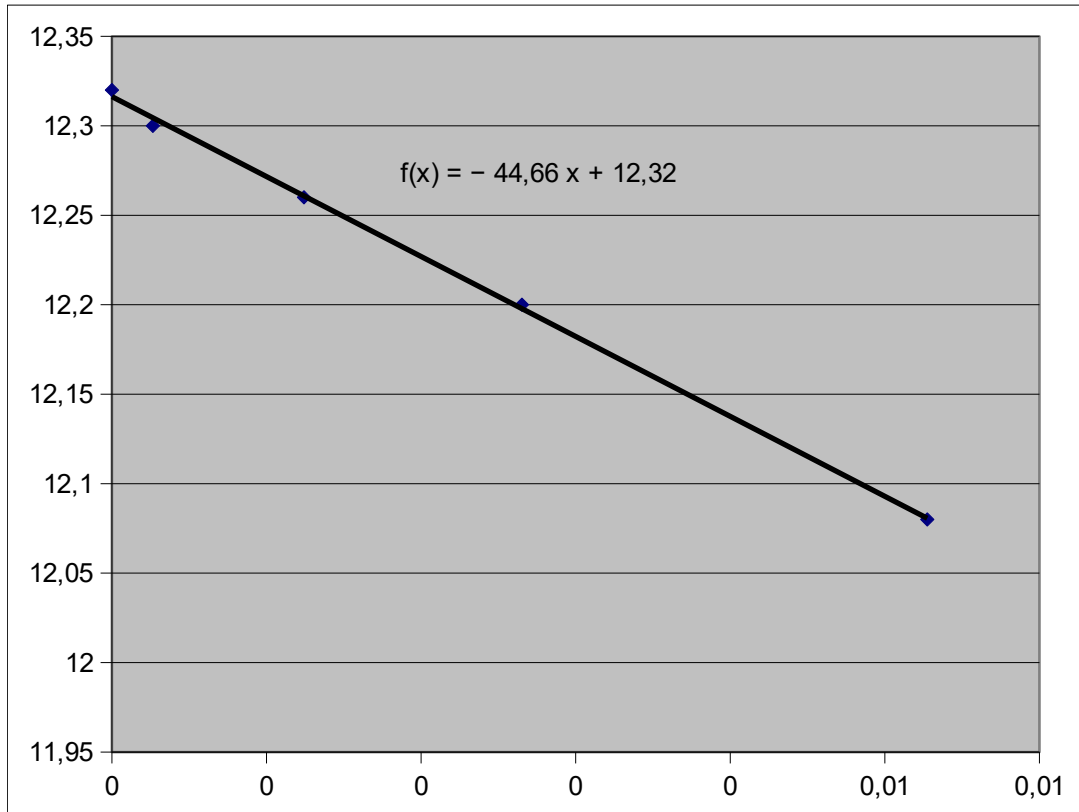


Gráfico 2: Gráfico VxI da pilha de 12 V o qual mostra uma resistência interna igual a 44,66 ohms

Resistência interna da pilha de 12 V: 44,66 ohms

4.2 - Conclusões sobre o Mobil “de quem”:

- Corrente no circuito da pilha de 1,5 V
 $V_{AB} = 1,5 \text{ V}$, $R_b = 1,5 \text{ ohm}$, $R_i = 0,34 \text{ ohm}$
 $i = 1,5 / 1,84 \Rightarrow i = \mathbf{0,82 \text{ A}}$
 $u_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, $n = 38 \text{ espiras}$, $R = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
 $\mathbf{B = u_0 n i = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 38 \cdot 0,82 \Rightarrow B = 3,91 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$
 $\mathbf{F = i \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \cdot B = 0,82 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 38 \cdot 3,91 \cdot 10^{-5} \Rightarrow F = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ N}}$
- Corrente no circuito da pilha de 12 V
 $V_{AB} = 12 \text{ V}$, $R_b = 1,5 \text{ ohm}$, $R_i = 44,66 \text{ ohms}$
 $i = 12 / 46,16 \Rightarrow i = \mathbf{0,26 \text{ A}}$
 $u_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, $n = 29 \text{ espiras}$, $R = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
 $\mathbf{B = u_0 n i = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 29 \cdot 0,26 \Rightarrow B = 9,47 \cdot 10^{-6} \text{ T}}$
 $\mathbf{F = i \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \cdot B = 0,26 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 29 \cdot 9,47 \cdot 10^{-6} \Rightarrow F = 4,93 \cdot 10^{-6} \text{ N}}$

Como a resistência interna da pilha de 12 V é mais que 100 vezes maior que a resistência interna da pilha de 1,5 V, temos que a corrente produzida no circuito da pilha de 12 V é menor que a corrente produzida pelo circuito da pilha de 1,5 V e conseqüentemente também temos uma força gerada pelo campo eletromagnético menor aplicada sobre o circuito da pilha de 12 V. Tal força gerada no circuito da pilha 12 V não é suficientemente forte para mover a pilha dentro da bobina.

4.3 - Galvanômetro

Para a realização do experimento serão necessários:

- 5 m de fio de cobre;
- 1 pilha grande D2;
- Papelão ou isopor de 30 x 30 cm;
- 1 agulha;
- Silicone em bastão;
- Linha de costura;
- Ímã.

Primeiramente desencape cerca de 10 cm em cada ponta do fio, deixando-as soltas na mesma direção. Em seguida enrole circularmente o fio, de modo que tenha um diâmetro de aproximadamente 15 cm. Fixe o enrolado de fio de cobre sobre a tábua e deixe as pontas para serem ligadas às pilhas. Por fim amarre a agulha ao meio com a linha de costura e pendure-a bem ao meio da bobina de cobre. Construa o aparato experimental de modo que ele fique como o da figura 5.

Para que o experimento funcione corretamente, atrite sempre no mesmo sentido a agulha no ímã para que seus elétrons fiquem alinhados. Ligue as pontas descascadas do fio de cobre nas pilhas e observem a inclinação da agulha.

4.3.1 – Ajustes do galvanômetro caseiro

Reduziu-se o tamanho do fio de cobre de 5 metros para 3 metros para redução da ação do campo magnético que mexia a agulha

imantada reduzindo assim o giro do ângulo da agulha para melhor visualização do fenômeno.

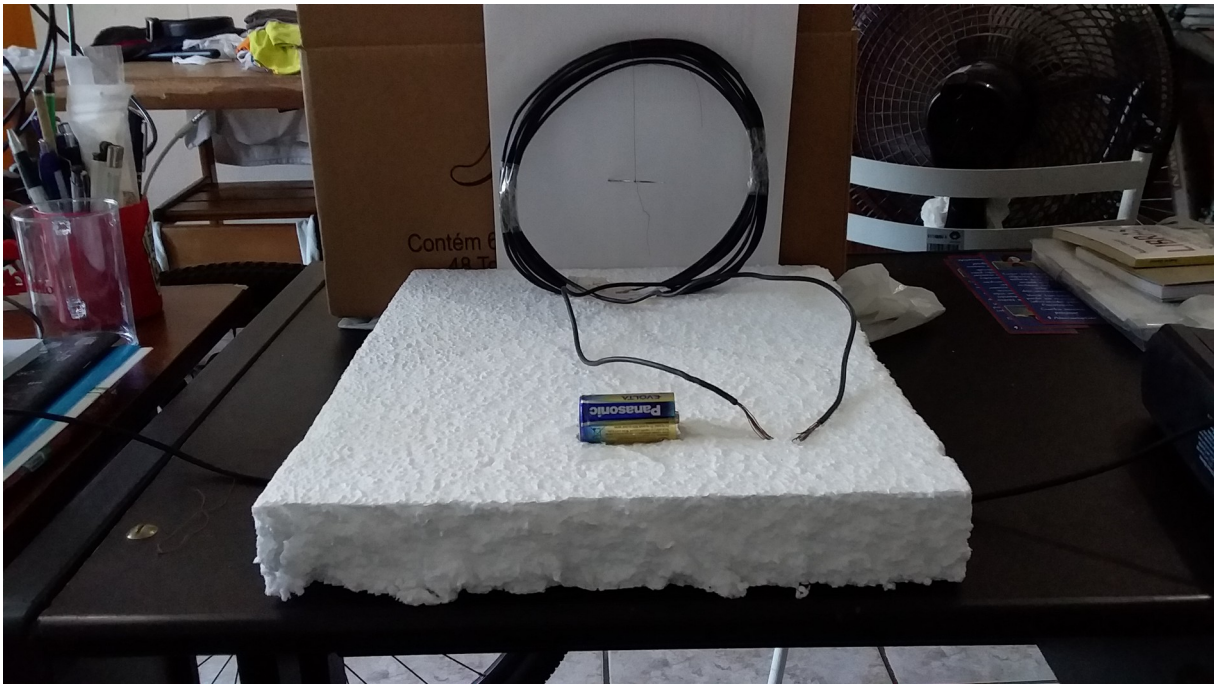


Figura 8: galvanômetro caseiro

5 – Comentários do orientador

O aluno complementou um trabalho já apresentado neste curso, adicionando todo um conjunto de equações que introduzem o efeito da resistência interna das fontes (pilhas) usadas para movimentar o carrinho. Foi feito também um levantamento experimental da resistência interna de dois tipos de pilha, pilha alcalina AAA de 1,5 V e pilhas alcalina A23 de 12 V (tipicamente para controle remoto). Com os dados medidos e as equações mostradas foi possível mostrar que a força magnética gerada pela pilha de 12 V não seria suficiente para movimentar o carrinho.

Adicionalmente demonstrou através da montagem o funcionamento de um galvanômetro.

6 - Referências

[1]<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/galvanometro-baixo-custo.htm>

[2]https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2017_sem2/AlisonE-Alvarez_RF1_F609.pdf

[3]<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-no-solenoide.htm>

[4]<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=10544>