
UMA VERSÃO COMPACTA DO MOTOR ELÉTRICO DE FARADAY PARA DEMONSTRAÇÃO EM SALA DE AULA⁺*

Osmar Henrique Moura da Silva
Carlos Eduardo Laburú
Departamento de Física – UEL
Londrina – PR

Resumo

O “motor” elétrico de Michael Faraday (1791-1867) é versado como o precursor dos motores elétricos atuais e um equipamento interessante no estudo introdutório do assunto. Um trabalho anterior divulgou uma montagem deste motor mais bem adaptada aos ambientes educativos não formais, abrangendo suas duas variantes: uma, com haste móvel e ímã fixo; outra, com haste fixa e ímã móvel. Apresenta-se aqui uma montagem desse motor na primeira destas variantes que se diferencia nas dimensões e peso, sendo de fácil transporte e uso em sala de aula por conta da facilidade de encontrar uma fonte de tensão elétrica eficaz de 127V.

Palavras-chave: *Motor elétrico de Faraday. Produção de materiais didáticos de baixo-custo. Ensino de Física.*

Abstract

The electric motor of Michael Faraday (1791-1867) is the forerunner of today electric motors and an interesting device to

⁺ A compact version of Faraday’s electric motor for demonstration in classroom

^{*} *Recebido: agosto de 2012.*
Aceito: março de 2013.

introduce the subject of electric motors. A previous study reported an assembly of this motor better suited to informal educational settings, with two variants: one with moving sod and fixed magnet and another hewing a fixed sod with moving magnet. We present a model based on the first variant, with size and weight for suitable transport and classroom use with standard 127 V input.

Keywords: *Faraday's electric motor. Production of low-cost teaching materials. Physics Teaching.*

I. Introdução

Historicamente apontado como o primeiro “motor” capaz de produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica (PROJECTO FÍSICA, 1985, p. 79), o aparato de 1821, originário de Michael Faraday (FARADAY, 1844), adéqua-se ao estudo introdutório sobre o princípio do funcionamento dos motores elétricos em geral pertencentes no cotidiano. Em termos pedagógicos, diversas montagens¹ são conhecidas para exemplificar os mais usados motores como aqueles que têm ímãs permanentes, os em série ou universal, e os de indução. Curiosamente, embora todos estes apresentem pelo menos uma bobina como elemento importante na transformação das energias elétrica em mecânica, as duas variantes divulgadas por Faraday de seu peculiar motor não possuem bobinas, diferenciadas por estabelecer, ora um ímã permanente fixo com haste móvel, ora uma haste fixa com ímã móvel.

Um estudo anterior (SILVA; LABURÚ, 2009) desenvolveu uma montagem deste motor abrangendo suas duas variantes que, devido às dimensões e peso do equipamento, encontra-se mais apropriada aos ambientes educativos não formais, como museus de ciência e tecnologia (MCTs) ou laboratórios didáticos que propiciem visitas internas para apreciar uma demonstração. O presente estudo apresenta uma versão compacta deste motor na primeira das variantes citadas, mas que se distingue nas dimensões e peso da proposta anterior (ibid.), sendo de fácil transporte e uso em sala de aula como também se destaca entre alternativas dispo-

¹ Inclusive com materiais alternativos e/ou de baixo custo.

níveis em populares sites na internet² por utilizar um conversor de tensão AC em tensão DC (Circuito retificador).

II. Materiais utilizados e montagem da versão compacta do motor de Faraday

As duas versões do motor elétrico de Faraday podem ser caracterizadas por um circuito fechado simplesmente composto de um condutor elétrico líquido (mercúrio), um ímã permanente, fio condutor apropriado e uma bateria, conforme se vê na Fig. 1 abaixo.

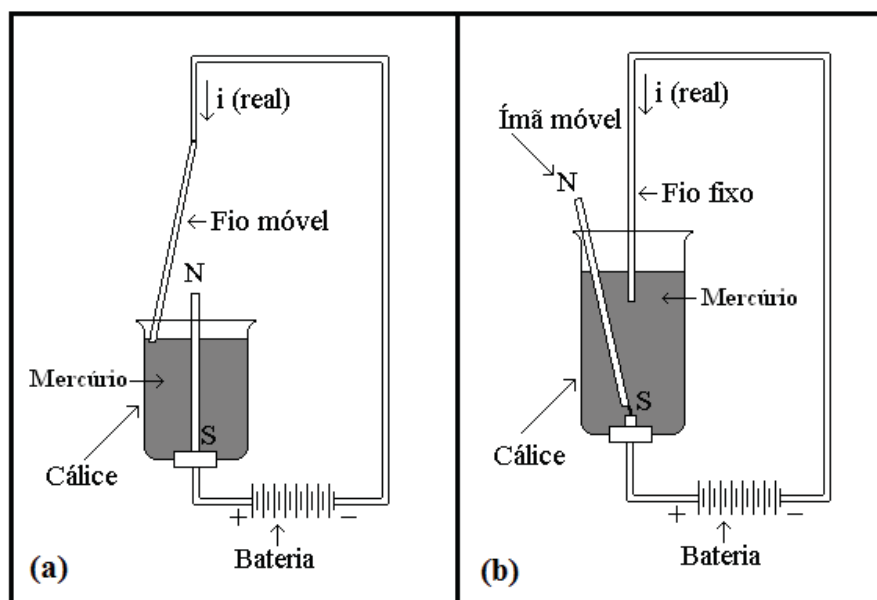


Fig. 1 – (a) Versão do motor de Faraday com haste condutora girante em torno de um ímã fixo. (b) Versão do motor de Faraday de ímã girante em torno de uma haste condutora fixa (SILVA; LABURÚ, 2009).

² Ferraz Neto (<http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor28.asp>)

Todavia, a montagem aqui indicada da versão com haste móvel é composta por particularidades então apresentadas em subseções para melhor orientar a construção do equipamento. São elas: a fonte de tensão AC/DC; o motor de haste girante em torno de um ímã fixo; e a montagem final. Nesta última, incluem-se, além da fonte e do motor, um resistor e uma ventoinha.

II.1 A fonte de tensão AC/DC

Uma fonte com tensão AC/DC (tensão de entrada 127V(AC); tensão de saída 10V(DC); intensidade de corrente elétrica máxima de saída 10A) é necessária, podendo ser encomendada em um fabricante³ e, obviamente, pode-se eliminar a alternativa seguinte de montagem na sorte de já se ter uma fonte similar disponível para este fim.

A montagem utiliza um transformador de 100W (comumente encontrado em projetor de slides)⁴ com tensão de entrada (enrolamento primário) de 127V e tensão de saída (enrolamento secundário) de 24V. Em projetores de slides é comum encontrar este componente produzido com as duas bobinas (primário e secundário) separadas por seus carretéis independentes encaixados lado a lado⁵ no núcleo (lâminas de ferro doce), o que facilita uma alteração da bobina secundária com saída original de 24V. Vale observar que se a saída é de 24V com potência de 100W, a bobina secundária frequentemente constitui-se de fios condutores números 15 ou 16 AWG⁶ para tolerâncias de 4 a 5A. Desta informação, desmonta-se o transformador para desenrolar a bobina secundária e contar a quantidade original de espiras, cujo fio condutor será descartado e trocado por outro de seção transversal maior. Nesta montagem, a bobina secundária do transformador utilizado apresentou 24 espiras. Logo, ao se rebobinar a metade delas (ou seja, 12 espiras), tem-se uma tensão de saída de aproximadamente 12V. Como 10V são desejados, proporcionalmente rebobinam-se 10 espiras. Todavia, para os 100W de potência con-

³ Uma média dos orçamentos atualizados fornecidos por alguns fabricantes aproximou os R\$400,00.

⁴ Ou algum transformador com equivalentes potência e tensão de entrada facilmente encontrado em sucatas de equipamentos eletroeletrônicos.

⁵ E não com bobinas sobrepostas num único carretel.

⁶ Respectivamente com diâmetros de 1,45mm e 1,29mm.

servados⁷, deve-se levar em conta que o fio condutor dessa nova bobina secundária precisa ter numeração AWG menor que a original e apropriada à corrente limite, neste caso, de 10A, recomendando-se que as 10 espiras sejam constituídas de fio condutor número 12 AWG (ou menor).

Conclui-se esse procedimento ao se encaixar os dois carretéis no núcleo, porém, com as especificações elétricas originais de saída (24V/4A) então modificadas para 10V/10A⁸.

Para obter a fonte de tensão contínua, segue-se a comum retificação por uso de ponte de diodos com filtragem (capacitor). Nesta retificação de onda-completa, a ponte de diodos deve tolerar os 10A (usou-se uma de 25A 1000V KBPC2510) junto a um capacitor⁹ (podendo ser de 4700µF (25V)), componentes estes prontamente encontrados no comércio eletrônico. O esquema elétrico para orientação das ligações é apresentado na Fig. 2.

II.2 O motor de haste girante em torno de um ímã fixo

Esta subseção encarrega-se dos detalhes relacionados à versão ilustrada no lado direito da Fig. 1, excluindo a bateria. Os materiais necessários são: 1 tarugo de latão de 20cm de comprimento e 5mm de diâmetro; 1 tarugo de latão de 3cm de comprimento e 5mm de diâmetro; 1 ímã cilíndrico de cerca de 4cm de comprimento e 5mm de diâmetro com polarização nas extremidades¹⁰; mercúrio metálico; 1

⁷ Considerando a relação física entre potência, tensão e corrente elétrica ($P = U.I$) em que, no caso ideal da potência no primário do transformador ser igual à potência no secundário do transformador ($P_p = P_s$), se tem: $U_p/U_s = N_p/N_s$; $U_p.I_p = U_s.I_s$.

⁸ O raciocínio apropriado nesta alteração é genérico e pode ser seguido para solucionar diversas condições deparadas como, por exemplo, com um transformador de 220V (de 100W ou mais) ou algum outro cuja especificação analisada possa igualmente servir a este propósito.

⁹ Ou de maior valor. Se obedecer a expressão para o cálculo do valor da capacitância, comum a muitos circuitos, para 10% de ripple ($C = 5.I_s/U_{s,r}$), ter-se-á o valor mais adequado para o aperfeiçoamento da retificação. Nesta montagem, porém, tem-se uma fonte retificadora simplificada à finalidade, visto desprezarem-se outras etapas como as de regulação e proteção. Sendo o interesse aqui apenas na geração de uma tensão contínua, ainda que pulsante, o capacitor apresentado tem um valor muito menor do que o calculado, mas mostra-se funcional ao propósito, sem querer desmerecer o conhecimento: “*Sem dúvida, quanto maior a capacitância do capacitor de filtragem, menor a ondulação da saída C*” (MARQUES; CARNEIRO, 2010).

¹⁰ Apesar de não ser necessário, preferiu-se aqui separar o mercúrio do ímã envolvendo este com um tubo de vidro lacrado.

recipiente de vidro típico dos de azeitonas encontrado nos mercados com cerca de 20cm de comprimento e 6cm de diâmetro; 1 fio condutor de cobre número 12 AWG¹¹ (sem o verniz isolante) de 12cm de comprimento; 1 tarugo de cobre de 2cm de diâmetro e 5cm de comprimento para confeccionar uma peça (especificada na Fig. 4).

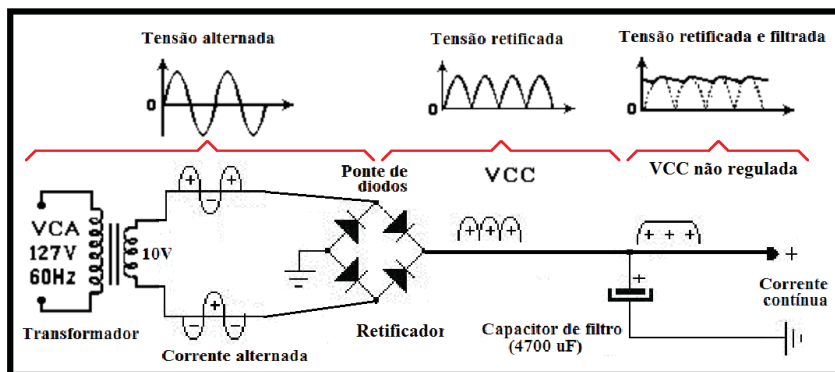


Fig. 2 – Circuito retificador de onda completa com diodos em ponte, com filtro. Na parte superior estão os gráficos de tensão elétrica versus tempo ($v \times t$), correspondente a cada etapa.

A Fig. 3 apresenta a disposição desses materiais. O tarugo de latão de 20cm¹² deve ser encurvado com extremidades direcionadas: uma direcionada para o centro do vidro já encaixada a peça que segura o fio condutor de cobre (Fig. 4) e outra para o interior da caixa. Faz-se um furo central na base do vidro de azeitona onde se cola¹³ o tarugo de latão de 3cm com parte superior em contato com o mercúrio para permitir que neste a eletricidade flua. Na extremidade superior do tarugo de 3cm, cola-se longitudinalmente o ímã. Na extremidade inferior deste tarugo, interna na caixa (subseção seguinte), conecta-se o terminal negativo da fonte em que o terminal positivo é ligado na parte do tarugo de 20cm interno na caixa.

¹¹ Diâmetro de 2,05mm.

¹² Essas peças em latão podem ser alteradas usando formatos hexagonais ou de outras dimensões, conforme a criatividade no design.

¹³ Pode-se usar adesivo epóxi de secagem rápida.

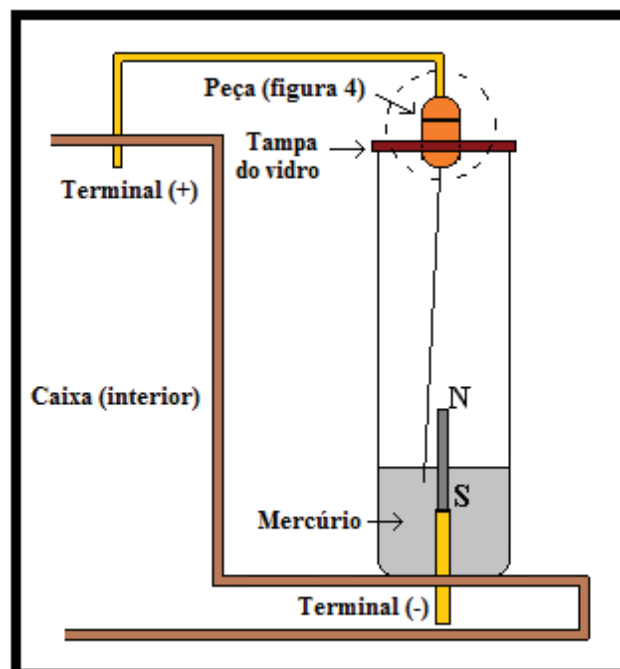


Fig. 3 – Ilustração da disposição dos materiais usados na versão do motor com haste girante e ímã fixo.

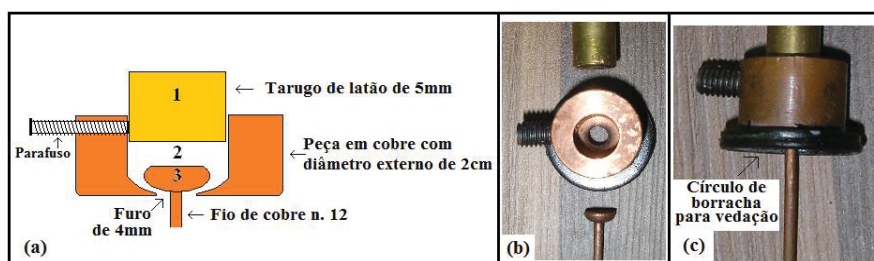


Fig. 4 – Orientação visual de montagem da peça que segura o fio de cobre giratório. (a) Detalhes dos elementos. (b) Foto dos elementos com vista superior do segundo. (c) Foto dos elementos unidos conforme o desenho.

Para a peça mencionada da Fig. 4, ela constitui-se de três elementos. O primeiro (1) é um tarugo de latão (ou cobre) de 5mm de diâmetro. O segundo (2)

constitui-se de um tarugo de cobre de 1cm de comprimento e 2cm de diâmetro, que possui um furo (indo quase até o final do seu comprimento) feito com broca pouco maior que 5mm para encaixe do outro primeiro elemento (1). Para terminar esse furo (extremidade inferior), utiliza-se uma broca de 4mm. O segundo elemento (2) ainda possui um furo transversal para adaptar um parafuso que, ao apertá-lo, pode-se unir o primeiro com o segundo elemento conforme se vê na Fig. 4. Já o terceiro elemento (3) possui um formato oval menor que o furo interno do segundo (2) e maior que o furo da extremidade inferior de 4mm. Neste elemento (3) é feito um furo exatamente do diâmetro do fio condutor de cobre n. 12 que é encaixada uma das extremidades sob pressão, deixando este fio condutor pendurado em posição vertical. A peça da Fig. 4 constitui-se num mecanismo com o intuito de garantir maior mobilidade giratória do fio condutor de cobre durante a passagem de corrente elétrica. Por fim, cerca de 5mm deste fio condutor de cobre devem estar mergulhados no mercúrio com volume assim ajustado no recipiente de vidro. Ainda vale notar na Fig. 3 que a tampa original do vidro (de metal ou plástico) possui um furo central de diâmetro igual ao da peça da Fig. 4, que é encaixada sob pressão nesse furo, objetivando vedar o recipiente e evitar possíveis vazamentos de mercúrio usando-se um anel de borracha.

II.3 A montagem final

Nesta etapa final confecciona-se uma caixa (de acrílico ou madeira)¹⁴ podendo-se usar chapas de 1cm de espessura, cujas dimensões devem ser estudadas para que nela sejam interiorizados os vários itens. Esses itens são: a fonte de tensão contínua; uma ventoinha e um resistor. Esse resistor é feito com aproximadamente 120m de fio condutor de cobre esmaltado n. 14 AWG, enrolando-o em espiras de 5 a 15cm de diâmetro, cuja função é limitar a corrente elétrica (próxima dos 9A) no circuito de resistência total próxima dos $1,3\Omega$. A ventoinha pode ser a mesma de 127V existente no interior dos projetores de slides, sendo fixada numa lateral da caixa de modo a conduzir o ar de fora para dentro, soprando no fio condutor do resistor espiral de fio condutor n. 14 para esfriá-lo. Do lado oposto onde se encontra a ventoinha, realiza-se uma abertura próxima de 150cm^2 , afixando, aí, uma tela que permita o fluxo de ar dessa necessária refrigeração interna na medida em que o resistor transforma energia elétrica em calor a uma taxa considerável. Uma chave liga-desliga e fio condutor para ligação em tomada convencional também são acrescentados no equipamento. Na Fig. 5 mostra-se o esquema elétrico dos itens

¹⁴ Pode-se dar um acabamento na caixa usando chapas de fórmica ou PVC.

mencionados e na Fig. 6 tem-se uma foto do equipamento pronto com design particularizado pelos autores no qual uma alça está adaptada para transportá-lo.

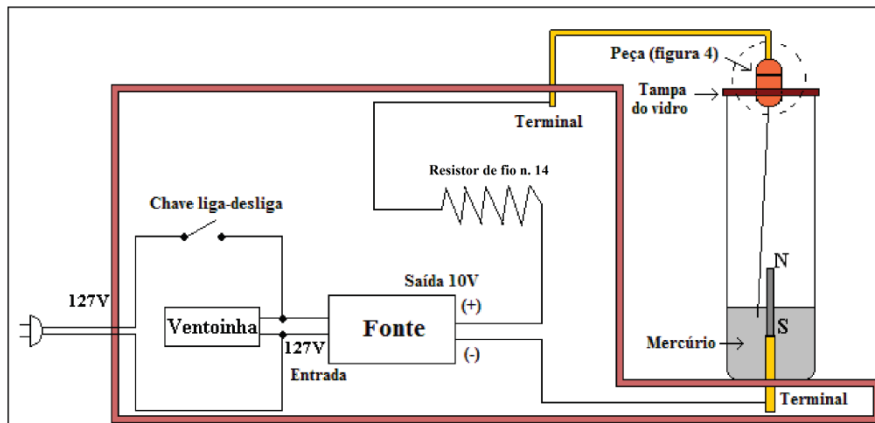


Fig. 5 – Diagrama das ligações elétricas entre os elementos que ficam dentro da caixa de madeira.

III. Considerações finais

Este trabalho elaborou uma proposta de montagem de uma versão do motor elétrico de Faraday que supera as alternativas mencionadas por evitar o uso de baterias¹⁵, ser compacto e de fácil transporte. Em outras palavras, baseando-se no critério do grau de praticidade em sala de aula, contribuiu-se para fornecer um equipamento melhor. Aliás, a montagem fundamentou-se em custo reduzido na medida em que se apropriou de componentes retirados de sucatas de equipamentos eletroeletrônicos, obtendo uma demonstração com revolução do rotor (haste móvel) próxima de 2 rotações por segundo, pedagogicamente muito proveitosa a quaisquer abordagens sobre a origem dos motores elétricos em geral. Embora não se tenha objetivado oferecer explicações do princípio de funcionamento do motor elétrico em foco, assim como detalhes históricos sobre o tema, pois muito pouco se

¹⁵ Despreocupando-se com a manutenção de baterias de alta amperagem que necessitam ser continuamente recarregadas e trocadas devido às suas vidas úteis, mas pela proposta utilizar um conversor de tensão AC em tensão DC (Circuito retificador).

tem a contribuir nesse sentido¹⁶, espera-se que, desta proposta, educadores interessados na demonstração possam mais facilmente realizá-la em sala de aula sempre que julgarem conveniente.



Fig. 6 – Versão compacta do motor elétrico de Faraday para demonstração em sala de aula.

¹⁶ A física é simples e muito se encontra divulgado a respeito, inclusive na internet.

Referências

FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity**. v. II. Richard and John Edward Taylor, London - 1844. Disponível em:

<http://books.google.com.br/books?id=EvYWAAAAYAAJ&pg=PA211&dq=michel+faraday+%22Experimental+Researches+in+Electricity%22&lr=&as_drrb_is=q&as_minm_is=0&as_miny_is=&as_maxm_is=0&as_maxy_is=&as_brr=3>.

Acesso em: 15 ago. 2012.

FERRAZ NETO, L. **Feira de Ciências**. Disponível em:

<<http://www.feiradeciencias.com.br/>>. Último acesso em 15/08/2012.

MARQUES, J. M.; CARNEIRO, D. L. C. **Fonte de alimentação linear de 5V com transformador, circuito retificador com filtro capacitivo e CI estabilizador**. Campo Grande, jun. 2010. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA3gkAC/fonte-retificadora>>. Acesso em: 15 ago 2012.

PROJECTO FÍSICA. **Unidade 4 – Luz e Electromagnetismo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. **Motor Elétrico de Faraday: uma montagem para museus e laboratórios didáticos**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 3, p. 478-491, dez 2009.