



DESENVOLVIMENTO DE UM MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA COM ROTOR DE BOBINA ARTESANAL

João Damitto Junior, João Paulo Pacheco, Fernando Ryuiti Ikeda, Nicolas
Turci Dias, Mauricio Capelas, Jordy Luiz Cerminaro Spacca, Joel Dias
Saade

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) -
Câmpus Guarulhos

Resumo

Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento e análise de um motor de corrente contínua (CC) de concepção artesanal, utilizando um rotor de bobina de cobre e ímãs de neodímio. O objetivo central consistiu em aplicar os conceitos de eletromagnetismo para validar a conversão de energia elétrica em mecânica. A metodologia baseou-se na construção de um protótipo funcional, onde a interação entre o campo magnético permanente e a corrente elétrica no rotor gera a Força de Lorentz, resultando em torque e movimento rotacional. Foram analisados os fenômenos de indução e a influência da geometria dos componentes na eficiência do motor. Os resultados obtidos demonstram a eficácia de modelos didáticos na visualização de leis físicas complexas, como as de Faraday-Lenz, e reforçam a importância da experimentação prática para a compreensão da cinemática rotacional eletromagnética.

Palavras-chave: Motor de Corrente Contínua. Eletromagnetismo. Força de Lorentz. Protótipo Didático.

1. Introdução

Motores elétricos têm uma grande presença na tecnologia contemporânea, desde sistemas de micromobilidade até grandes maquinários industriais, tornando o estudo de seu funcionamento indispensável para a formação técnica e científica de um engenheiro de computação. Esses dispositivos operam fundamentados na conversão de energia elétrica para mecânica, por meio de campos eletromagnéticos, um campo da física que teve seu marco inicial nas observações de Hans Christian Oersted em 1820 e no desenvolvimento do primeiro motor experimental por Michael Faraday em 1821 (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

O presente artigo detalha a construção do dispositivo, explorando a relação entre a corrente elétrica fornecida por uma fonte galvânica e a resposta mecânica do



sistema. O trabalho está estruturado da seguinte forma. A seção 3 apresenta o funcionamento teórico de um motor de corrente contínua, demonstrando os princípios físicos de seu funcionamento, como a relação entre força resultante magnética, conservação de energia e Torque. Em sequência, na seção 4, aborda-se como foram tomadas medições externas feitas em laboratório para essa tese, levando em consideração a metodologia sugerida para a manipulação de corrente contínua. Por completude, na seção 5, será possível confrontar a metodologia, os resultados esperados e os obtidos sobre os parâmetros e funcionamento de um motor CC. Finalmente, na seção 6, as conclusões serão discutidas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compreensão do funcionamento de um motor de corrente contínua, partindo da análise de sua configuração mais elementar, o que permite compreender a aplicação da Força de Lorentz antes de avançarmos para topologias mais complexas de corrente contínua.

2.1 O Vetor Indução Magnética e a Força de Lorentz

O princípio fundamental que rege a conversão de energia elétrica em energia mecânica reside na interação magnética sobre condutores. Conforme postula Halliday, Resnick e Walker (2012), um campo magnético é definido pela força que exerce sobre uma carga de prova em movimento. No contexto de um condutor retilíneo de comprimento L , percorrido por uma corrente elétrica I e imerso em um campo magnético uniforme $\vec{B}$, a força magnética resultante ($\vec{F}_m$) é expressa pelo produto vetorial:

$$\vec{F}_m = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

Para uma bobina composta por N espiras, a força total é amplificada proporcionalmente ao número de voltas do condutor. Esta expressão, derivada da Força de Lorentz, indica que a direção da força é simultaneamente perpendicular à direção da corrente e às linhas de indução do campo magnético. Em motores de corrente contínua, essa força é o agente responsável pelo surgimento do torque motor (TIPLER; MOSCA, 2009).



2.2 Lei de Faraday-Lenz e a Conservação de Energia

A operação dinâmica do dispositivo também é influenciada pelos fenômenos de indução eletromagnética. Segundo a Lei de Faraday, a variação do fluxo magnético (Φ) através de uma espira induz uma força eletromotriz (fem). Complementarmente, a Lei de Lenz estabelece que o sentido da corrente induzida é tal que o campo magnético por ela criado opõe-se à variação do fluxo que a produziu (HAYT JR.; BUCK, 2012).

No funcionamento do motor, à medida que o condutor adquire velocidade angular, surge uma força contra-eletromotriz que se opõe à diferença de potencial aplicada pela fonte de alimentação. Esse fenômeno é intrínseco à estabilização da velocidade de rotação do sistema e reflete o princípio de conservação de energia aplicado ao eletromagnetismo.

2.3 Torque e Cinemática Rotacional

Para que o movimento de rotação seja estabelecido, a força magnética deve gerar um torque ($\vec{\tau}$) em relação ao eixo central do motor. O torque é definido como o produto vetorial entre o vetor posição $\vec{r}$ e a força aplicada $\vec{F}$:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Em um motor de corrente contínua, a geometria do campo magnético produzido pelo ímã de neodímio, em conjunto com o caminho radial da corrente, resulta em um torque constante, permitindo que o sistema seja capaz de converter a energia química da célula galvânica em momento angular (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

3. Materiais e Métodos

A construção do protótipo foi dividida em quatro etapas principais: a confecção do rotor, a preparação do comutador, a montagem da estrutura fixa e a integração do circuito elétrico.

Para a sua construção foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Pilha Alcalina tipo D (1.5V);
- 1 Ímã de Neodímio;
- 1 Metro de fio de cobre esmaltado (0,51 mm de diâmetro);



- 2 Clipes de papel metálicos
- 1 Interruptor simples (botão liga/desliga)
- Fios de conexão adicionais
- Fita isolante
- Cola quente
- Lixa
- Caixa de MDF

3.1 Confeção da Bobina (Rotor)

Na criação do rotor, foi utilizada uma pilha tipo D como gabarito circular para modelar o fio de cobre esmaltado(0,51 mm) ao redor dela, realizando-se 15 espiras, para formar uma bobina com diâmetro de 40 mm. Após a remoção do molde, as extremidades do fio foram entrelaçadas no corpo da bobina, atuando como braçadeiras para mantê-la unida. Por fim, as outras 2 pontas de fio foram centralizadas e dispostas em um único eixo projetado para fora do círculo, servindo como o eixo de rotação.

3.2 Preparação do Comutador

O mecanismo de comutação foi realizado através da remoção de alguns trechos da camada isolante do fio de cobre. Para isso, a bobina foi posicionada sobre uma superfície plana e, com o auxílio de uma lixa, retirou-se o esmalte apenas de um dos lados de cada extremidade do eixo. O lado oposto permaneceu isolado.

3.3 Montagem da Estrutura Fixa (Estator)

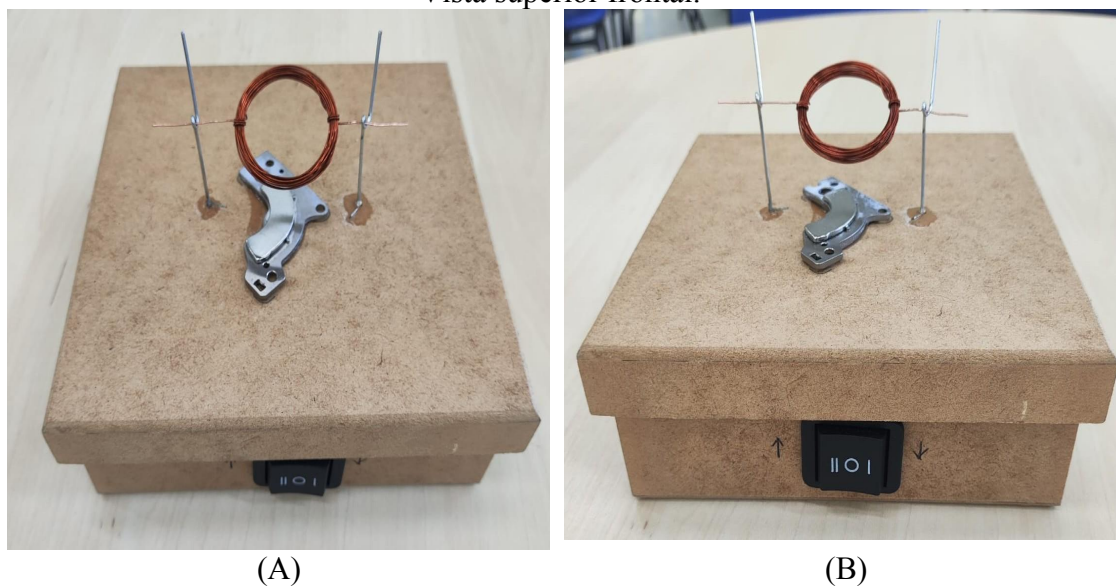
Inicialmente, o ímã de neodímio (estator) foi fixado sobre a tampa da caixa de MDF. Em seguida, foram dobrados clipes metálicos em forma de ganchos e fixados à tampa, lateralmente ao ímã, servindo tanto como pontos de contato quanto como condutor elétrico. A altura dos suportes foi ajustada até ser encontrado o ponto de maior interação com o campo magnético do estator. Internamente à caixa, foi instalada a pilha (fonte 1,5 V), e o interruptor foi fixado na lateral desta.

3.4 Ligando o Circuito

Primeiramente apoiou-se o eixo da bobina sobre os ganchos para que o rotor girasse livremente. Com a estrutura física pronta, a fiação é conectada formando um circuito em série, no qual a energia percorre um único caminho.

A ligação começou com um fio conectado diretamente a um dos polos da pilha, seguindo até um dos pinos do botão liga/desliga. Do outro terminal desse botão, partiu um segundo fio para o primeiro clipe de papel, que serviu como ponto de contato elétrico para o eixo. Por fim, para fechar o circuito, um terceiro fio foi conectado do segundo clipe de volta ao polo restante da pilha. Assim que o botão é acionado, o caminho se completa e o motor inicia seu funcionamento. A montagem final do dispositivo pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 – Protótipo final do motor de corrente contínua: (A) Vista superior oblíqua; (B) Vista superior frontal.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

3.5 Funcionamento do Motor

Ao ligar o botão, a eletricidade sai da pilha, passa pelo botão e chega aos dois cliques de papel, que servem como contatos elétricos. Se a parte lixada do eixo (comutador) estiver tocando os cliques, o circuito se fecha. A corrente elétrica passa pela bobina (o rotor), transformando-a instantaneamente em um eletroímã, com polos norte e sul próprios. O ímã permanente fixo (estator) reage imediatamente a isso: ele atrai um



lado da bobina e repele o outro. Essa combinação de forças de atração e repulsão cria um forte impulso de giro (torque), que acelera a bobina e a faz girar.

Assim que a bobina gira 180° (meia volta), a parte do eixo que ainda tem o esmalte isolante encosta nos cliques. Esse esmalte funciona como um interruptor automático e corta a eletricidade. No exato momento em que a corrente para, o torque desaparece e a bobina deixa de ser um eletroímã.

Mesmo com a interrupção momentânea da corrente elétrica e a força de giro diminuída, a bobina não para. Ela continua girando devido ao impulso (inércia). Este é o que impulsiona a bobina em sua segunda metade da rotação. Ao completar a volta, a área lixada do eixo volta a entrar em contato com os cliques, fechando o circuito, e fornecendo um novo impulso para a bobina. É esse ciclo de ligar e desligar a cada meia volta, gerado pelo comutador, que permite ao motor continuar girando de forma contínua sem travar.

4. Resultados e Discussão

A montagem do motor elétrico possibilitou a demonstração prática dos princípios do eletromagnetismo, permitindo observar a conversão da energia elétrica em energia mecânica. O comportamento do dispositivo confirmou as expectativas teóricas: o fluxo da corrente elétrica, fornecida pela fonte, percorre a bobina de cobre, transformando o rotor em um eletroímã. Essa interação contínua entre o campo magnético da bobina e o campo do ímã permanente no estator produziu as forças de atração e repulsão necessárias, resultando no torque que impulsiona o giro do motor.

O grande diferencial no funcionamento contínuo do motor protótipo foi a confecção do eixo comutador da bobina. Com a remoção do esmalte isolante de uma das hastes da bobina, criou-se um mecanismo de interrupção. A cada meia volta (180°), o esmalte remanescente interrompeu a passagem da corrente, anulando o torque temporariamente. No entanto, a inércia rotacional permitia que a bobina completasse seu movimento até a parte lixada fechar o circuito novamente evidenciando a necessidade da comutação mecânica, para evitar o travamento. Além dessa continuidade mecânica, o comportamento do rotor comprova na prática o surgimento da força contra-eletromotriz (FCEM). À medida que a bobina adquire velocidade angular, uma tensão induzida passou a se opor à diferença de potencial da fonte, conforme a Lei de Faraday-Lenz. Tal fenômeno atuou como regulador natural do sistema, o dispositivo atingiu uma



velocidade terminal constante, demonstrando o princípio da conservação de energia ao limitar a corrente.

Além do sucesso mecânico, a execução deste projeto confirmou a relevância de abordagens práticas para a aplicação de conceitos no aprendizado técnico. Conforme baseado em pesquisas para o projeto, a utilização de um objeto tecnológico real atua como um facilitador à compreensão teórica. Durante a prototipação, princípios físicos até então abstratos (Lei de Faraday e Força de Lorentz) se tornaram fenômenos observáveis. A experiência comprovou que a materialização do conhecimento consolida a base teórica exigida para a compreensão de sistemas mais complexos.

5. Considerações Finais

O projeto foi executado e concluído com êxito, cumprindo o objetivo de construir um motor elétrico funcional. O protótipo operou de maneira estável, validando os princípios da força magnética sobre condutores, fundamentados nas descobertas de Oersted e nas leis de Lorentz.

A montagem permitiu analisar detalhadamente cada componente estrutural (estator, rotor e comutador), evidenciando como a precisão no design físico influencia a continuidade do movimento. Em uma perspectiva para otimizações, a potência do sistema poderia ser significativamente elevada na substituição de componentes de maior desempenho como ímãs de neodímio mais potentes ou o aumento do número de espiras, intensificando a Força de Lorentz. Projetos dessa natureza são essenciais na formação, materializar conceitos abstratos para o mundo real capacitam ao identificar variáveis críticas em sistemas eletromecânicos reais. (PIRES; FERRARI; QUEIROZ, 2013).

6. Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física: eletromagnetismo. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 3.

HAYT JR., William H.; BUCK, John A. Eletromagnetismo. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

PIRES, Cristina Fátima de Jesus Silva; FERRARI, Paulo Celso; QUEIROZ, José Rildo de Oliveira. A tecnologia do motor elétrico para o ensino de Eletromagnetismo numa abordagem problematizadora. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 6, n. 3, p. 29-45, set./dez. 2013. DOI: 10.3895/S1982-873X2013000300003.



TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo, ótica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 2.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III: eletromagnetismo. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. (Sears & Zemansky).