

CONSTRUÇÃO DE UM KIT DIDÁTICO DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA

COSTA, T. E.¹ , SEIXAS, C. M.²

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, thiago.e@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente, Orientador PIBIFSP, IFSP Campus Votuporanga, claudiner@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.03.04-9 Circuitos Magnéticos, Magnetismos, Eletromagnetismo

RESUMO: O propósito deste trabalho é o desenvolvimento de um kit didático para levitação magnética, a ser usado em aulas ou demonstrações no campus proponente. A ideia principal é proporcionar a levitação de materiais ferromagnéticos, mantendo-os suspenso por meio de circuitos de controle e fornecer material didático contemplando um conjunto de procedimentos explicativos para realização de experimentos em aulas, desta forma suprimindo uma lacuna existente devido à falta de equipamentos didáticos. O protótipo é composto por duas partes principais, isto é, um circuito de potência que criará os campos eletromagnéticos e um circuito de comando que atuará no controle desses campos para proporcionar a sustentação da levitação.

PALAVRAS-CHAVE: CAMPO ELETROMAGNÉTICO; DEMONSTRAÇÕES; LEVITAÇÃO; PROTÓTIPO; ROTEIROS DIDÁTICOS;

CONSTRUCTION OF A TEACHING KIT FOR MAGNETIC LEVITATION

ABSTRACT: The purpose of this work is the development of a didactic kit for magnetic levitation, to be used in classes or demonstrations on the proposing campus. The main idea is to provide the levitation of ferromagnetic materials, keeping them suspended by means of control circuits and provide didactic material contemplating a set of explanatory procedures for carrying out experiments in classes, thus filling an existing gap due to the lack of didactic equipment. . The prototype consists of two main parts, that is, a power circuit that will create the electromagnetic fields and a command circuit that will act in the control of these fields to provide support for the levitation

KEYWORDS: ELECTROMAGNETIC FIELD, DEMONSTRATIONS, LEVITATION, PROTOTYPE, DIDACTIC SCRIPTS.

INTRODUÇÃO

Segundo (PIMENTEL, 2015) para efeitos de entendimento, as técnicas de levitação podem ser classificadas como eletromagnéticas elétricas e mecânicas. Dentre as técnicas mecânicas, estão as que usam força pneumática, como é explorado no conhecido 'hovercraft', ou ainda forças aerodinâmicas, como usado nos aviões.

Como elétrica, podemos conceber uma situação em que cargas elétricas de mesma polaridade estão dispostas frente a frente. A proposta de (NAUDIM, 1997-2013), também pode ser classificada como elétrica, mas, diferentemente da concepção acima, emprega a força oriunda de descargas elétricas (efeito Corona).

O objetivo deste trabalho que se refere aos métodos magnéticos. "O propósito básico da levitação magnética é produzir forças resultantes da interação de campos magnéticos capazes de sustentar um corpo sem nenhum contato físico" (SANTIAGO, 201-).

A ideia do projeto foi inspirada no trem MAGLEV que é um veículo semelhante a um comboio que transita numa linha elevada sobre o chão e é propulsionado pelas forças atrativas e repulsivas do magnetismo, por meio do uso de supercondutores.

Para os experimentos, os resultados esperados são atrações de materiais ferromagnéticos com massa até 300 g. Partindo dos resultados obtidos pode-se calcular forças magnéticas aplicadas no material e a levitação de ímã do tipo neodímio.

MATERIAL E MÉTODOS

• Métodos

O método utilizado foi a pesquisa bibliográfica em sites e artigos, seguido da idealização de um protótipo, projeto das partes, construção e testes funcionais. Após testes, foram elaborados roteiros para auxílio em aulas práticas.

• Materiais

Para construção do protótipo foram utilizados basicamente os seguintes elementos: eletroíma, circuito de controle e sensor infravermelho. A relação dos materiais encontra-se descrita a seguir:

- Fonte 100~240VAC 50~60Hz / 12Vcc / 1A;
- Arduino Uno Arduino MEGA 2560;
- Ponte H modelo L298N;
- Led/Fototransistor IR 5mm $\lambda = 940\text{nm}$;
- Material Diamagnético;
- Chapa E de silício;
- Fio esmaltado aproximadamente 22AWG;
- Tubos e conexões PVC;

ELETROÍMÃ: Foi fabricado um eletroímã, montado em um núcleo tipo E, conforme mostrado na figura 1. A perna central do núcleo tem seção reta de 550 mm^2 (22×25) mm^2 sobre a qual foi enrolada, com fio 17 AWG, uma bobina e aproximadamente 500 espiras. O fio suporta a corrente máxima de 3,2 A, o que resulta em uma força magnetomotriz máxima de 1.600 Aespiras, calculada conforme (1)

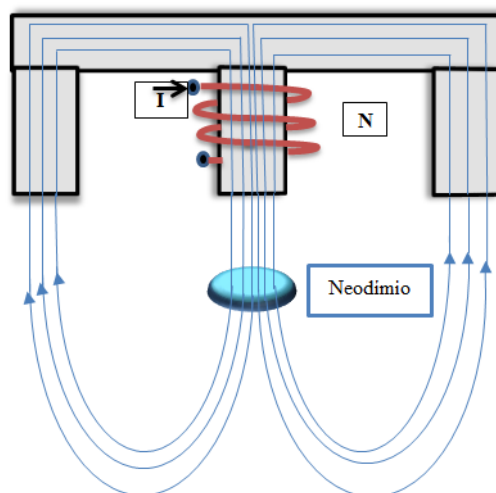
$$F = NI \quad (1)$$

Onde,

- F é a força magnetomotriz;
- N é o numero de espiras da bobina;
- I é a corrente que circula na bobina;

Observa-se em (1) que para produzir uma mesma força, quanto maior for o número de espiras, menor será a corrente necessária. Como se deseja manter um espaço livre onde o corpo de prova deverá levitar, o núcleo da bobina do eletroímã não será fechado (configuração EI) mas sim montado apenas sobre o núcleo E, conforme mostrado na figura 1, para que o objeto possa levitar abaixo da perna central do E.

Figura 1- Eletroímã:

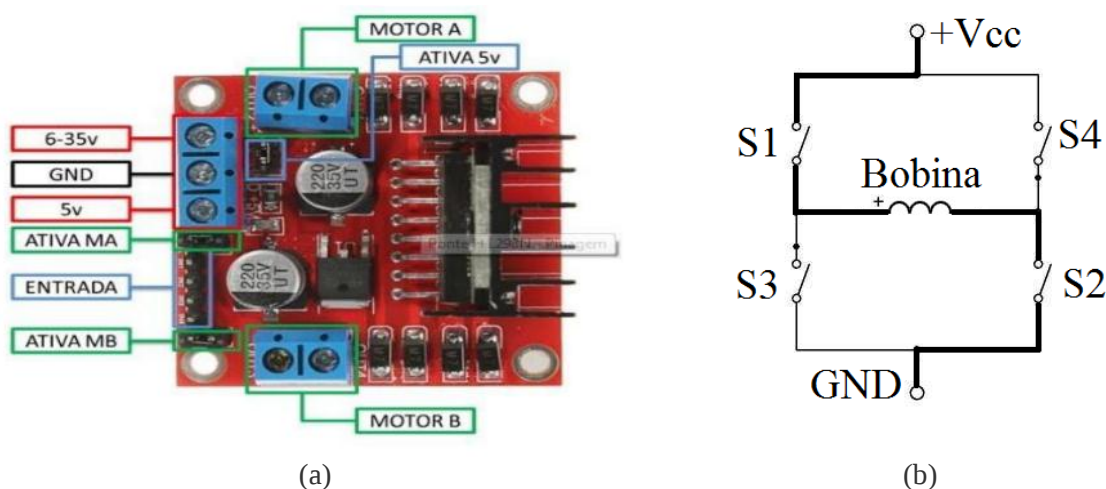


Fonte: Próprio autor.

CIRCUITO DE CONTROLE

Para controle, o sinal PWM será gerado por meio de um Arduino. Pelo fato das tensões e correntes fornecidas pelo Arduino serem muito baixas, elas não são suficientes para alimentar o eletroímã desenvolvido neste projeto. Como solução se usou como circuito de acionamento, uma ponte H (L298N) conforme mostrada na figura 2a. Além de desempenhar o papel de buffer, “a ponte permite o controle da intensidade do campo magnético, por meio do controle PWM .O controle PWM do acionamento dos interruptores da ponte, permite controlar o tempo que eles alimentarão a bobina e consequentemente a intensidade do campo eletromagnético” (THOMSEN,2013). O controle da corrente da bobina será realizado usando apenas uma diagonal da ponte (S1 e S2), conforme mostrado na figura 2b, visto que não há necessidade de inversão do sentido da corrente.

Figura 2: Ponte H L298N e esquema elétrico



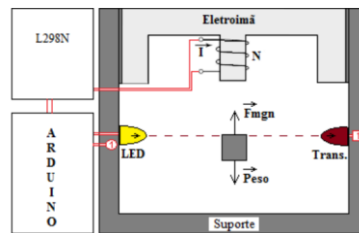
Fonte: BERTOLETI (2019).

CIRCUITO EMISSOR E RECEPTOR DE INFRAVERMELHO

Segundo (Oliveira, 2019), para detectar a posição do objeto, será utilizado um Led (emissor) e um Fototransistor (receptor) de infravermelho (5mm, 940nm), conforme ilustrado na figura 3. Quando a base do transistor é ativada pela incidência de luz infravermelha, o transistor passa a conduzir permitindo a passagem de corrente elétrica do coletor para o emissor. Ao se interromper o feixe luminoso, o transistor é cortado e não conduz.

O funcionamento do levitador é simples. Quando o fluxo luminoso é estabelecido, o fototransistor é saturado e estabelece corrente na bobina, que por sua vez cria o campo magnético. Esse campo magnético atrai o objeto que ao subir, devido a força magnética (F_{mgn}) que o atrai, obstrui o feixe luminoso. Nessa condição “o transistor é cortado, a bobina é desenergizada e o corpo começa a cair, devido a força peso” (OLIVEIRA, 2019). Ao desobstruir o feixe luminoso, o fototransistor é novamente acionado e o campo magnético é restabelecido. Este ciclo se repete indefinidamente com frequência máxima igual a de chaveamento. A inércia proporciona movimento muito mais lento do que a frequência de chaveamento, o que permite o corpo se manter em equilíbrio no espaço (com uma pequena oscilação).

Figura 3: Esquemático do projeto



Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a construção do eletroímã, aproveitou-se o material de um transformador Trancil do modelo TN-10 B (100 w, 110/220 V). A bobina de 500 espiras foi enrolada no mesmo carretel, para que se pudesse usar também as mesmas lâminas de aço silício. O condutor aproveitado foi de seção igual a 17AWG.

Utilizou-se as chapas tipo E do eletroímã posicionadas de encontro com o carretel, as chapas do tipo I para fechamento não foram utilizadas por não se desejar que o fluxo se feche pelas chapas e sim por um caminho envolvendo o material que se deseja levitar.

A fim de sustentar a bobina e permitir a instalação dos sensores óticos, foi montada uma estrutura com materiais PVC, conforme mostrado na figura 4.

Figura 4: Protótipo:



Fonte: Próprio autor.

Obtido o circuito de potência seguiu-se para a o circuito de comando, onde se idealizou usar sensores para obter informações da posição do material levitado e transferir as informações ao Arduino que foi programado para realizar controle dos campos eletromagnéticos, mantendo a levitação. Para detectar a posição do objeto, utilizou-se um código fonte para os sensores IR seguido na figura 5, que obtendo a posição do objeto levitado manda um sinal para o circuito de controle da figura 2, a fim de controlar o fluxo de corrente para aumentar o campo magnético ou diminuir.

Figura 5: Código fonte:

```
const int pinoFototransistor = A2; //PINO ANALOGICO UTILIZADO PELO
FOTOTRANSISTOR

void setup(){
  Serial.begin(9600); //INICIALIZAÇÃO DA SERIAL
  pinMode(pinoFototransistor, INPUT); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA
}

void loop(){
  if(analogRead(pinoFototransistor) < 800){ //SE A LEITURA DO PINO FOR MENOR QUE
800 BITS, FAZ
    Serial.println("Recebendo sinal infravermelho"); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
  }else{ //SENÃO, FAZ
    Serial.println("Sinal infravermelho interrompido"); //IMPRIME O TEXTO NA
SERIAL
  }
}
```

Fonte: OLIVEIRA (2019).

O ímã de neodímio é o mais poderoso de todos os ímãs permanentes. Ele é frequentemente conhecido como "Super Ímã".

Sendo assim, ao realizar os testes com os ímãs de neodímio disco onde entregam um alto poder de atração, pode-se perceber que conforme o lado do ímã (polo norte ou sul) é direcionado para o eletroímã, ele é atraído ou repellido. Percebendo que, à uma inversão de sentido da polarização magnética.

Ao colocar o ímã na região de campo magnético do eletroímã, ajustando-os ao mesmo sentido de polarização pode-se perceber que o material tende a levitar devido a força repulsiva gerada entre os dois corpos. Com esse experimento, fatores de distancia e força do campo teve-se que levar em consideração.

CONCLUSÕES

Os experimentos estão sendo usados com sucesso para demonstrações de levitação magnética de um corpo e podem ser empregados em salas de aula, onde a levitação de materiais específicos ocorre em função do tipo de material, de seu peso e da intensidade da força magnética aplicada (quantidade que equilibra a força magnética com a massa do objeto a ser levantado).

O estudante tem a possibilidade de confrontar diferentes métodos de levitação além de reforçar seus conceitos de magnetismo, controle e eletrônica de potência.

Ainda é interessante observar que o aluno pode usar o protótipo afim de experimentos para obter outros tipos de atrações para diversos tipos de materiais. E observar que para a levitação eletromagnética pode-se perceber que só é possível com um sistema de controle devidamente sintonizado, a levitação eletrodinâmica é marginalmente estável e a supercondutora estável, com supercondutores.

REFERÊNCIAS

BERTOLETI, Pedro. Arduino, motores e servos: Controle de velocidade de motor DC com PWM no Arduino UNO. Blog FlipFlop. 08. Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controle-motor-dc-pwm-arduino-uno/>>. Acesso em: 01. Maio. 2020.

NAUDIM, Jean. A busca pela superunidade de 1997-2013. Disponível em:< <http://jnaudin.free.fr/>>. Acesso em 20. Set.2020.

OLIVEIRA, Euler. Como usar com Arduino: LED Emissor IR e Fototransistor IR. 19.jul.2019. Blog MasterWalker, Electronic Shop. [S.d]. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-led-emissor-ir-e-fototransistor-ir/>>. Acesso em: 01. Maio. 2020.

PIMENTEL, Beto. Revista Ciência Hoje: Levitação e Magnetismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 28. Maio. 2015, Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/artigo/levitacao-e-magnetismo/>>. Acesso em: 25. julho. 2020.

SANTIAGO, Emerson. Levitação Magnética. InfoEscola [s.d]. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/levitacao-magnetica/>>. Acesso em: 21. Abr.2020.

THOMSEN, Adilson. Arduino, motores e servos: Motor DC com Driver Ponte H L298N. Blog FlipFlop.14.Mar.2013. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>>. Acesso em: 01. Maio. 2020.