



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Técnico em Eletromecânica

**TRANSFERÊNCIA DE TORQUE ATRAVÉS DE ACOPLAMENTO MAGNÉTICO
POR IMÃS PERMANENTES**

***TORQUE TRANSFER THROUGH MAGNETIC COUPLING BY PERMANENT
MAGNETS***

Mendonça, Matheus Maciel ¹

Hiraoka, Naoki Junior ²

Ramalho, Wellington de Lara ³

Resumo

A ideia de buscar um sistema de acoplamento magnético de forma a ser uma solução inteligente, prática e viável, em relação a mecanismo de acoplamentos convencionais, sejam eles, rígidos ou flexíveis. Sempre foram os guias do desenvolvimento, sempre houve a necessidade de se utilizar de mecanismos eletromecânicos para movimentar equipamentos que facilitassem nas atividades humanas. Contudo, em sistemas de acoplamentos rígidos convencionais, há parâmetros importantes a serem seguidos, como: alinhamento entre eixo, nivelamento para que não haja vibrações que prejudiquem o processo de transferência, tais parâmetros podem gerar grandes problemas se não executados de maneira correta. Assim, o que não ocorreria em um sistema de acoplamento magnético, trazendo grandes benefícios e melhorias em relação a outros tipos de acoplamentos. Uma forma inteligente de se gerar movimento foi o emprego da energia elétrica aplicada a motores para gerar trabalho e será abordado nesse trabalho.

¹ Ensino Médio, EE Horácio Soares, Ourinhos/SP.

² Ensino Médio, EE Maria do Carmo Arruda da Silva, Ourinhos/SP.

³ Bacharelado em Administração de Empresas, Faculdades Integradas de Ourinhos, Ourinhos/SP.



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

O objetivo desse trabalho foi de maneira simples e econômica, de replicar um protótipo de um acoplamento magnético já existente no mercado, de modo a transferir o torque do motor sem o contato como ocorreria em um sistema convencional de acoplamento mecânico. Como já é sabido, podem surgir alguns problemas ligados a transferência de trabalho. Hoje, muito aplicado a indústria, são os acoplamentos mecânicos, ou junções entre vários componentes com fixadores metálicos, exemplificando: “parafusos, arruelas, porcas, flanges, etc.” Para o emprego destas unidades, há uma grande necessidade de se observar alguns parâmetros de montagem, para o seu perfeito funcionamento. E em caso de falha mecânica de algum equipamento movido, acarretaria consequentemente o prejuízo no equipo motor. Uma forma de solucionar esse problema foi o acoplamento magnético, de forma a usar a força magnética de ímãs permanentes, para transferir o torque entre mecanismo motor para mecanismo movido. Com uma ideia geral definida, houve o empenho em buscar uma solução prática e viável deste problema. Assim, com pesquisas bibliográficas e em meios digitais, possibilitou a descoberta de uma empresa que fabricava tal equipamento, nos norteando no projeto. Grande parte deste trabalho baseou-se em ensaios práticos sobre o acoplamento magnético, trazendo aprendizado e informações valiosas sobre o tema. De forma a concluir, através dos ensaios foram descobertos problemas com a força magnética, onde o ímã utilizado não tem a força necessária para transferir o torque do motor. De maneira que, seria de suma importância a substituição dos ímãs ou novos estudos baseados em magnetismo para atingir tal resultado.

Palavras-chave: Acoplamento. Magnetismo. Eletromagnetismo. Eletromecânica. Motor.

Abstract

The idea of finding a magnetic coupling system that would be an intelligent, practical and viable solution, in relation to conventional coupling mechanisms, whether rigid or flexible. They have always been the guides for development, there has always been a need to use electromechanical mechanisms to move equipment that facilitate human activities. However, in conventional rigid coupling systems, there are important parameters to be followed, such as: alignment between shafts, leveling so that there are no vibrations that harm the transfer process, such parameters can generate major problems if not executed correctly. Thus, what would not occur in a

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

magnetic coupling system, bringing great benefits and improvements in relation to other types of couplings. An intelligent way to generate movement was the use of electrical energy applied to motors to generate work and will be addressed in this work. The objective of this work was to replicate a prototype of a magnetic coupling already on the market in a simple and economical way, in order to transfer the torque of the motor without contact as would occur in a conventional mechanical coupling system. As is well known, some problems related to the transfer of work can arise. Today, mechanical couplings, or joints between various components with metal fasteners, are widely used in industry, for example: “bolts, washers, nuts, flanges, etc.” To use these units, it is essential to observe certain assembly parameters for their perfect operation. And in the event of mechanical failure of any driven equipment, this would consequently result in damage to the motor equipment. One way to solve this problem was magnetic coupling, in order to use the magnetic force of permanent magnets to transfer torque from the motor mechanism to the driven mechanism. With a general idea defined, we set out to find a practical and viable solution to this problem. Thus, with bibliographical and digital research, we were able to find a company that manufactured such equipment, guiding us in the project. Much of this work was based on practical tests on magnetic coupling, providing valuable learning and information on the subject. In conclusion, the tests revealed problems with the magnetic force, where the magnet used does not have the strength necessary to transfer the motor torque. Therefore, it would be extremely important to replace the magnets or carry out new studies based on magnetism to achieve this result.

Keywords: Coupling. Magnetism. Electromagnetism. Electromechanics. Motor.

1 INTRODUÇÃO

A conexão magnética representa um fenômeno físico fundamental em várias aplicações eletromagnéticas, marcando a transferência de energia entre dois pontos por meio de um campo magnético. Amplamente empregado em transformadores, carregadores sem fio e sistemas de transmissão de energia sem contato, esse processo se destaca em dispositivos eletroeletrônicos. Em um cenário de progresso tecnológico constante, a eficiência e a segurança desses sistemas ganham importância, realçando a necessidade de uma análise aprofundada do acoplamento magnético.

Este estudo aborda o acoplamento magnético, concentrando-se em sua aplicação e eficácia em sistemas de transferência de energia sem cabos. A razão para esta análise reside no crescente procura por soluções de energia mais eficazes, seguras e que minimizem o uso de ligações físicas, sobretudo em contextos industriais, biomédicos e de transporte elétrico. A questão central da



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

pesquisa é: como melhorar o desempenho dos sistemas de acoplamentos magnético para elevar a eficiência da transferência de energia.

Partindo dessa questão, surge a seguinte ideia: aperfeiçoar os elementos de design, como a distância entre os flanges de acoplamento, a frequência de funcionamento e a força magnética dos imas, pode otimizar a eficácia da transferência de torque. Assim, o propósito geral deste artigo é examinar os principais aspectos que impactam o desempenho da conexão magnética em sistemas sem contato físico. Os objetivos específicos incluem: explorar os princípios teóricos da força magnética; identificar os elementos cruciais que influenciam sua eficácia; simular várias configurações de acoplamentos conectados magneticamente; e sugerir melhorias baseadas nos resultados obtidos. Desta forma, é de grande relevância os benefícios que um sistema de acoplamento magnético traria a sociedade, a resolver problemas atuais de acoplamentos convencionais, sendo eles rígidos ou flexível.

A metodologia empregada combina teoria e prática, incluindo pesquisa bibliográfica, modelos matemáticos, e análise de resultados. Ao final da pesquisa, espera-se apresentar um conjunto de orientações que contribuam para o desenvolvimento de acoplamentos de conexão magnética mais eficientes.

Dessa forma, o artigo visa fornecer uma perspectiva completa e bem fundamentada sobre junções magnéticas, enfatizando sua relevância tecnológica e propondo avanços significativos para sua aplicação no mundo real. O resultado final não foi o esperado, pois a força magnética não foi suficiente para que houvesse a transferência de torque entre motor e hélice. As possíveis soluções abordadas, como a substituição dos imas de ferrite por imas com matérias mais nobres e forças de atração magnéticas maiores como os ímãs de neodímio e a outra e a substituição de um dos imas de ferrite por uma placa de metal, podendo ser ela de cobre, alumínio ou outro material que possa sofrer atuação magnética.

A seguir serão apresentados os seguintes capítulos, o conceito do projeto, escolha do matérias, processo de fabricação e acoplamento magnético.

2 CONCEITO DO PROJETO

A escolha do projeto baseia-se no conceito de transferência de torque por



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

junção magnética de ímãs com força permanente e polaridade invertida, gerando atração entre os mesmos. Assim, transferindo torque do componente motor para bomba, ventilador ou outro dispositivo que necessite de um acionamento externo. A escolha desse conceito foi necessária para sanar problemas técnicos entre junções convencionais, como a união mecânica entre flanges por fixadores metálicos ou parafusos e porcas. Esse tipo de acoplamento necessita de vários parâmetros para o seu funcionamento adequado. Exemplos possíveis, são o alinhamento entre eixos com precisão zeradas, caso esse alinhamento não seja feito de forma correta irá gerar vibrações causando possíveis danos ao motor, bomba, mancais ou qualquer outro dispositivo do conjunto. Um dos grandes problemas com esse método de acoplamento mecânico, se dá por parada brusca ou travamento da bomba, consequentemente gerando danos severos ao motor, pois, mesmo com o conjunto travado o motor continua em operação. Empenhado a criar uma solução viável e inteligente a esse problema, foi proposto a construção de um sistema que mesmo apresentando problemas, não acarretaria prejuízo significativos.

Com pensamento e propostas definidas a escolha dos materiais foi crucial para um bom desenvolvimento do projeto. O primeiro componente a ser escolhido foi o motor elétrico, dispositivo gerador de torque, que se utiliza de energia elétrica para seu funcionamento. Seguindo o raciocínio construtivo, buscou-se o objeto movido ou equipamento que se beneficiasse do trabalho gerado pelo motor elétrico, para essa escolha foi levando em consideração algumas variáveis para bom funcionamento do projeto, como peso, fluido movido e força magnética, optou-se por uma hélice com material base de construção leve com custo relativamente baixo.

Para a ligação da hélice ao eixo do motor, foi adotado um sistema de mancais duplos, rolamentados para eixo de oito milímetros, para o eixo utilizou-se haste rígida com material de aço inoxidável trezentos e quatro com diâmetro externo de oito milímetros

compatíveis com os mancais. Para os nivelamentos dos componentes relatados adquiriu-se um tarugo de alumínio cinquenta e um, sessenta e três de referência com diâmetro externo de dezenove milímetros, como base dos mancais, para isso, foi necessário a usinagem em torno mecânica do material para atingir medidas específicas e úteis para alinhamento entre motor e hélice.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos
3 ESCOLHA DOS MATERIAS

Para a escolha dos matérias, foi feito uma pesquisa e testes para ver qual o material seria mais adequado, sendo necessário utilizar desenhos para a especificação dos produtos, medidas, custo e benefícios para um melhor aproveitamento.

3.1 Viga “U”

Foi utilizado uma viga em formato u para ser a base do projeto, e manter os equipamentos em cima e bem estabilizados. Especificações do material na tabela 01.

Tabela 1 – informações sobre a viga `U`.

Comprimento	43 cm
Largura	15 cm
Espessura	0,5 cm

3.2 Base fixadora

Foi aplicado está base para calçar os mancais e seus respectivos suportes niveladores, para ficar na altura do eixo do motor. Especificações dos matérias na tabela 02.

Tabela 2 – informação sobre a base fixadora.

Comprimento	15 cm
Largura	10 cm

3.3 Chapa metálica em “L”

Foi preparado uma chapa metálica e dobrada em “L” para servir de suporte de fixação para o motor, assim ajustando seu posicionamento para alinhamento com os mancais.

Tabela 3 – informações sobre a chapa metálica em `L`.

Altura	23 cm
Largura	15 cm

3.4 Motor

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Foi empregado um motor para ser feito a junção do acoplamento eletromagnético entre motor e ventilador.

Tabela 4 – informações sobre o motor.

Diâmetro	12 mm
Potencia	¼ HP
Rpm	1750
Tensão	127
Amper	3,2 A

3.5 Dimmer

Foi proposto a utilização de um dimmer para controlar a tensão media que chega ate o motor de partida.

Tabela 5 – informações sobre o Dimmer.

Tensão	127/220 V
Potencia	1000/2000 W

3.6 Polias de alumínio

Foi feita a escolha de duas polias para ser feito a junção entre os eixos, onde elas foram usinadas e preparadas.

Tabela 6 – informações sobre as polias de alumínio.

Diâmetro externo	62 mm
Diâmetro interno	8 mm e 12 mm
Espessura	30 mm

3.7 Mancais

Foi escolhido dois mancais para a utilização do eixo da hélice.

Tabela 7 – informações sobre os mancais.

Diâmetro	8 mm
----------	------

3.8 Imãs permanentes

Foi aplicado dois imãs para colocar nas polias de alumínio para fazer a junção eletromagnética entre eles

Tabela 8 – informações sobre imas permanentes.

Diâmetro externo	60 mm
Diâmetro interno	32 mm

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Espessura	10 mm
-----------	-------

3.9 Eixo de inox

Foi adquirido um eixo de inox para colocar nos mancais e prender o acoplamento da hélice.

Tabela 9 – informações sobre o eixo de inox.

Diâmetro	8 mm
Comprimento	30 cm

3.9.1 Bases de alumínio

Foi usinado quatro bases de alumínio para poder calçar os mancais e dar o alinhamento certo entre os acoplamentos.

Tabela 10 – informações sobre as bases de alumínio.

Altura	60 mm
Espessura	19 mm

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Para fabricação do protótipo foram feitas várias pesquisas para ter-se um caminho a ser seguido de como seria executada a montagem do mesmo

Com a pesquisa pronta foi dado início a fabricação no qual foi utilizado uma viga U para servir de base de fixação do motor e mancais. Foi necessário a utilização do torno para ser feita a furação e usinagem da peça, com a base e o suporte pronto partiu-se para a usinagem dos acoplamentos e eixo, junto ao eixo foi colocado uma hélice de ventoinha.

Tendo finalizado a fabricação dos componentes seguiu-se para a montagem de cada componente em seu devido lugar, juntamente com a montagem foi executado as ligações elétricas de partida, parada e velocidade de rotação do motor, foram necessários à utilização de fios e um dimmer.

Ao finalizar a montagem deu início aos testes de funcionamento, onde foi ligado o motor para ser feito a análise de como o acoplamento entre o motor e a hélice se comporta, submetendo ao magnetismo do acoplamento.

4.1 Imagens do processo de fabricação.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos



Figura 1 – Acoplamento com imã e eixo fixado



Figura 2 – Supote de mancal e eixo do acoplamento

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Figura 3 – Motor fixado na base



Figura 4 – Fixação de todos componentes mecânicos

5 ACOPLAMENTO MAGNÉTICO

O sistema de acoplamento ou junção deste projeto baseia-se em um sistema magnético, utilizando-se de uma força magnética, de ímãs permanentes. O sistema o tal, observado em protótipo já existente na indústria, fabricado pela empresa “TOP

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos
COMPONENTES”, conforme figura 5.

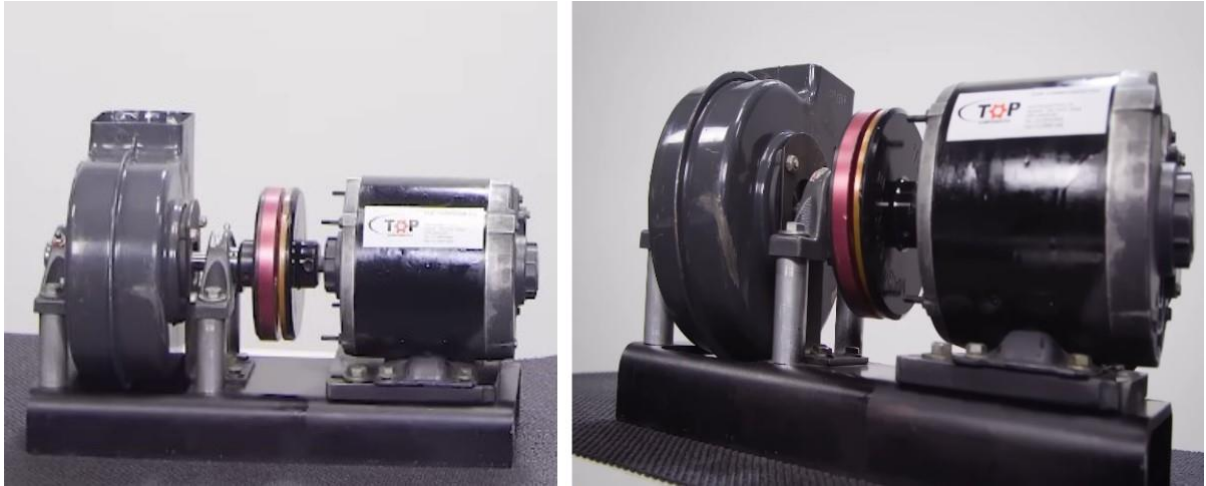


Figura 05 – Acoplamento magnético Top Componentes

Fonte: Vídeo acoplamento magnético magnadrive vortex. Top Componentes.

O objetivo foi replicar o protótipo de maneira a utilizar componentes que possibilitem viabilizar o custo de fabricação, e a aplicação de conceitos elétricos e mecânicos que abrangem o mecanismo de transferência de torque entre equipamentos, aprendidos no curso técnico de eletromecânica.

Para que o projeto possa ser entendido, serão abordados conceitos importantes para seu desenvolvimento, buscando esclarecer e trazer informações relevantes.

5.1 Magnetismo

Sempre houvera grandes forças observadas em nosso planeta e uma destas forças é o magnetismo.

Sendo assim definido por HELERBROCK, como:

Magnetismo é um conjunto de fenômenos relacionados à interação entre campos magnéticos, que são as regiões do espaço que se encontram sob a influência de correntes elétricas ou dos momentos magnéticos de moléculas ou partículas elementares.

O movimento de cargas elétricas é o que dá origem aos fenômenos magnéticos. Como nunca se encontram parados, os átomos produzem seu



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

próprio campo magnético. Além disso, as partículas elementares, como prótons, nêutrons e elétrons também possuem um campo magnético intrínseco, porém de origem diferente. O campo magnético dessas partículas é proveniente de uma propriedade quântica chamada spin.

Com a definição de campo magnético podemos então expressar essa força em uma equação matemática ela sendo:

Equação 1 – Equação da força magnética

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}) \text{ (vetorialmente)}$$

$$F_b = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$$

Fonte: HALLIDAY, David, Física 3, volume 2, 2004.

Onde:

F_b é a força magnética

$|q|$ é o módulo da carga elétrica

v é a velocidade da carga

B é o campo magnético e

$\text{sen}\theta$ é o seno do ângulo entre a direção da velocidade da carga e a direção do campo magnético.

5.2 Ímãs Permanentes

Parte deste trabalho baseia-se na utilização de ímãs permanentes, estes constituídos de materiais sólidos, sendo um deles o ferrite. O ímã permanente conforme (Bird and Chivers, 1993), pode ser definido como: “Um ímã permanente é um pedaço de material ferromagnético (como ferro, níquel ou cobalto) que tem propriedades de atrair outros pedaços desses materiais.”

Também podem conservar suas propriedades magnéticas mesmo quando não estão expostos a um campo magnético externo.

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

5.3 Imã de Ferrite

Para viabilizar a construção do projeto, houve a necessidade da aquisição de imãs com um baixo custo, boa magnetização e resistência ao trabalho de esforço. Foram escolhidos os imãs de ferrite por seu baixo custo. As polias de alumínio tiveram sua usinagem baseadas nas dimensões dos imãs, que na sua quantidade são dois, trabalhando com polaridades invertidas, ocorrendo o fenômeno de atração entre eles. As dimensões e ilustrações se apresentam na figura 06.

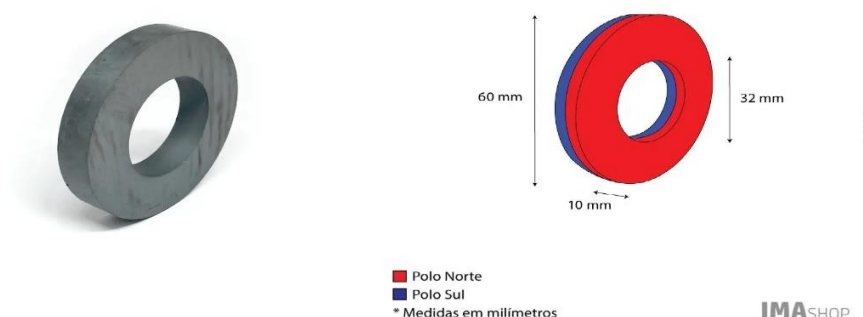


Figura 06 – Imã de Ferrite

Fonte: <https://www.imashop.com.br/ima-ferrite-anel-60x32x10-mm-af603210/p>

Os imãs de ferrite em sua grande maioria apresenta em sua composição, segundo Emura (1999, p4).

As ferritas mais utilizadas atualmente são à base bário ou estrôncio com fórmulas $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{O} \cdot 6 \text{Fe}_2\text{O}_3$. Possuem estrutura cristalina hexagonal com o eixo de fácil magnetização paralelo ao eixo cristalográfico c. Sua anisotropia provem principalmente dos íons Fe^{3+} , localizados em sítios com 5 vizinhos de oxigênio.

5. METODOLOGIA

Para dar início ao desenvolvimento do protótipo foi discutido entre os integrantes do grupo qual tema seria abordado, assim foi realizado uma pesquisa



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

bibliográfica, de projetos de acoplamento mecânicos, para identificar seus problemas, como solução foi encontrado o acoplamento magnético já existentes no mercado, para ser utilizado como base. Ao montar o protótipo do acoplamento magnético foi realizado alguns ensaios, assim foi dado início a usinagem das peças, alinhamento das bases, ajustagem de espaçamento dos ímãs e montagem do circuito elétrico do motor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com os ensaios sobre o protótipo, nos revelaram uma necessidade de aprofundamento nos estudos de magnetismo e eletromagnetismo, decorrente do não funcionamento do sistema de acoplamento magnético, sendo que, não houve como esperado a devida transferência de torque entre elementos. Foi notado, que houve um possível desalinhamento entre polos magnéticos dos ímãs de ferrite, assim, gerando distúrbios no acoplamento. Outro ponto observado, é a falta de força magnética derivada de seus elementos, não sendo o suficiente para gerar atração, para suportar o torque gerado pelo elemento motor. Para solucionar tais problemas abordados anteriormente, foram propostas algumas soluções, que sejam mais adequadas e viáveis a tal objetivo. Dentre elas, a substituição dos ímãs de ferrite, por ímãs de matérias que possam gerar maior força magnética permanente, sendo eles, os ímãs construídos de material neodímio e intercalando seus pólos magnéticos, a substituição de um dos ímãs por uma placa de um material metálico, podendo ser, de cobre, alumínio ou uma liga de aço carbono. Com isso, nos gerariam novas informações e parâmetros, para a viabilização e efetividade do protótipo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRD, J. O, Chivers, P. J, **Engineering and Physical Science**, Pocket Book, Newnes, 1993.

HALLIDAY, David, RESNIK Robert, KRANE, Denneth S, **Física 3, volume 2**, 5 Ed.



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO SÃO TODOS

Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Rio de Janeiro: LTC, 2004.

HALLIDAY, David, 1916-2010 **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016

HELERBROCK, Rafael. **"O que é magnetismo?"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-magnetismo.htm>. Acesso em 07 de abril de 2025.

RESNICK, Robert, **Física V.2** / Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane; tradução Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco ... [ET AL.]. – 5.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2007.

TOP COMPONENTES. **Acoplamentos Magnéticos**. Disponível em: <https://www.topcomponentes.com.br>. Acesso em 01/08/2024.